
ESOLUTIONS



FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE

CONTRATO 3-115/2021

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS
(SIPRA) INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

CP2911 – 2021

Visítenos en www.esolutions.co

Tabla de Contenido

1. Generalidades.....	1
2. Descripción del proyecto.....	2
2.1. Generalidades.....	2
2.2. Localización general.....	2
2.3. Características del sistema eléctrico.....	4
2.4. Parámetros de diseño.....	4
3. Memorias de cálculo.....	6
3.1. Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras.....	6
3.2. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.....	6
3.2.1. Coordinación de los niveles de aislamiento.....	6
3.2.2. Esquema recomendado.....	9
3.3. Análisis de corto circuito y falla a tierra.....	9
3.4. Análisis de nivel de riesgos por rayos y medidas de protección.....	9
3.4.1. Sistema de captación.....	13
3.4.2. Bajantes.....	14
3.4.3. Uso bajantes naturales.....	15
3.4.4. Conexión de prueba.....	15
3.4.5. Nivel de protección INTERNA contra rayos (SPI).....	15
3.4.6. Control de fuego en la instalación.....	16
3.5. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.....	16
3.5.1. Método de análisis de riesgo.....	16
3.5.2. Resultados del análisis de riesgo.....	18
3.6. Análisis del nivel de tensión requerido.....	19
3.7. Cálculo de campos electromagnéticos.....	19
3.8. Cálculo de transformador incluyendo efectos de armónicos y factor de potencia.....	19
3.9. Cálculo del sistema de puesta a tierra.....	19
3.10. Cálculo económico de conductores.....	20

3.11. Verificación de los conductores.....	20
3.12. Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.....	20
3.13. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes en baja tensión.....	20
3.14. Cálculo de canalizaciones y volumen de encerramientos.....	21
3.15. Cálculos de pérdidas de energía teniendo en cuenta efectos de armónicos y factor de potencia....	21
3.16. Cálculos de regulación.....	21
3.17. Clasificación de áreas.....	21
3.18. Elaboración de diagramas unifilares.....	21
3.19. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.....	21
3.20. Establecer las distancias de seguridad requeridas.....	22
3.21. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050.....	22
4. Referencias y normas utilizadas.....	23

Índice de Anexos

Anexo 1.	Planos y diagramas de situación actual (unifilar y topografía)
Anexo 2.	Resultado del análisis de riesgo basado en NTC 4552-2
Anexo 3.	Protocolos de medida de resistividad del terreno
Anexo 4.	Cálculo de puestas a tierra.
Anexo 5.	Planos para construcción
Anexo 6.	Presupuesto para construcción

Índice de Tablas

Tabla 1: Análisis de coordinación de aislamiento según NTC3328 (IEC 71-1).....	11
Tabla 2: Especificación de DPS para protección interna.....	13
Tabla 3: Información de entrada para el cálculo de riesgo por rayos.....	13
Tabla 4: Valores máximos de riesgo medidas de prevención actuales.....	16
Tabla 5: Medidas de protección mínimas requeridas.....	17
Tabla 6: Valores máximos de riesgo con medidas de prevención.....	17
Tabla 7: Especificación de conector bimetálico.....	19

Acrónimos y siglas

- ESOLUTIONS: Enterprise Solutions Limitada
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers
- RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Control de cambios

Este documento cuenta con las siguientes revisiones y/o actualizaciones desde su creación:

Fecha	Versión	Modificó	Revisó	Aprobó
22/11/2021	0.1.2	DAZ	FKR	---
26/11/2021	1.1.2	DAZ	FKR	FKR
Modificaciones respecto a la versión anterior.				
- Versión final después de comentarios por parte del cliente.				
- Se incluye actualización de información topográfica (en anexo 1) luego de confirmación realizada en sitio el 22				
- de noviembre de 2021.				
Se actualizó índice de tablas – por actualización de campos.				

Nota importante:

Este documento no podrá ser reproducido sin la autorización escrita de ENTERPRISE SOLUTIONS - ESOLUTIONS LTDA o sus autores. La totalidad de los logos, nombres y marcas aquí utilizadas como INDUMIL - FEXAR, ESolutions u otras compañías, son de su respectiva propiedad y han sido aquí utilizados como referencia.

En cumplimiento del decreto 1377 de 2013 se informa que la información técnica o comercial recopilada en cumplimiento del alcance de este proyecto será mantenida por ESolutions en sus servidores de forma exclusiva y no difundirá, distribuirá o usará dicha información para fines distintos al cumplimiento del objetivo del contrato u orden que autorizó la recopilación de dicha información.

Los interesados a través de representante legalmente autorizado podrá acceder a la información recopilada y solicitar su modificación, corrección o eliminación comunicándose a ESolutions Limitada, TV 25 59-54 en la ciudad de Bogotá, teléfonos (601) 310 54 12 o (601) 347 90 04, correo electrónico clientes@esolutions.co.

1. Generalidades

Este informe presenta los resultados de las actividades asociadas al Estudio Técnico Económico Para El Diseño Del Sistema De Protección Contra Caída De Rayos (Sipra) Incluyendo El Sistema De Puesta A Tierra Y La Protección Contra Sobretensiones De La Base Militar Paraíso Fexar de acuerdo al alcance del contrato 3-115/2021, lo anterior de acuerdo al alcance contractual del contrato y al definido en la sección 10.1 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y en la norma técnica colombiana NTC 4552 partes 2 y 3.

La totalidad de los cálculos y consideraciones realizadas se basan en las condiciones de INDUMIL - FEXAR al 28 de octubre de 2021, día en el cual fue realizada la visita a la base militar Cerro Paraíso localizada en las coordenadas GPS 4.520119,-74.270071 ubicada al interior de la base FEXAR.

Adicionalmente en el anexo 1 se entrega la información topográfica de las instalaciones de la Base Cerro Paraíso de acuerdo a confirmación topográfica realizada el 22 de noviembre de 2021.

Este documento presenta las consideraciones requeridas por la sección 10.1 del RETIE el cual establece los parámetros mínimos a tener en cuenta para la presentación de análisis, estudios y diseños eléctricos. No obstante lo anterior, las secciones exigidas por RETIE que no hacen parte de este análisis se indican como fuera del alcance, por lo que el cliente para estos ítems deberá asegurar que la instalación cuente con la documentación para el cumplimiento de la totalidad de los requisitos normativos para el predio.

2. Descripción del proyecto

2.1. Generalidades

La base de INDUMIL - FEXAR – Área de Base Cerro Paraíso es una instalación militar fija de monitoreo y seguimiento a la seguridad de las instalaciones de la base Industrial de Indumil con presencia permanente de 16 personas con un máximo de ocupación de 30 personas. El área del terreno es cercana a 5.000 m² y las edificaciones asociadas incluyen un búnker de vigilancia, una antena de comunicaciones, dos alojamientos, una cocina y una sala de TV, los cuales generan los objetos protegidos que fueron incluidos dentro del Análisis de Riesgo Contra Descargas Atmosféricas y la valoración de las medidas para mitigarlo.

El tiempo de permanencia de las personas expuestas a descargas atmosféricas es de 8760 horas/año para las 16 personas de base mientras que el máximo de personas es esporádico con una duración estimada de 4 horas por semana con un total de 208 horas /año.

A nivel de peligros de incendio no se tienen declaradas áreas clasificadas por lo que se consideró el área como de riesgo bajo teniendo en cuenta que sólo se utiliza un tanque de gas propano de 100 libras para la cocina y este se encuentra bajo resguardo en dicho edificio. La instalación cuenta con extintores manuales para el control de incendios.

Adicional a lo anterior, la base opera eléctricamente a través de dos acometidas subterráneas de una longitud aproximada de 60 m provenientes de un transformador ubicado en poste con red de media tensión aérea. Las acometidas alimentan a los tableros eléctricos de distribución que alimentan a las bombas, los alojamientos y la torre de comunicaciones sin protección contra sobretensiones y sin sistema de puesta a tierra efectivo debido a que sólo se cuenta con conductor de puesta a tierra de entrada pero esta no se distribuye a los demás cargas de la red eléctrica de la base.

2.2. Localización general

El presente proyecto se encuentra localizado en las coordenadas GPS 4.520119,-74.270071 en el municipio de Sibaté (Cundinamarca) para la cual, según la NTC 4552-1 sección A.5 se tiene un nivel ceráunico entre 120 y 180 días tomentosos al año y densidad de descargas a tierra máxima de 2 [descargas/km²-año]. La siguiente figura muestra la localización en el plano isoceráunico del país y general del proyecto.

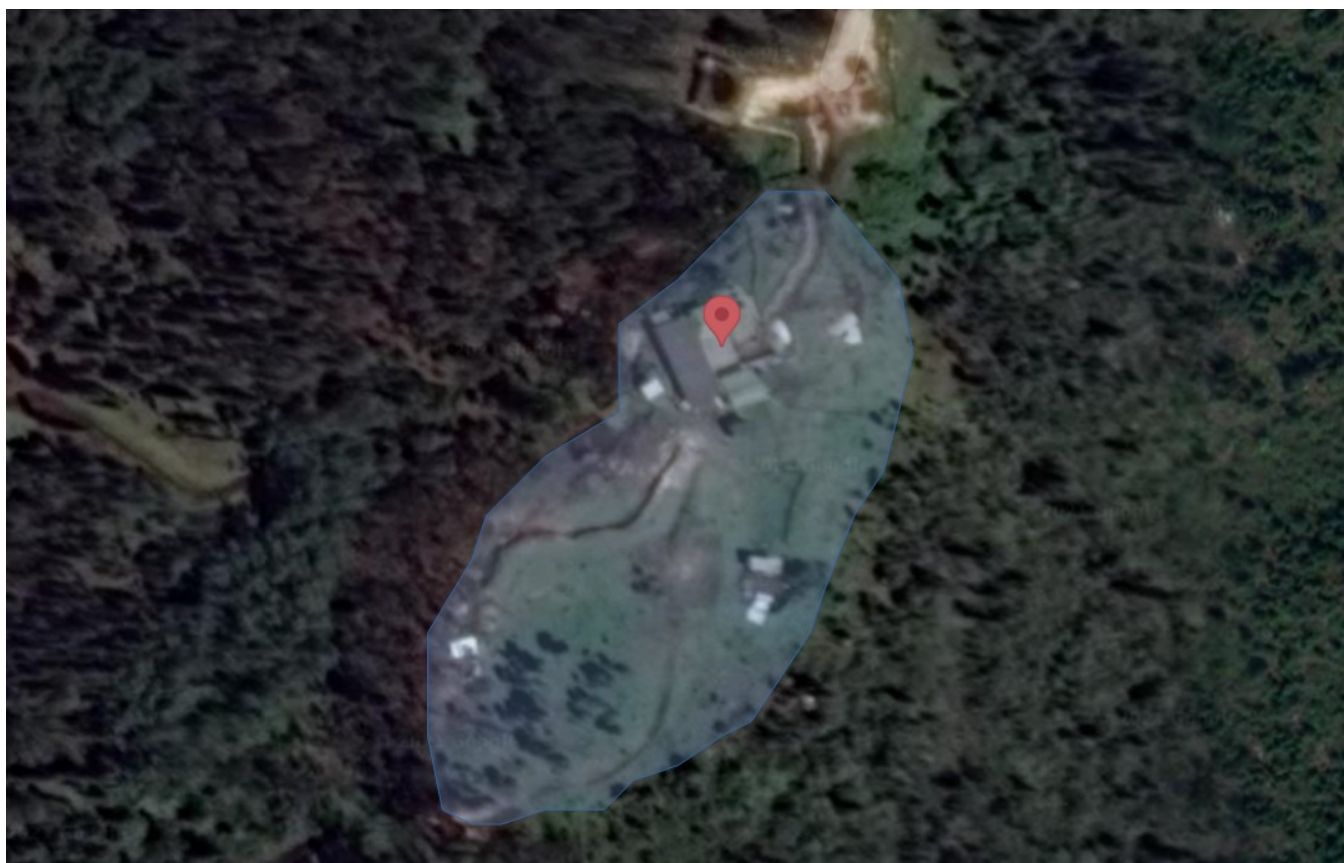
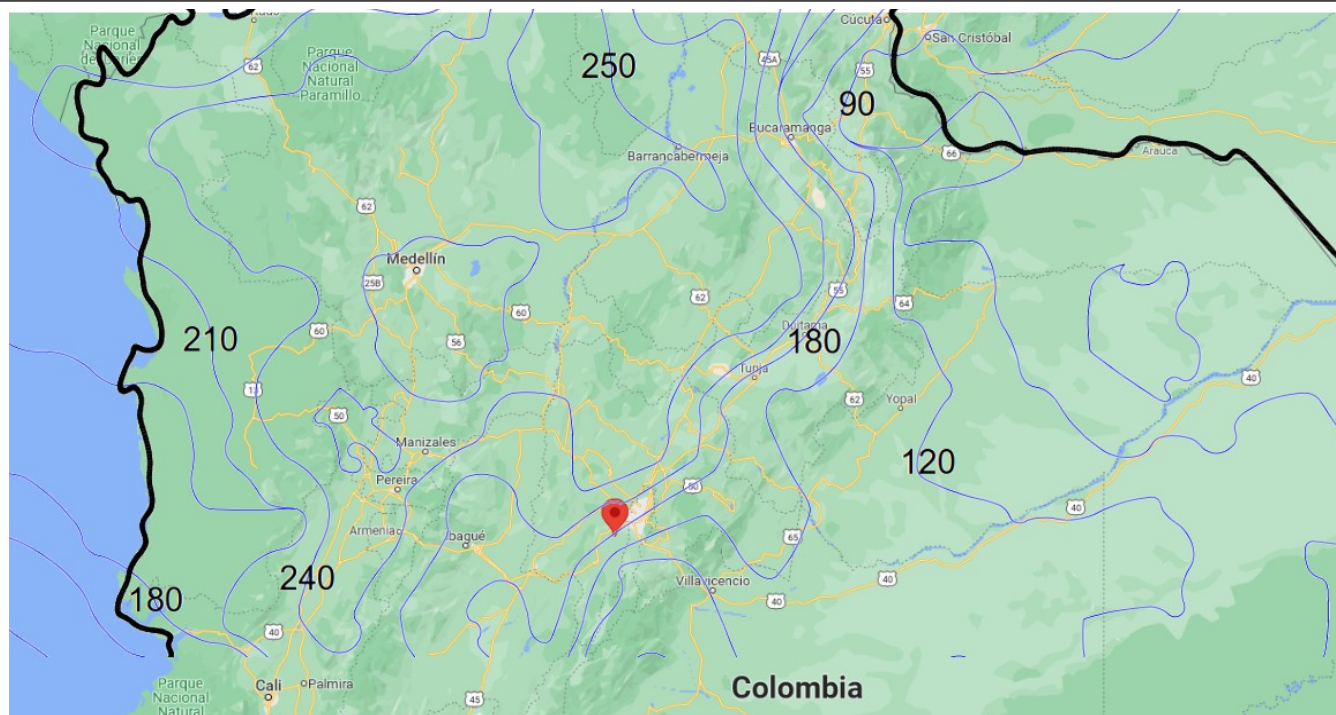


Figura 1: Nivel cerámico y localización del proyecto.

2.3. Características del sistema eléctrico

El sistema eléctrico de INDUMIL – FEXAR cuenta con una acometida eléctrica subterránea con longitud aproximada de 60 m desde el transformador aéreo que es alimentado, a su vez, por la red de media tensión aérea de la Fábrica. La acometida alimenta a cuatro tableros de distribución a 208/120V (3F+N+T) localizados en el alojamiento principal, la cocina, el salón de TV y en el cuarto de bombas de la base (ver anexo 1 – diagrama eléctrico Unifilar), este último quien alimenta el gabinete de comunicaciones ubicado al pie de la antena de comunicaciones.

A nivel general se debe advertir que la instalación eléctrica tiene las siguientes deficiencias que deben ser atendidas por INDUMIL dentro del proceso de estandarización de las instalaciones eléctricas de la Base Cerro Paraíso teniendo en cuenta que estos representan fallas en la seguridad eléctrica y que no se encuentran dentro del alcance de este análisis y estas pueden afectar la operación futura de los sistemas de protección contra sobretensiones:

- RETIE 20.16.2.2.e y NTC 2050 240-3: Los siguientes conductores no cuentan con la protección de sobrecorriente exigida para garantizar la seguridad de personas e instalaciones:
 - Circuito de acometida de Tablero de Distribución de Cocina
 - Circuito de acometida de Tablero de Distribución de Alojamiento
- NTC 2050 240-8: Los interruptores de protección del motor de la bomba (Tablero Cuarto de Bombas) designados como Q1, Q2 y Q3 no funcionan como una única unidad y ante una falla a tierra no se garantiza la apertura tripolar requerida.
- RETIE Artículo 20 – NTC 2050 384-13: Los tableros de distribución de Salón de TV, Cocina y Cuarto de Bombas no cuentan con el rotulado del fabricante que permita conocer sus especificaciones por lo que pueden no ser aptos para operar en el sistema eléctrico de la base.
- NTC 2050 384-3.c: La instalación no cuenta con análisis de cortocircuito que permita determinar si los puentes equipotenciales de conexión entre neutro y tierra de los tableros eléctricos de la base son aptos para despejar una falla de aislamiento en la instalación.

Nota: No es alcance de este proyecto definir las especificaciones de construcción de mejoras de los sistemas eléctricos de la base Cerro Paraíso, por tanto, las especificaciones de este documento sólo se limitan al aprovechamiento de la infraestructura actual para la instalación de DPS.

2.4. Parámetros de diseño

Los criterios básicos de diseño que se siguieron para este análisis fueron:

- **Tipo de servicio:** 208/120V subterráneo – 60 Hz – Sólido puesto a tierra
- **Tensión de servicio de las cargas:** 208/120V
- **Tipo de Edificación:** Instalación de índole militar.
- **Tipo de red:** Red aérea en media tensión y subterránea en baja tensión.
- **Configuraciones de redes:** Trifásico en media tensión y Trifásico tetrafilar en la red eléctrica interna.
- **Área del predio:** Para propósito del análisis de riesgo, protección de edificaciones y demás áreas de FEXAR-

Cerro Paraíso se ha realizado un análisis del predio con un área de 5600 m² con áreas afectadas por la presencia de personas de 50 m x 60 m con una altura relativa del punto más alto (antena de comunicaciones) de 26 m desde el arranque del área de la Base definida sobre la vía de acceso frente al Polvorín 19.

- **Cantidad de personas que estarán expuestas:** Para el caso se han considerado un máximo de 16 personas presentes de forma continua en el área de la base militar. Dado el número de personas se ha considerado que ante un incendio se presentaría un nivel bajo de pánico sin dificultad en la evacuación.
- **Riesgo de fuego:** Para la base se consideró un riesgo de incendio bajo con medios de extinción de incendios manual a través de dos extintores ubicados en el alojamiento principal de la base.
- **Elementos aprovechables:** Como parte del sistema de apantallamiento se consideró como único elemento aprovechable el mástil de la antena de comunicaciones la cual permitirá la instalación de una punta captora.

3. Memorias de cálculo

3.1. Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.2. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

La importancia del correcto dimensionamiento de una red eléctrica respecto a la coordinación del aislamiento radica en:

- a) Asegurar la continuidad del suministro de energía eléctrica que en cierta forma es una medida de la calidad del servicio, la cual se determina por la duración y frecuencia de las interrupciones por falla de funcionamiento del sistema y sus componentes. Una de las fallas más comunes es la ruptura dieléctrica de los aislamientos de aparatos e instalaciones que integran la red eléctrica.
- b) Considerar el aumento de tensiones nominales de operación del sistema eléctrico, fundamentando en razones técnico-económicas de utilización óptima de materiales y espacio, ante el crecimiento de la demanda y el necesario transporte de los bloques de potencia requeridos para la operación de los procesos del cliente.

3.2.1. Coordinación de los niveles de aislamiento

Las sobretensiones en los sistemas eléctricos son fenómenos ocasionales y de corta duración que pueden ocasionar riesgos tanto para el personal que opera los equipos, como para los mismo equipos. El análisis de coordinación de aislamiento permite adoptar las medidas pertinentes para mitigar los posibles riesgos ya mencionados.

Para el análisis de coordinación de aislamiento se tomó como referencia la norma NTC 3328 y se determinaron las tensiones máximas permisibles en el sistema y de este modo obtener la información de entrada de las tensiones de aislamiento. Para este caso se han considerado que la red eléctrica a proteger cuenta con los siguientes equipos a proteger:

- Antena direccional de 4 polos (Decibel Andrew DB408)
- Repetidor digital 40W – UHF.
- Duplexor (sin información de fabricante)
- Fuente de carga de 50 A

- Batería estacionaria seca 12 V – C0100.
- Cable Heliax ½".

Teniendo en cuenta que no existe información detallada de los fabricantes sobre la compatibilidad electromagnética de los equipos de comunicaciones se considerarán a estos dentro de la categoría de menor soportabilidad (IEC 61000-4-5) con una tensión de 1 kV entre los conductores de fase y la puesta a tierra.

A continuación se presenta la matriz general de análisis de tensiones y medidas preventivas asociadas a las operaciones y equipos del sistema eléctrico dentro del alcance de este proyecto.

Tabla 1: Análisis de coordinación de aislamiento según NTC3328 (IEC 71-1).

Etapa 1. Sobretensiones de la Red				
Parámetro	Definición	Criterio – Consideraciones	Nivel de tensión	Unidad
Tensión permanente	La tensión máxima (a tierra) de estado estable que puede estar presente en el sistema a frecuencia industrial.	La máxima tensión permanente que se puede encontrar para la red eléctrica de baja tensión esta dada por el límite superior dado por la NTC 5001	126	V
Sobretensión temporal	Máxima tensión a frecuencia industrial de corta duración (1 minuto)	Para la máxima tensión que se puede presentar dentro de la instalación de baja tensión se tiene el valor más elevado de tensión RMS de fase con un 10% por encima como lo expresa la NTC 5001	132	V
		No se consideran sobretensiones producidas por resonancia ya que las líneas de alimentación son de longitudes reducidas (<1 km).	0	V
		No se consideran sobretensiones producto de la sincronización de la red ya que para el edificio De posgrados solo se consideran sistemas de transferencia abiertos.	0	V
Sobretensión de frente lento	Sobretensión transitoria unidireccional de duración Tp con cresta (frente) entre 20us y 5000us y, cola T2<20ms	Se consideran sobretensiones causadas por el efecto de energización de la acometida principal de 208 V hasta un valor 3pu del valor rms de la señal.	360	V

Sobretensión de frente rápido	Sobretensión transitoria unidireccional de duración T1 con cresta (frente) entre 0,1 us y 20 us y cola T2 < 300 us	Las tensiones presentes de un rayo que intersecta la punta de captación y se dispersan en el sistema interconectado de puesta a tierra, para un sistema de baja tensión con una corriente de rayo hasta 25 kA, se obtienen tensiones máximas de rayo en DPS de 1,5 kV	1,5	kV
Sobretensión de frente muy rápido	Sobretensión transitoria unidireccional de duración Tf con cresta (frente) < 0,1 us y frecuencias 30 kHz y 100 Mhz	No se consideran sobretensiones causados de frente muy rápido, ya que en el sistema no existen celdas de tipo GIS.	0	kV

Etapa 2. Características del aislamiento en equipos

Parámetro	Definición	Criterio – Consideraciones	Nivel de tensión	Unidad
Tablero de baja tensión	PVC – THHN THWN-2	Las celdas de baja tensión actuales toman como punto de partida una tensión de aislamiento de 1000V	1	kV
	PVC – THHN THWN-2 (> 1,14 mm de espesor) para calibres 12 AWG o superior.	Sobretensión tipo impulso permitida por aislamientos PVC (mínimo 30 kV/mm)	34,2	kV
Transformador eléctrico	Nivel básico de aislamiento (BIL) de placa	Para el transformador actualmente en servicio se tienen BIL en baja de 30 kV y 90 kV para media tensión.	30	kV

Etapa 3. Factores de seguridad y/o ambientales

Factor de seguridad	Aislamiento externo	Valor recomendado	1,05	[]
---------------------	---------------------	-------------------	------	-----

Etapa 4. Normalización de valores de aislamiento con factor de seguridad

Valor de aislamiento equipos	Valor mínimo de aislamiento de equipos (etapa 2)	Celdas para baja tensión soportan tensiones RMS de 0,6 kV	1	kV
Factor de seguridad	Valor del factor recomendado (etapa 3)	Aislamiento externo	1,05	[]
Valor máximo de protección	Valor del aislamiento máximo permitido	Valor de mínimo nivel de aislamiento * Factor de seguridad	0,95	kV
Valor normalizado			1	kV

Etapa 5. Selección del equipo de protección.

Valor de selección DPS	Valor RMS nominal o asignado del DPS	Valor normalizado	1,1	kV
Tensión máxima normalizada de corta duración		Valor normalizado	0,6	kV
Tensión máxima normalizada a impulsos @ 25 kA (8/20 μs)		Valor normalizado	1,5	kV
Tensión de protección residual @ 10 kA (8/20 μs)		Valor máximo en DPS	0,4	kV

El resultado obtenido del análisis representado en tabla anterior muestra que las máximas sobretensiones permisibles son de 0,95 kV (fase a tierra) las cuales corresponden a las sobretensiones de que son soportadas por los equipos cuyo valor mínimo de aislamiento es de 1 kV. Adicional se concluye que las sobretensiones debidas a impactos de rayo cercanos podrán generar sobre tensiones hasta 1,5 kV por lo cual se deben instalar DPS para disminuir el riesgo de daño en equipos.

De lo anterior cabe decir que en cuanto a proceso de diseño se toma como base DPS con tensiones fijas asignadas de 1,5 kV de 25 kA (8/20 us). Teniendo en cuenta la tensión máxima de los DPS se indica que el uso de los mismos cumple la función de protección de equipos e instalación.

3.2.2. Esquema recomendado

A partir del análisis anterior y con el fin de garantizar que se cumplen con los niveles de protección requeridos se debe seguir el siguiente esquema de protección recomendado:

Tabla 2: Especificación de DPS para protección interna.

Etapa de protección	Tipo de dispositivo	Lugar de instalación
Red principal de baja tensión (4 Und)	DPS 25 kA (10/350 us) @ 150V (I+II) – IEC 61643-11 – Nivel de protección < 1,5 kV	Tableros principales de baja tensión Caseta Bombas (3F+N), Alojamiento (2F+N), Cocina (1F+N) y Salón TV (1F+N).
Tablero de antena de comunicaciones (1 Und)	DPS 20 kA (8/20 us) @ 150 V (II) – IEC 61643-11 – Nivel de protección < 0,5 kV	Tablero de antena de comunicaciones.

3.3. Análisis de corto circuito y falla a tierra

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.4. Análisis de nivel de riesgos por rayos y medidas de protección

La información disponible para la ubicación de la base en el municipio de Sibaté indica que la instalación se encuentra expuesta a una densidad de descargas atmosféricas a tierra entre 1 y 2 descargas/km²-año y un nivel cerámico entre 120 y 180 días tormentosos/año¹. A partir de esta información y las dimensiones de las estructuras se procedió a determinar los niveles de riesgo par cada estructura siguiendo lo exigido por RETIE sección 16 y NTC 4552-2 – Evaluación del Riesgo. Para este caso la información de entrada incluyó la siguiente información de entrada para el cálculo:

Tabla 3: Información de entrada para el cálculo de riesgo por rayos.

Información del proyecto		
Nombre del cliente	Cliente	Indumil-FEXAR
Proyecto	Proyecto	CP2911-Contrato 3-115/2021. SIPRA Base Cerro Paraíso
Fecha de ejecución	Fecha	31/10/2021
Responsable del análisis	Responsable	Analizó: Ing. Fredy Castro
Información de localización geográfica		
Ciudad	Ciudad	Sibaté – Cundinamarca

¹ Ver NTC 4552-1

Número de días tormentosos/año	Nc	145
Información de la Estructura principal a proteger		
Longitud de la estructura	L	50 m
Ancho de la estructura	W	60 m
Altura máxima de la estructura	H	26 m
Factor de localización	Cd	Objeto aislado: en la cima de una colina o elevación
Tipo de Estructura	TipoEdif	Industrial, comercial, escuelas
Riesgo de pérdida de animales	Ranimal	No
Información de acometidas de servicio entrantes a la Est. a proteger		
Tipo de entrada de acometidas de servicios	fAl	Acometida subterránea puesta a tierra
Longitud de la acometida del servicio hasta el primer nodo o 1000m	Lc	60 m
Altura de la estructura de donde proviene el servicio	Ha	12 m
Altura de la estructura por donde ingresa el servicio	Hb	0 m
Altura sobre la tierra de los conductores del servicio	Hc	8 m
Resistividad del terreno, o 500 ohms*m	p	1500 Ohm-m
Factor de corrección por un transformador en estructura a proteger	CtL	Sin transformador
Factor ambiental (environment)	Ce	Rural
Factor de localización de estructura a ser protegida	Cdb	Objeto aislado: en la cima de una colina o elevación
Información de la Estructura adyacente		
Longitud de la estructura adyacente	Lda	2 m
Ancho de la estructura adyacente	Wda	2 m
Altura máxima de la estructura adyacente	Hda	2 m
Factor de localización de estructura adyacente	Cda	Objeto rodeado de objetos o árboles más altos
Factor de corrección por un transformador en estructura Adyacente	Ct	Sin transformador
Medidas De Protección		
Medidas de protección existentes	PA	Probabilidad de daño a seres vivos (contacto o tensiones de paso)
Sin medidas de protección	PA1	Sin medidas de protección
Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas	PA2	NO se encuentra implementado
Equipotencialización efectiva del suelo	PA3	NO se encuentra implementado
Avisos de advertencia	PA4	NO se encuentra implementado
Uso bajantes naturales (refuerzos estructurales)	PA5	NO se encuentra implementado
Nivel de protección EXTERNA contra rayos existente	PB	Estructura no protegida
Nivel de protección INTERNA contra rayos existente	P.DPS	Sin sistema coordinado de protección
Ancho de la cuadrícula de malla o separación de bajantes o 0m si no hay	w	0 m
Soportabilidad De Los Equipos Y Cableados		
Tensión máxima de impulso soportada por equipos en la	Uw	1,5 kV - Equipos de uso común

edificación		
Características del cableado interno	Ks3	Cables sin pantalla – sin evitar lazos inductivos (>50 m ²)
Determine valor PMS (tabla 18 NTC 4552-2) si el KMS calculado es:	1	> 0,4
¿Existe un sistema coordinado de protecciones internas en servicios?	UIT_status	No
Nivel de protección sobre seres vivos en acometidas de servicio		
¿Existe un sistema de DPS ajustado a NTC 4552-3?	DPS_status	No
Probabilidad de daño interno en función del cableado servicios	PLD	No blindado
Probabilidad de daño en equipos internos en función del cableado	PL1	Tensión soportable hasta 1,5 kV – Sin pantalla
Número de conductores metálicos de servicio entrantes al edificio	n	3
Valor de resistencia de pantalla de cables metálicos de entrada	Rs	Acometida con conductor metálico no apantallado
¿La pantalla de los cables se encuentra en contacto con el suelo?	Kd	Con pantalla en contacto con el suelo
Medidas de protección de los cables de acometida de servicios	Kp	Sin medidas de protección
¿cuál es la tensión disrruptiva mínima de los equipos de acometida?	Uw_acoser	Cable de potencia eléctrica Un < 1kV
Seleccione el rango en que se encuentra el cálculo de la si el valor es:	0 kA	0 kA
Seleccione el rango si se usan cables de comunicaciones o la2 es:	0 kA	0 kA
Información de la actividad rutinaria y de personas		
Número promedio de personas en el interior del Edificio	nt	16
Número de personas expuestas en zonas de riesgo (fuera del Edificio)	np	4
Número de personas expuestas en caso de fuego al interior	np_f	16
Número de personas afectadas por descargas en acometidas de servicios	np_s	0
Número de personas afectadas por un impulso electromagnético	np_Lm	0
Tiempo en horas/año de permanencia al interior del Edificio	tp	8760
Tiempo en horas/año de permanencia en zonas de riesgo	tp_	1460
Tipo de superficie fuera de la estructura (zona de riesgo)	Ra	Agricultura, concreto (baja resistividad) – Resistencia contacto <=1 kOhm
Tipo de controles implementados para control de fuego en la instalación	Rp	Extintores manuales, alarmas manuales, hidrantes, separación contra fuego o rutas de evacuación
Nivel del riesgo de fuego en la estructura	Rf	Bajo
Factor de riesgo por dificultad en la evacuación al presentarse fuego	Hz	Sin riesgo especial
Tipo de superficie dentro de la estructura	Ru	Agricultura, concreto (baja resistividad) – Resistencia contacto <=1 kOhm

Como resultado de los cálculos requeridos para el análisis de riesgo total según NTC 4552-2 (ver detalles en Anexo 1) se obtuvieron los siguientes resultados para el componente de riesgo relacionado con las estructuras asociadas con la protección externa contra rayos:

Riesgo en estructuras: El análisis muestra valores de riesgo en los componentes de impactos directos sobre las estructuras debido a la inexistencia de puntas captoras y de forma parcial en las acometidas de servicio teniendo en

cuenta que a pesar de que la entrada a la red es subterránea el origen es de una red aérea sin protección.

Según NTC4552-2 Tabla 8. Componentes de riesgo en estructuras.

Daño	Descargas sobre la estructura S1	Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre acometidas de servicio S3	Descargas cercanas a las acometidas de servicio S4
D1	$R_a = 1,309E-04$	----	$R_u = 1,511E-06$	----
D2	$R_b = 1,571E-04$	----	$R_v = 0,000E+00$	----
D3	$R_c = 7,857E-02$	$R_m = 0,000E+00$	$R_w = 0,000E+00$	$R_z = 0,000E+00$

Para los riesgos asociados a daños en las estructuras se tienen valores de riesgo por encima de lo admisible en Lesiones a seres vivos, daños físicos y por fallas en sistemas eléctricos y electrónicos.

Según NTC4552-2 Tabla 4. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en estructuras.

Tipo de daño	Lesiones a seres Vivos		Daños físicos		Fallas en sistemas eléctricos y electrónicos	
	Rs		Rf		Ro	
R1	$R_a + R_u =$	1,325E-04	$R_b + R_v =$	1,571E-04	$R_c + R_m + R_w + R_z =$	0,000E+00
R2	--	--	$R_b + R_v =$	1,571E-04	$R_c + R_m + R_w + R_z =$	7,857E-02
R3	--	--	$R_b + R_v =$	1,571E-04		
R4	$R_a + R_u =$	1,325E-04	$R_b + R_v =$	1,571E-04	$R_c + R_m + R_w + R_z =$	7,857E-02

Por tipo de pérdida o daño el análisis indica que existen riesgos inaceptables en los componentes de pérdidas de vidas humanas, pérdida de continuidad de las acometidas de servicio (eléctricas) y pérdidas económicas.

Según NTC4552-2 Tabla 1. Riesgo por cada tipo de daño y pérdida

Daño	Pérdida de vidas humanas L1	Pérdidas en acometidas de servicio L2	Pérdidas de patrimonio cultural L3	Pérdidas económicas L4
D1/D2/D3	$R_s = 1,325E-04$	$R_f = 1,571E-04$	----	$R_s = 7,857E-02$

En suma los riesgos de los distintos componentes de riesgo indican que el riesgo total de los componentes de Vidas Humanas, pérdidas de servicios y pérdidas económicas son:

Tabla 4: Valores máximos de riesgo medidas de prevención actuales.

Tipo pérdida	Riesgo Total	Total Actual	Máx. Permitido	Condición	Recomendación
Vidas Hum.	Rt-L1	2,896E-04	1,000E-05	NO PASA	Requiere un SPE
Servicio	Rt-L2	7,873E-02	1,000E-03	NO PASA	Los DPS actuales cubren las necesidades de protección.
P. Cultural	Rt-L3	1,571E-04	1,000E-03	PASA	No aplica
Económica	Rt-L4	7,873E-02	N/A	N/A	No aplica

Como conclusión del cálculo de riesgo con la metodología NTC 4552-2 a partir de la información de entrada se tiene que es necesario implementar medidas preventivas ante la presencia de rayos en la Base Militar para garantizar la preservación de la vida de las personas, bienes y operaciones de la Base.

Para mejorar esta condición se considera que se requiere como mínimo la implementación de las siguientes medidas preventivas:

Tabla 5: Medidas de protección mínimas requeridas

Tipo de medida	Descripción
Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas	Se requiere implementar
Equipotencialización efectiva del suelo	No se requiere de forma obligatoria
Avisos de advertencia	Se requiere implementar
Uso bajantes naturales (refuerzos estructurales)	No se requiere de forma obligatoria
Nivel de protección EXTERNA contra rayos	Se requiere un esquema de protección NPR III (3)
Nivel de protección INTERNA contra rayos	Con DPS Clase II – protección de cargas y tableros secundarios

Con la implementación de estas medidas mínimas se espera que el nivel de riesgo total final de la instalación posterior a su implementación sean:

Tabla 6: Valores máximos de riesgo con medidas de prevención.

Tipo pérdida	Riesgo Total	Total Actual	Máx. Permitido	Condición	Recomendación
Vidas Hum.	Rt-L1	7,936E-06	1,000E-05	PASA	Valores con SPE Nivel III – SPT Tipo A – Radial
Servicio	Rt-L2	7,935E-04	1,000E-03	PASA	Con uso de DPS Clase I+II– 20 kA (8/20 us)
P. Cultural	Rt-L3	7,857E-06	1,000E-03	PASA	No aplica
Económica	Rt-L4	7,935E-04	N/A	N/A	No aplica

En consecuencia, a continuación se relacionan las especificaciones para la implementación de un sistema de protección externa contra rayos para la instalación.

3.4.1. Sistema de captación

3.4.1.1. Consideraciones de diseño

Para el cubrimiento y protección de las Edificaciones de FEXAR-Base Cerro Paraíso se ha previsto la utilización de cuatro puntas de captación de 1m de longitud. Tres instaladas en postes de fibra de vidrio de 12 m con extensión de 3 m según detalle de instalación 1. y Una instalada en mástil de torre de comunicaciones con extensión de 3m.

La ubicación de cada uno de estos elementos se muestran en los planos de construcción (ver anexo 5). Para la localización de los elementos de captación fue utilizado el método electro geométrico – esfera rodante definido por NTC 4552-3 sección 5.2.1 el cual define radios de cubrimiento de 50 m para NPR III (ver NTC 4552-3 tabla 2). Para esto se ha utilizado la herramienta GSTARCAD 2019 con formato compatible 3D de ACAD.

Debido a la naturaleza del método se estima que el cubrimiento diseñado tendrá un nivel de confianza del 95%, es decir por cada 100 cm es posible que queden 5 cm dentro del rango de posible impacto de rayo con corrientes de descarga por encima de los 75 kA, mientras que se garantiza un 99% para valores de corrientes de descarga inferiores.

3.4.1.2. Consideraciones de construcción

Teniendo en cuenta que la solución de apantallamiento o SPE² a ser implementada debe incluir a los elementos existentes y utilizar medios considerados como bajantes naturales. El contratista en el proceso de construcción debe:

2 SPE: Sistema de Protección Externo.

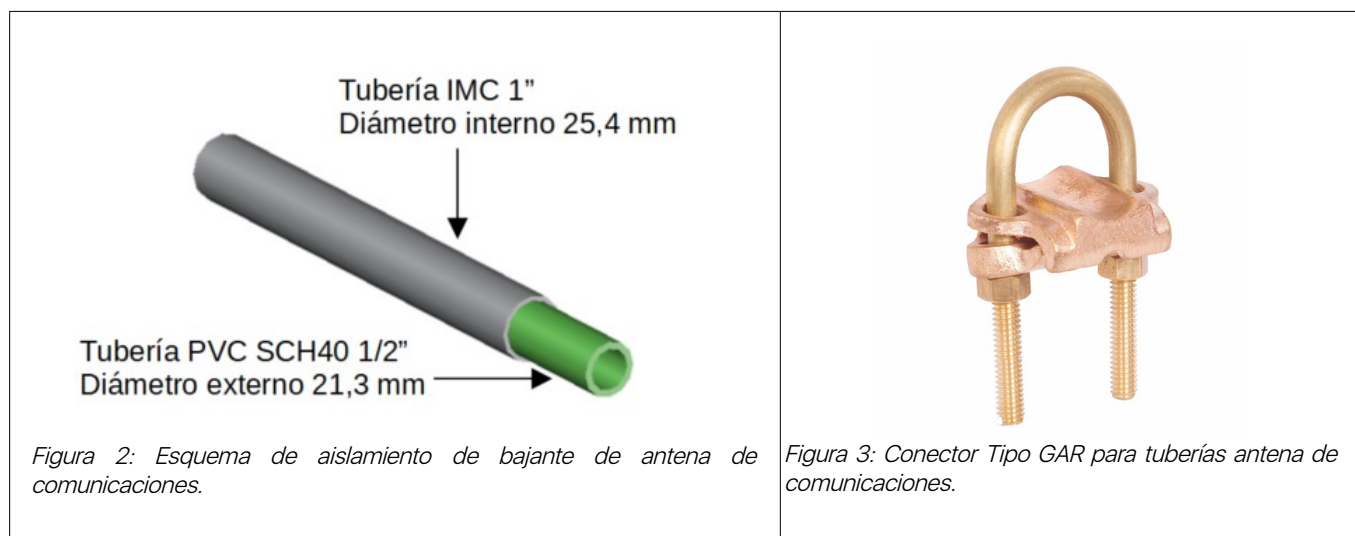
- Tener en cuenta que por la ubicación de la base no se considera pertinente la instalación de postes de concreto por lo que se han especificado postes en fibra (basados en especificación técnica Enel Codensa ET-205) monopolo o de dos cuerpos de 12 m de altura con Carga de Rotura mínima de 510 kgf.
- Las extensiones deben ser aseguradas con cinta bandit de acero inoxidable de ½" (13 mm) o collarín galvanizado en caliente apropiado para la tubería de acero o aluminio (¾") a ser utilizada para el soporte de la punta captora.
- La punta captora debe ser tipo Franklin de 1 m de longitud, en aluminio e instalada a través de tornillería de acero inoxidable al mástil de extensión.
- El sistema de puntas captoras será un sistema aislado por lo que no aplican las consideraciones de la Norma NTC 4552-3 respecto a la formación de anillos equipotenciales. No obstante y por razones de diseño de puesta a tierra se deben unir varios electrodos que pueden servir a más de una punta de captación.

3.4.2. Bajantes

Según NTC 4552-3 (Control del Riesgo), con el fin de reducir la probabilidad de daño debido a corrientes de rayo fluyendo por el sistema de protección externo, las bajantes deben ser ubicadas de manera tal que a partir del punto de impacto del rayo hasta tierra se cumplan los siguientes requisitos normativos:

- a) Existencia de caminos de baja impedancia para la corriente de descarga. Para el caso de sistemas aislados como los propuestos para la Base Cerro Paraíso la construcción de las bajantes se compone de una única bajante por cada poste o estructura de soporte lo que suma un total de 4 bajantes para el sistema de protección.
- b) La longitud de las bajantes sea mínima. En este caso se deben construir las bajantes desde los puntos más bajos de la punta en un camino recto hasta la base de cada uno de los postes.
- c) Garantizar la equipotencialidad de las partes conductoras. Con el fin de garantizar la conexión permanente se deben construir las bajantes considerando las rutas propuestas con conductores firmemente ajustados a través de tornillería en acero inoxidable y/o conductores continuos.
- d) Así mismo siguiendo las consideraciones de NTC 4552-3 sección 6.2.2 se deberán garantizar las conexiones equipotenciales a los sistemas de puesta a tierra principales de la red eléctrica a nivel de suelo a través de las cajas de halado existentes a través de conexión directa al arreglo de puesta a tierra asociado a cada punta.
- e) Aislamiento de las bajantes: Los conductores bajantes en los postes de fibra se deben instalar por dentro del poste con el fin de garantizar el aislamiento total de la bajante. Para el caso de la bajante del mástil de la antena de comunicaciones se debe utilizar un arreglo de tubería IMC ¾" a 1" desde la punta hasta la puesta a tierra con tubería PVC SCH 20 o 40 de ½" para el aislamiento efectivo de la bajante (ver figura 2).

Adicionalmente para el caso del mástil de la antena de comunicaciones es necesario canalizar el cableado coaxial y el cableado eléctrico aéreo que llega al tablero de pie de poste en tubería IMC metálica equipotencializada a la puesta a tierra de la bajante a través de conector Tipo GAR (ver figura 3).



3.4.3. Uso bajantes naturales

No se prevé el uso de bajantes naturales.

3.4.4. Conexión de prueba

Debido a que las bajantes se realizarán en conductores de aluminio y las conexiones de puesta a tierra se realizarán en conductores de cobre es obligatoria la instalación de un conector bimetálico certificado que permita la conexión del conductor plano de aluminio y el conductor de cobre de conexión a la puesta a tierra (1/0 AWG) – ver anexo 4.

Tabla 7: Especificación de conector bimetálico.



Conector universal variable Rd 8-10 bimetálico para uniones en T, cruz y paralelo de conductores redondos, montaje rápido mediante un tornillo de acero inoxidable, tipo OBO Betterman o Dehn.

El acople debe permitir la conexión y desconexión de los conductores para propósitos de medición o inspección de las conexiones.

3.4.5. Nivel de protección INTERNA contra rayos (SPI)

Con el fin de controlar los efectos adversos de descargas cercanas a las estructuras o bien por descargas ocurridas de forma directa se recomienda que la red eléctrica cuente con sistemas de DPS Clase I+II y Clase II IEC 61643-11 con base en lo descrito en la tabla 2 (Especificación de DPS para protección interna.).

3.4.6. Control de fuego en la instalación

El riesgo de fuego en la instalación se encuentra controlado a través de sistemas de detección y extinción manuales el proyecto de protección externa contra rayos (apantallamiento) no modificará o intervendrá los medios de control de

fuego dispuestos en el área. No obstante, será responsabilidad de Indumil o del Ejército Nacional de Colombia mantener la competencia del personal brigadista en el área.

3.5. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

3.5.1. Método de análisis de riesgo

Para el análisis de riesgo se sigue la metodología de Matriz de Riesgos (RAM – Risk Assessment Matrix) sugerida por RETIE sección 9.2.1 la cual propone los siguientes pasos para el análisis de un riesgo:

- a) Definir el factor de riesgo que se quiere evaluar categorizar
- b) Definir si el riesgo es potencial o real
- c) Determinar las consecuencias para personas, económicas, ambientales y de imagen.
- d) Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e) esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- e) Repetir el proceso para cada clase hasta cubrir todas las posibles pérdidas
- f) Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- g) Tomar las decisiones o acciones según lo indicado en la tabla de toma de decisiones.
- h) La situación debe ser evaluada por un profesional competente en electrotecnia y basarse en los siguientes criterios:
 - a) Que existan condiciones peligrosas plenamente identificables, tales como: carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico, equipos, productos o conexiones defectuosas, etc.
 - b) Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir que existan indicios de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente.
 - c) Que la gravedad sea máxima, es decir que exista gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión.
 - d) Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido en condiciones similares.

Las siguientes figuras muestran el concepto del análisis de matriz de riesgo:

RIESGO A EVALUAR:		por			(al) o (en)					
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE				
		(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)				
POTENCIAL			REAL			FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Ejemplo de matriz de valoración de riesgo según RETIE 9.2.1

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 : Matriz de toma de decisiones según RETIE 9.2.1

3.5.2. Resultados del análisis de riesgo

Para el proyecto de la base de INDUMIL - FEXAR – Base Cerro Paraíso se consideró el riesgo de daños por influencia de descargas atmosféricas desde el punto de vista de riesgo de lesiones personales las cuales tienen en cuenta el hecho de que existen antecedentes de descargas con fatalidades en Indumil Fexar y el análisis de riesgo detallado en la sección 3.4.

RIESGO A EVALUAR:		LESIONES PERSONALES por		DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (al) o (en)		INDUMIL-FEXAR-B.M.PARAÍSO				
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE				
		(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)				
		POTENCIAL ☐		REAL ☐		FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes, Interrupción breve	Efecto menor	Local		BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
S	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Indiferente		MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Criterios: El nivel de exposición y frecuencia de impactos de rayo en la Sabana de Bogotá y de acuerdo a los resultados obtenidos a través de la metodología de NTC 4552-2 dada en la sección 3.4 se concluye que el nivel de riesgo es alto, Adicionalmente se conoce de lesiones a personas en la planta de Indumil-Fexar por lo que se considera que su ocurrencia es probable. Por tanto es necesario implementar medidas preventivas para el control del riesgo de forma obligatoria.

Controles mínimos requeridos:

1. Eliminación. No aplica.
2. Reemplazo: No aplica.
3. Ingeniería: En la sección 3.4 se han indicado las medidas mínimas a ser implementadas para el control del riesgo. Estas pueden ser complementadas con sistemas de detección temprana de tormentas que pueden aumentar de forma considerable la seguridad de las instalaciones.
4. Administrativos: Además de la señalización mínima recomendada por NTC 4552-3 se deben incluir medios de control administrativo como no permitir trabajos o actividades en áreas expuestas en momentos de lluvia.
5. Uso de elementos de protección personal: Para labores de inspección visual, toma de lecturas de medidores o inspección de conexiones de las puntas de captación de FEXAR-Cerro Paraíso se deben usar EPP básicos que incluyen: Ropa 100% algodón, casco dieléctrico, guantes de vaqueta, uso de herramienta aislada y botas dieléctricas. Adicional el equipo contra protección contra caídas de acuerdo a los procedimientos de seguridad aprobados por Indumil.
Para intervenciones en los sistemas eléctricos que no cuenten con protección de sobretensiones se deben clasificar los trabajos a realizar y validar el uso de EPP complementarios.

La definición de EPP y controles aquí expuestos pueden variar dependiendo de las condiciones de riesgo particulares de FEXAR-Cerro Paraíso durante operaciones en condiciones no controladas (p.ej la presencia de lluvias). Por tanto los controles deben adaptarse a las condiciones propias de la tarea a realizar y se deben validar los riesgos particulares existentes de acuerdo al SG-SST de la Planta y/o procedimientos de comportamiento seguro definidos por el Ejército Nacional.

Otros riesgos como sobrecarga, equipo defectuoso o electricidad estática deben incluirse dentro del programa de detección y control de riesgos de la base de FEXAR-Cerro Paraíso de acuerdo al Decreto Único Reglamentario 1072 de 2015 del Ministerio del Trabajo³ ya que no se consideran parte de este análisis.

3 Pueden aplicar modificaciones posteriores.

3.6. Análisis del nivel de tensión requerido

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.7. Cálculo de campos electromagnéticos

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.8. Cálculo de transformador incluyendo efectos de armónicos y factor de potencia

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.9. Cálculo del sistema de puesta a tierra

3.9.1.1. Consideraciones de diseño

Teniendo en cuenta los valores de resistividad del terreno (ver anexo 3) y tomando como referencia el valor máximo de 10 Ω exigido por RETIE se realizó la valoración de la puesta a tierra para las bajantes a partir de la infraestructura existente.

En general se ha valorado la siguiente configuración existente para las puestas a tierra que serán usadas para el sistema de apantallamiento:

1. **Puesta a tierra de pararrayos:** El sistema de puesta a tierra de FEXAR-Cerro Paraíso incluye una puesta a tierra para el sistema de protección contra rayos compuesta por 14 electrodos instalados en zona verde (Ver plano de puestas a tierra Anexo 5), además de un anillo equipotencial entre puestas a tierra de 175 m en conductor 1/0 AWG en cobre enterrado a entre 50 cm y 60 cm de profundidad (ver NTC 2050 Sección 300.5).

Especificación	Valor	Nota
Número de electrodos verticales	14	Certificados RETIE 2,4 m x 5/8"
Configuración de puesta a tierra	Anillo de conexiones de tierra	Según información de Entrada
Longitud de electrodos horizontales	175 m	Conductor 1/0 AWG desnudo
Profundidad de electrodos horizontales	0,6 m	Según información de Entrada
Longitud de electrodos verticales	2,4 m x 5/8"	Ver RETIE 15.3.1.f

2. **Puesta a tierra individual:** Para la configuración de la base de FEXAR-Cerro Paraíso no se considera la existencia de puestas a tierra individuales. Para el caso de las puestas a tierra existentes para la distribución eléctrica (tierra eléctrica) se ha previsto la equipotencialización de las mismas a través de conexiones directas al anillo de puesta a tierra del sistema de apantallamiento.
3. **Utilización de suelo artificial.** Teniendo en cuenta el valor de resistencia de puesta a tierra actual del anillo de cobre se considera opcional la utilización de medios de mejoramiento de la resistencia de los electrodos considerados en este proyecto.

3.9.1.2. Consideraciones de construcción

El constructor debe incluir dentro de sus actividades las siguientes consideraciones para las puestas a tierra asociadas al sistema de apantallamiento:

- Se deben instalar cajas de inspección de 30x 30 x 30 cm para los seis electrodos indicados en los planos de construcción. Estas deben estar identificadas apropiadamente con pintura para indicar que son parte del sistema de puesta a tierra de acuerdo al detalle de los planos de construcción (ver anexo 5 – puestas a tierra y detalles).
- Todos los conductores bajo tierra (no canalizados) deben ser de cobre según diseño (ver RETIE 15.3).
- La totalidad de las conexiones subterráneas deben ser ejecutadas con soldadura exotérmica o conector mecánico en cobre certificado (ver RETIE 15.1.c).
- Se debe llevar a cabo la medida de la resistencia de puesta a tierra al finalizar la instalación del sistema de apantallamiento para garantizar que su valor sea inferior a 10 Ω (ver RETIE 15.4).
- Se debe incluir la valoración de la equipotencialidad entre los elementos del sistema de apantallamiento y la puesta a tierra de la planta como parte de las pruebas de puesta en marcha del sistema construido.

3.10. Cálculo económico de conductores

El cálculo económico de conductores no aplica a este caso debido a que los conductores del sistema de apantallamiento no transportan corrientes de forma permanente por lo que el valor de las pérdidas es nulo.

En su lugar se ha tenido en cuenta que la totalidad de los conductores usados en el sistema de apantallamiento externo deben seleccionarse e instalarse ajustados a la Tabla 5 de la NTC 4552-3. Para el caso específico de las bajantes se deben utilizar conductores redondos de aluminio de 8mm de diámetro y/o conductores de cobre 1/0 AWG.

Para los conductores de puesta a tierra, se debe usar conductor 1/0 AWG desnudo directamente en contacto con el terreno a no menos de 60 cm de la superficie (ver NTC 2050 300-5).

3.11. Verificación de los conductores

Los conductores a ser utilizados en los sistemas de apantallamiento deben cumplir con las especificaciones de NTC 4552-3 y RETIE sección 16.3 las cuales validan la utilización de dichos materiales.

3.12. Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.

La totalidad de las estructuras de soporte de las puntas captoras deben ser resistentes al peso de los elementos así como ser aptos para soportar velocidades de viento máximas de 20 m/s. Por esta razón los elementos asociados a la sujeción de las puntas captoras (bases y ménsulas) deben:

- Ser resistentes a la intemperie por lo que deben ser contruidos de acero inoxidable o metal galvanizado en caliente.
- La tornillería en su totalidad debe ser de acero inoxidable.
- Se debe asegurar la utilización de tornillería de mínimo 13 mm ($\frac{1}{2}$ ") en su cabeza.
- Se debe asegurar que se sujeten de por lo menos dos tornillos para puntas mayores a 1,5 m.

3.13. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes en baja tensión

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.14. Cálculo de canalizaciones y volumen de encerramientos

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas. No obstante lo anterior se aclara que la totalidad de los tubos metálicos usados para la protección mecánica de las bajantes deben ser IMC de diámetro de 1" con tubería PVC de ½" en su interior.

3.15. Cálculos de pérdidas de energía teniendo en cuenta efectos de armónicos y factor de potencia

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.16. Cálculos de regulación

Este ítem no hace parte del alcance de análisis de riesgo por descargas atmosféricas, por tanto no aplica.

3.17. Clasificación de áreas

En el área evaluada no existe clasificación o necesidad de clasificación de áreas, por tanto no aplica.

3.18. Elaboración de diagramas unifilares

Dentro del alcance de este proyecto se incluye el levantamiento del diagrama unifilar actual (ver anexo 1). Para la instalación de los DPS se han propuesto modificaciones en el esquema eléctrico (sin modificar la infraestructura existente) para la instalación de la protección interna recomendada.

3.19. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción

La totalidad de planos requeridos para la construcción del sistema de apantallamiento y la instalación de los DPS requeridos para la protección interna se encuentran en el anexo 5.

Adicional a los planos el anexo 6 presenta el cuadro de presupuesto para la ejecución del proyecto bajo las siguientes premisas:

- El presupuesto es de tipo detallado por lo que el valor final del proyecto se estima en +/-10% del valor indicado.
- La base de precios de materiales es de noviembre de 2021 y se ha estimado un margen del 16% adicional para prever aumentos en materiales y mano de obra que pueden variar para la ejecución en el primer trimestre de 2022 a causa de elevaciones por precios internacionales de material eléctrico (4%), efectos de inflación a cierre de 2021 (6%) y elevaciones en el valor del salario mínimo (6%).
- No obstante lo anterior, se sugiere realizar una valoración económica antes de la contratación final con el fin de evaluar las posibles variaciones reales al momento de la contratación, especialmente si esta se lleva a un período mayor a tres meses.

3.20. Establecer las distancias de seguridad requeridas

El aislamiento eléctrico dado por el espaciamiento entre cualquier equipo y el sistema de apantallamiento en cada una de sus bajantes se calculó a partir de la NTC 4552-3 sección 6,3 la cual es:

$$S > k_j * \left(\frac{k_c}{k_m} \right) * l(m) \quad \text{donde;}$$

S: Distancia mínima de separación del sistema de apantallamiento

k_j : es 0,04 para un SIPRA de nivel III o IV.

k_c : es 1 para cada bajante

k_m : es 0,5 para aislamiento en concreto

l: es la longitud de la bajante considerada como coincidente con los elementos a separar. Para este caso se considera $l=8$ m correspondiente a la altura máxima de las bajantes

Bajo estas consideraciones el cálculo de S es:

$$S > 0,04 * \left(\frac{1}{0,5} \right) * 8 > 0,64 \text{ m}$$

A partir de lo anterior la totalidad de las estructuras metálicas cercanas a los bajantes del sistema de apantallamiento deben ser equipotenciales a este sistema. Para ello se considera obligatoria la equipotencialización de los elementos de la antena de comunicaciones (mástil, tuberías y vientos) así como la base metálica del shelter del comandante de la base.

3.21. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050

No se aplicaron desviaciones a la norma.

4. Referencias y normas utilizadas

Para el análisis del comportamiento de los datos obtenidos durante las mediciones, se utilizan como referencia de los valores permitidos o considerados como aceptables, las normas y especificaciones indicadas a continuación:

- [1]. NTC 2050. ICONTEC Código Eléctrico Colombiano. Primera actualización 1998.
- [2]. Ministerio de Minas y Energía Colombia. Resolución 9 0708 de Agosto de 2013. 'Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE' y sus modificaciones.
- [3]. NTC 4552-1. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 1: principios generales
- [4]. NTC 4552-2. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 2. Manejo del Riesgo.
- [5]. NTC 4552-3. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 3. Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida.

ESOLUTIONS

FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE

CONTRATO 3-115/2021

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS
(SIPRA) INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

ANEXO 1. Planos y diagramas situación actual
Diagrama Unifilar y Topografía

CP2911 – 2021

Visítenos en www.esolutions.co



KEY-PLAN

CONVENCIONES

NOTAS

1

VER NOTA #EJEMPLO:

2

VER NOTA 2

1. VERSIÓN SEGÚN LEVANTAMIENTO DEL 22/11/2021.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. Informe de Análisis de Riesgo y medidas para mitigarlo – FEXAR – Base Paraíso

ES21-CP2911-INF-V112

ESOLUTIONS

SOLUCIONES EN ENERGÍA Y DATA CENTERS

PROYECTO:

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

TÍTULO:

Información Topográfica de curvas de nivel
Base Militar Cerro Paraíso – FEXAR

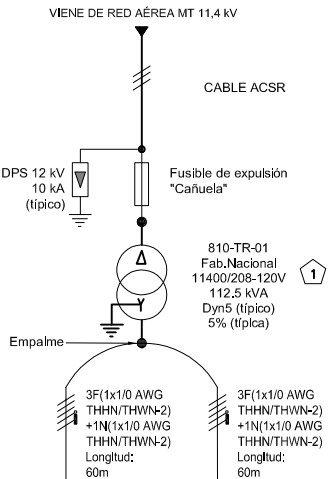
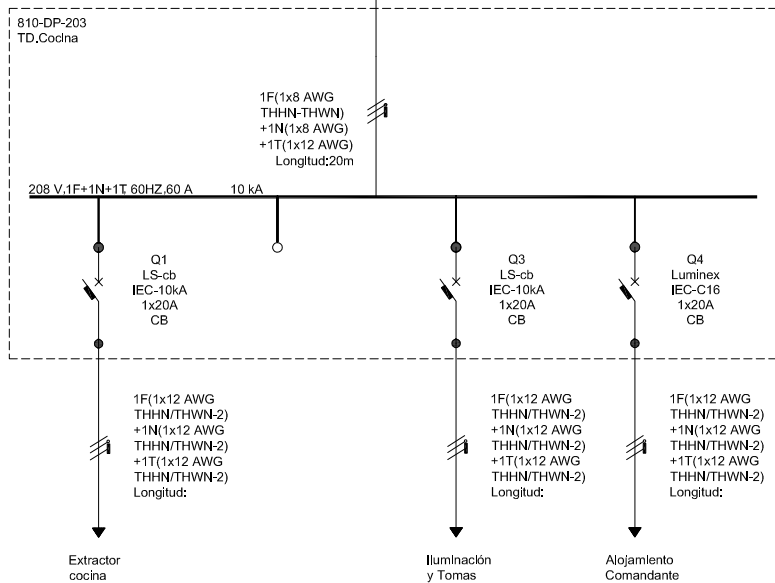
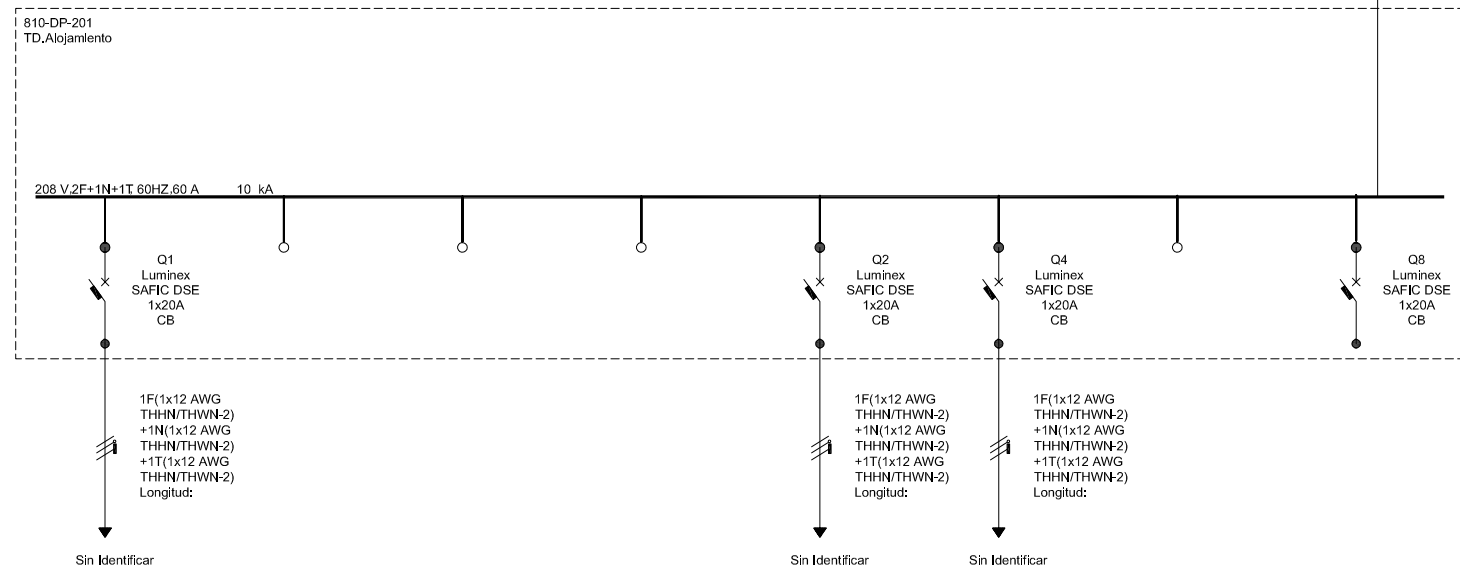
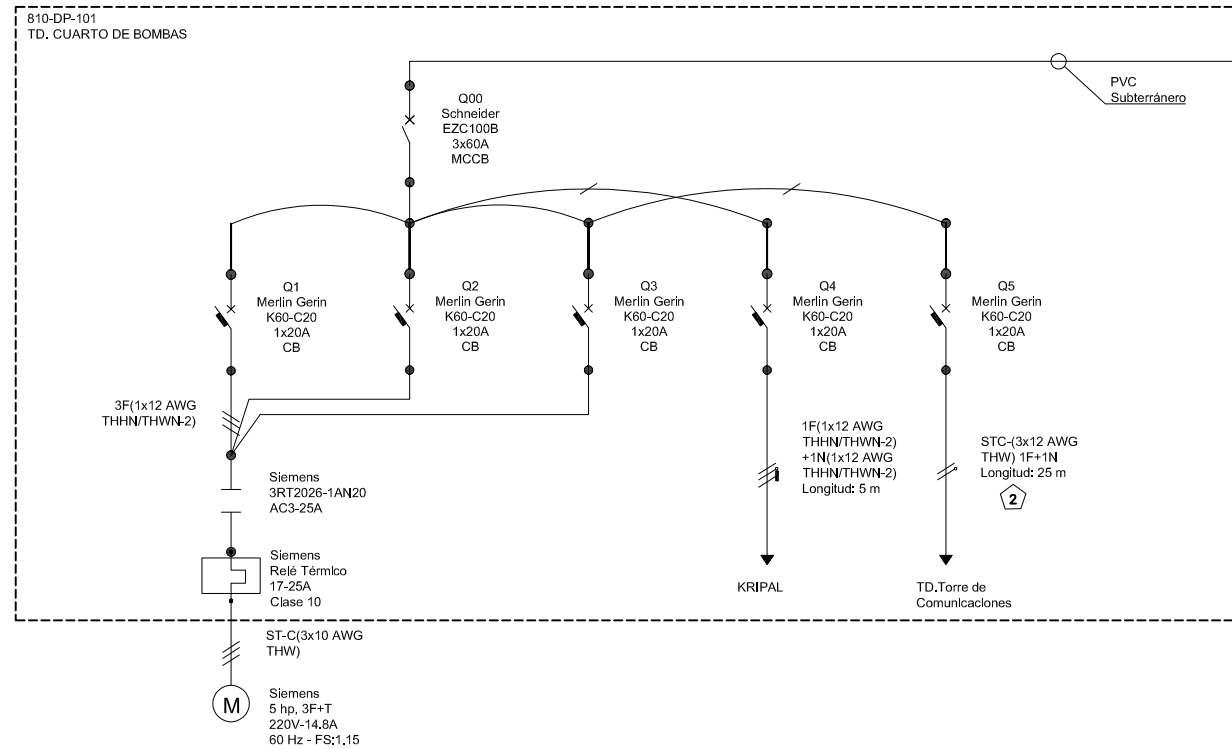
NÚMERO DE PROYECTO:

CP2911-CONTRATO 3-115/2021

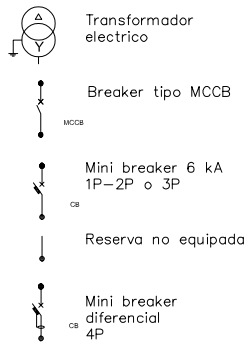
ESOLUTIONS

DOCUMENTO REVISADO

Aprobó:
Ing. Fredy Castro R
MP: CN205-28220



CONVENCIONES



NOTAS

- Información típica a partir de transformador existente.
- Circuito ramal a Torre de Comunicaciones parte sin puesta a tierra desde tablero.
- Tableros en sitio sin marcación. Nomenclatura propuesta.
- La información de este diagrama corresponde a la situación de la instalación al día 03 de noviembre de 2021.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Informe General: ES21-CP2911-INF

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ
111	16-11-21	LEVANTAMIENTO GENERAL DE UNIFILAR	CPY	---	FKR	FKR



PROYECTO: ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FÉJAR

TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR (DIA) DE LEVANTAMIENTO

DISEÑO: No Aplica	REVISÓ: F. CASTRO	APROBÓ: F. CASTRO
DIBUJO: C. PEREA	FECHA: 16-11-2021	ESCALA: N/A

NÚMERO DE PROYECTO: CP2911

PLANO No: ES21-CP2911-DIA	FOLIO: 1 de 1
	REVISIÓN: 111-Z

ESOLUTIONS

FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE

CONTRATO 3-115/2021

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS
(SIPRA) INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

ANEXO 2. Resultado Análisis de Riesgo

CP2911 – 2021

Visítenos en www.esolutions.co

Resultados del análisis de riesgo – NTC 4552-2:2008

Resultados del análisis de riesgo - situación sin dispositivos de protección

Hoja 1/3

Indumil-FEXAR

CP2911-Contrato 3-115/2021. SIPRA Base Cerro Paraíso

31/10/2021

Contiene: Análisis de riesgo por descargas atmosféricas según NTC 4552:2008

Analizó: Ing. Fredy Castro

Riesgo de eventos de descargas atmosféricas en la estructura

Nivel cerámico - Sibaté – Cundinamarca	145 Rayos/año
Densidad de descargas a tierra	4,00 descargas/km2-año
Longitud máxima del grupo de edificios	50 m
Ancho máximo del grupo de edificios	60 m
Altura máxima del grupo de edificios	26 m
Área construida a proteger	39.273,45 m2
Promedio anual de descargas sobre la estructura (ND)	31,428 Rayos/100años
Promedio anual de descargas en estructuras adyacentes (Nda)	0,015 Rayos/100años
Promedio anual de descargas cercanas a la estructura (Nm)	67,218 Rayos/100años
Evaluación del número promedio de descargas en acometidas de servicios (NL)	0,000 Rayos/100años
Evaluación del número de descargas anuales cercanas a las acometidas de servicios (Ni)	0,000 Rayos/100años

Notas

1. Según los valores obtenidos existe una probabilidad de impacto de rayos directos o indirectos en las estructuras de la base militar por lo que se recomienda usar protección contra rayos de un NPR III.
2. Los factores de riesgo mayores lo componen la permanencia de personal 8760 horas por año, no contar con entradas de servicio puestas a tierra y no contar con ningún medio actual de protección contra rayos.
3. La totalidad de los cálculos se desarrollaron con base en la normativa NTC 4552-2: 2008, aceptada por el RETIE sección 16.
4. La acometida eléctrica del área es subterránea pero proveniente de transformador aéreo con entrada en media tensión igualmente aérea sin uso de DPS y un sistema de distribución de conductores de puesta a tierra inexistente.
5. El análisis de riesgo indica el nivel de riesgo para las personas e instalaciones es alto aún sin valoración económica. Lo anterior implica que se deben tomar medidas de prevención sin tener como marco de referencia al factor económico.
6. La infraestructura de protección de la base militar debe incluir como mínimo DPS de categoría II y un sistema de protección contra rayos con un Nivel de Protección (NPR) de nivel III según las especificaciones de NTC 4552-1 y NTC 4552-3.

Aclaración

La aplicación y resultados presentados corresponden a las condiciones establecidas por la normatividad colombiana NTC 4552:2008. Cualquier modificación sobre el método o las condiciones estructurales del edificio o estructuras bajo análisis podrá generar cambios en los resultados. Por tanto el cliente final deberá tener este aspecto en cuenta durante o posterior al proceso de construcción del apantallamiento.

El resultado del cálculo del riesgo indica que este proyecto no prevé un riesgo por encima de lo considerado como tolerable. No obstante esto no significa que no se deban tomar medidas preventivas ante la presencia de rayos en la zona.

Resultados del análisis de riesgo – situación actual

Hoja 2/3

Indumil-FEXAR

31/10/2021

Contiene: Análisis de riesgo por descargas atmosféricas según NTC 4552:2008

Analizó: Ing. Fredy Castro

Riesgo de pérdidas ante descargas atmosféricas

A partir de la información de entrada y cálculos de riesgo según el método planteado por NTC 4552:2008 se obtuvo:

Según NTC4552-2 Tabla 8. Componentes de riesgo en estructuras.

Daño	Descargas sobre la estructura S1	Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre acometidas de servicio S3	Descargas cercanas a las acometidas de servicio S4
D1	$R_a = 1,309E-04$	----	$R_u = 1,511E-06$	----
D2	$R_b = 1,571E-04$	----	$R_v = 0,000E+00$	----
D3	$R_c = 7,857E-02$	$R_m = 0,000E+00$	$R_w = 0,000E+00$	$R_z = 0,000E+00$

Según NTC4552-2 Tabla 9. Componentes de riesgo en acometidas de servicios.

Daño	Descargas sobre la estructura S1	Descargas sobre acometidas de servicio S3	Descargas cercanas a las acometidas de servicio S4
D2	$R'b = 0,000E+00$	$R'v = 0,000E+00$	----
D3	$R'c = 0,000E+00$	$R'w = 0,000E+00$	$R'z = 0,000E+00$

Según NTC4552-2 Tabla 4. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en estructuras.

Tipo de daño	Lesiones a seres Vivos Rs	Daños físicos Rf	Fallas en sistemas eléctricos y electrónicos Ro
R1	$R_a + R_u = 1,325E-04$	$R_b + R_v = 1,571E-04$	$R_c + R_m + R_w + R_z = 0,000E+00$
R2	----	$R_b + R_v = 1,571E-04$	$R_c + R_m + R_w + R_z = 7,857E-02$
R3	----	$R_b + R_v = 1,571E-04$	
R4	$R_a + R_u = 1,325E-04$	$R_b + R_v = 1,571E-04$	$R_c + R_m + R_w + R_z = 7,857E-02$

Según NTC4552-2 Tabla 5. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en las acometidas de servicio.

Tipo de daño	Lesiones a seres Vivos Rs	Daños físicos Rf	Fallas en sistemas eléctricos y electrónicos Ro
R'1	-- 0,000E+00	$R'v + R'b = 0,000E+00$	----
R'2	-- 0,000E+00	$R'v + R'b = 0,000E+00$	$R'c + R'w + R'z = 0,000E+00$
R'4	-- 0,000E+00	$R'v + R'b = 0,000E+00$	$R'c + R'w + R'z = 0,000E+00$

Según NTC4552-2 Tabla 1. Riesgo por cada tipo de daño y pérdida

Daño	Pérdida de vidas humanas L1	Pérdidas en acometidas de servicio L2	Pérdidas de patrimonio cultural L3	Pérdidas económicas L4
D1/D2/D3	$R_s = 1,325E-04$	$R_f = 1,571E-04$	----	$R_s = 7,857E-02$

Tipo pérdida	Riesgo Total	Total Actual	Máx. Permitido	Condición	Recomendación
Vidas Hum.	Rt-L1	2,896E-04	1,000E-05	NO PASA	Requiere un SPE
Servicio	Rt-L2	7,873E-02	1,000E-03	NO PASA	Los DPS actuales cubren las necesidades de protección.
P. Cultural	Rt-L3	1,571E-04	1,000E-03	PASA	No aplica
Económica	Rt-L4	7,873E-02	N/A	N/A	No aplica

Resultados del análisis de riesgo – con medidas de protección

Hoja 3/3

Indumil-FEXAR

31/10/2021

Contiene: Análisis de riesgo por descargas atmosféricas según NTC 4552:2008

Analizó: Ing. Fredy Castro

Riesgo de pérdidas ante descargas atmosféricas

A partir de la información de entrada y cálculos de riesgo según el método planteado por NTC 4552:2008 se obtuvo:

Según NTC4552-2 Tabla 8. Componentes de riesgo en estructuras.

Daño	Descargas sobre la estructura S1	Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre acometidas de servicio S3	Descargas cercanas a las acometidas de servicio S4
D1	Ra = 6,547E-08	----	Ru = 1,321E-08	----
D2	Rb = 7,857E-06	----	Rv = 0,000E+00	----
D3	Rc = 7,857E-04	Rm = 0,000E+00	Rw = 0,000E+00	Rz = 0,000E+00

Según NTC4552-2 Tabla 9. Componentes de riesgo en acometidas de servicios.

Daño	Descargas sobre la estructura S1	Descargas sobre acometidas de servicio S3	Descargas cercanas a las acometidas de servicio S4
D2	R'b = 0,000E+00	R'v = 0,000E+00	----
D3	R'c = 0,000E+00	R'w = 0,000E+00	R'z = 0,000E+00

Según NTC4552-2 Tabla 4. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en estructuras.

Tipo de daño	Lesiones a seres Vivos Rs	Daños físicos Rf	Fallas en sistemas eléctricos y electrónicos Ro
R1	Ra+Ru = 7,869E-08	Rb+Rv = 7,857E-06	Rc+Rm+Rw+Rz = 0,000E+00
R2	----	Rb+Rv = 7,857E-06	Rc+Rm+Rw+Rz = 7,857E-04
R3	----	Rb+Rv = 7,857E-06	
R4	Ra+Ru = 7,869E-08	Rb+Rv = 7,857E-06	Rc+Rm+Rw+Rz = 7,857E-04

Según NTC4552-2 Tabla 5. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en las acometidas de servicio.

Tipo de daño	Lesiones a seres Vivos Rs	Daños físicos Rf	Fallas en sistemas eléctricos y electrónicos Ro
R'1	-- 0,000E+00	R'v+R'b = 0,000E+00	----
R'2	-- 0,000E+00	R'v+R'b = 0,000E+00	R'c+R'w+R'z = 0,000E+00
R'4	-- 0,000E+00	R'v+R'b = 0,000E+00	R'c+R'w+R'z = 0,000E+00

Según NTC4552-2 Tabla 1. Riesgo por cada tipo de daño y pérdida

Daño	Pérdida de vidas humanas L1	Pérdidas en acometidas de servicio L2	Pérdidas de patrimonio cultural L3	Pérdidas económicas L4
D1/D2/D3	Rs = 7,869E-08	Rf = 7,857E-06	----	Rs = 7,857E-04

Tipo pérdida	Riesgo Total	Total Actual	Máx. Permitido	Condición	Recomendación
Vidas Hum.	Rt-L1	7,936E-06	1,000E-05	PASA	Valores con SPE Nivel III – SPT Tipo A – Radial
Servicio	Rt-L2	7,935E-04	1,000E-03	PASA	Con uso de DPS Clase II+III – 20 kA (8/20 us)
P. Cultural	Rt-L3	7,857E-06	1,000E-03	PASA	No aplica
Económica	Rt-L4	7,935E-04	N/A	N/A	No aplica

ESOLUTIONS

FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE

CONTRATO 3-115/2021

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS
(SIPRA) INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

ANEXO 3. Medidas de Resistividad del Terreno

CP2911 – 2021

Visítenos en www.esolutions.co

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Cliente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado Antena Comunicaciones	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

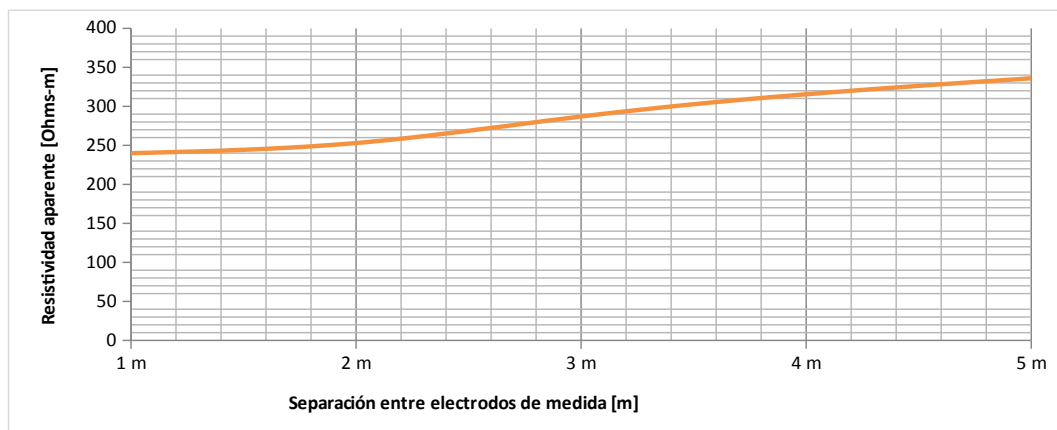
1. Valores de resistencia medidos (con electrodos enterrados a 0,15m).

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	34,06 Ohms	21,65 Ohms	14,43 Ohms	13,33 Ohms	12,35 Ohms
Transversal	42,34 Ohms	18,62 Ohms	16,02 Ohms	11,78 Ohms	9,04 Ohms

2. Cálculo de resistividad aparente

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	214,00 Ohm-m	272,00 Ohm-m	272,00 Ohm-m	335,00 Ohm-m	388,00 Ohm-m
Transversal	266,00 Ohm-m	234,00 Ohm-m	302,00 Ohm-m	296,00 Ohm-m	284,00 Ohm-m
Promedio	240,00 Ohm-m	253,00 Ohm-m	287,00 Ohm-m	315,50 Ohm-m	336,00 Ohm-m

3. Perfil de resistividad aparente en función de la separación de los electrodos de medida



4. Valores de resistividad para modelo de dos capas (IEEE 80-2000 + IEEE 81-1983)

Resistividad del terreno superior	247	Ohms-m
Profundidad del terreno superior	1,50	m
Resistividad del terreno inferior	336	Ohms-m

5. Notas

Mediciones en terreno húmedo.

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Cliente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado Antena Comunicaciones	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

6. Registro fotográfico

En la siguiente ilustración se identifica el lugar donde se realizó la medición de resistividad del terreno.



7. Ejecutante

Responsable Esolutions Ltda.

César Augusto Perea Yanquén
CONTE: 1013651479-75957

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Ciente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado cocina	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

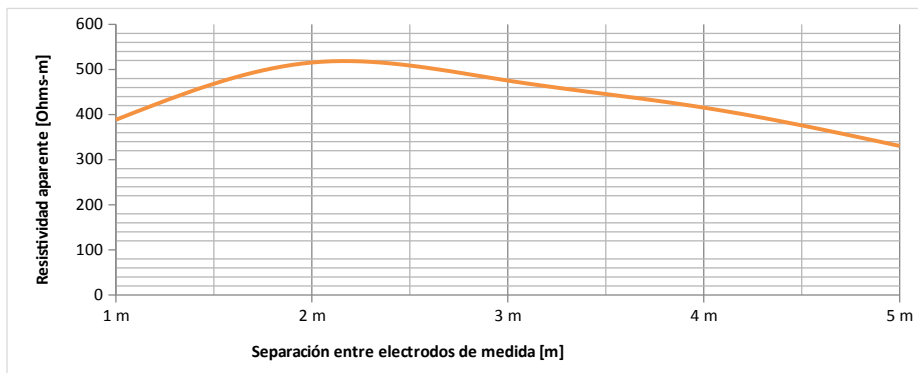
1. Valores de resistencia medidos (con electrodos enterrados a 0,15m).

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	51,41 Ohms	46,55 Ohms	35,39 Ohms	23,83 Ohms	13,78 Ohms
Transversal	72,26 Ohms	35,49 Ohms	15,07 Ohms	9,23 Ohms	7,26 Ohms

2. Cálculo de resistividad aparente

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	323,00 Ohm-m	585,00 Ohm-m	667,00 Ohm-m	599,00 Ohm-m	433,00 Ohm-m
Transversal	454,00 Ohm-m	446,00 Ohm-m	284,00 Ohm-m	232,00 Ohm-m	228,00 Ohm-m
Promedio	388,50 Ohm-m	515,50 Ohm-m	475,50 Ohm-m	415,50 Ohm-m	330,50 Ohm-m

3. Perfil de resistividad aparente en función de la separación de los electrodos de medida



4. Valores de resistividad para modelo de dos capas (IEEE 80-2000 + IEEE 81-1983)

Resistividad del terreno superior	387	Ohms-m
Profundidad del terreno superior	2,50	m
Resistividad del terreno inferior	331	Ohms-m

5. Notas

Mediciones en terreno húmedo.

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Cliente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado cocina	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

6. Registro fotográfico

En la siguiente ilustración se identifica el lugar donde se realizó la medición de resistividad del terreno.



7. Ejecutante

Responsable Esolutions Ltda.

César Augusto Perea Yanquén
CONTE: 1013651479-75957

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Cliente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado transformador	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

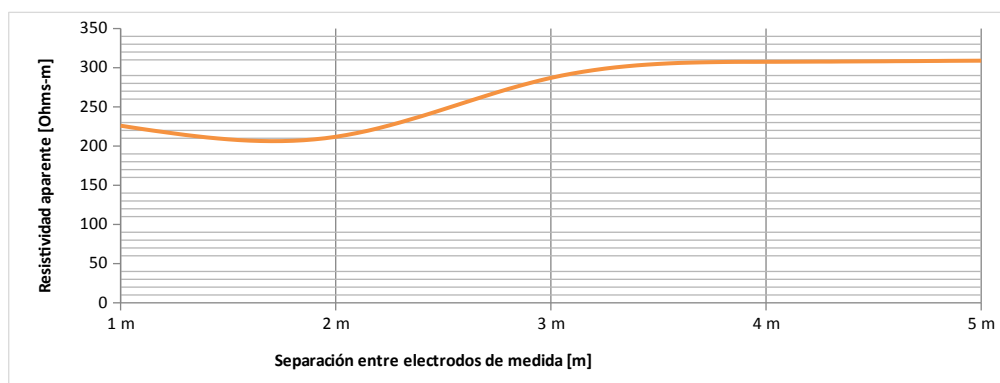
1. Valores de resistencia medidos (con electrodos enterrados a 0,15m).

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	35,33 Ohms	14,78 Ohms	14,70 Ohms	12,57 Ohms	8,59 Ohms
Transversal	36,61 Ohms	18,94 Ohms	15,76 Ohms	11,90 Ohms	11,08 Ohms

2. Cálculo de resistividad aparente

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	222,00 Ohm-m	185,70 Ohm-m	277,00 Ohm-m	316,00 Ohm-m	270,00 Ohm-m
Transversal	230,00 Ohm-m	238,00 Ohm-m	297,00 Ohm-m	299,00 Ohm-m	348,00 Ohm-m
Promedio	226,00 Ohm-m	211,85 Ohm-m	287,00 Ohm-m	307,50 Ohm-m	309,00 Ohm-m

3. Perfil de resistividad aparente en función de la separación de los electrodos de medida



4. Valores de resistividad para modelo de dos capas (IEEE 80-2000 + IEEE 81-1983)

Resistividad del terreno superior	233	Ohms-m
Profundidad del terreno superior	1,40	m
Resistividad del terreno inferior	309	Ohms-m

5. Notas

Mediciones en terreno húmedo.

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Cliente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado transformador	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

6. Registro fotográfico

En la siguiente ilustración se identifica el lugar donde se realizó la medición de resistividad del terreno.



7. Ejecutante

Responsable Esolutions Ltda.

César Augusto Perea Yanquén
CONTE: 1013651479-75957

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Cliente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado polvorines	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

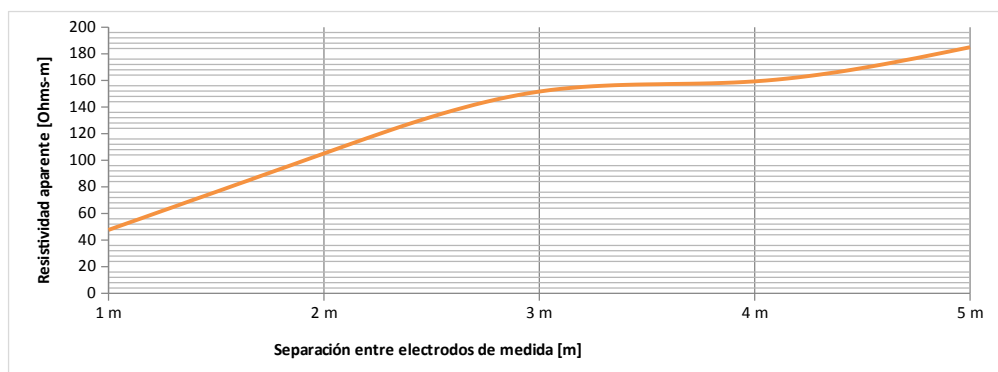
1. Valores de resistencia medidos (con electrodos enterrados a 0,15m).

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	7,62 Ohms	10,41 Ohms	10,98 Ohms	8,48 Ohms	7,23 Ohms
Transversal	7,54 Ohms	6,32 Ohms	5,11 Ohms	4,20 Ohms	4,55 Ohms

2. Cálculo de resistividad aparente

Separación	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Longitudinal	47,90 Ohm-m	130,80 Ohm-m	207,00 Ohm-m	213,00 Ohm-m	227,00 Ohm-m
Transversal	47,40 Ohm-m	79,40 Ohm-m	96,30 Ohm-m	105,60 Ohm-m	142,90 Ohm-m
Promedio	47,65 Ohm-m	105,10 Ohm-m	151,65 Ohm-m	159,30 Ohm-m	184,95 Ohm-m

3. Perfil de resistividad aparente en función de la separación de los electrodos de medida



4. Valores de resistividad para modelo de dos capas (IEEE 80-2000 + IEEE 81-1983)

Resistividad del terreno superior	68	Ohms-m
Profundidad del terreno superior	0,70	m
Resistividad del terreno inferior	185	Ohms-m

5. Notas

Mediciones en terreno húmedo.

Protocolo de resultados ensayos de resistividad - método de dos capas

Cliente:	INDUMIL	CP:	2911
Proyecto	Diseño (SIPRA)-Base Militar Paraiso	Ejecutó:	CPY
Localización	FEXAR – Cerro Paraiso	Revisó:	EDA
Punto de medida	Costado polvorines	Aprobó:	FKR
Fecha de medida	2 de noviembre de 2021		

6. Registro fotográfico

En la siguiente ilustración se identifica el lugar donde se realizó la medición de resistividad del terreno.



7. Ejecutante

Responsable Esolutions Ltda.

César Augusto Perea Yanquén
CONTE: 1013651479-75957

ESOLUTIONS

FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE

CONTRATO 3-115/2021

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS
(SIPRA) INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

ANEXO 4. Cálculo de puesta a tierra

CP2911 – 2021

Visítenos en www.esolutions.co

General Data

Project Name	CP2911 FEXAR - Antena
Upper layer resistivity (Ohm_m)	247
Lower layer resistivity (Ohm_m)	336
Upper layer thickness (m)	1.56
Crushed rock resistivity (Ohm_m)	1500
Thickness of crushed rock surfacing (m)	0.2
Fault duration (s)	0.1
Maximum ground fault current (A)	3000
Remote Current Contribution (%)	100
System Frequency (Hz)	60

Horizontal Conductors

Name	X1(m)	Y1(m)	X2(m)	Y2(m)	h(m)	R(m)
C1	0	0	4	1.5	0.6	0.04
C2	4	1.5	0	3	0.6	0.04
C3	4	1.5	4	28.5	0.6	0.04
C4	4	28.5	0	30	0.6	0.04
C5	4	28.5	0	26.5	0.6	0.04
C6	4	1.5	7	1.5	0.6	0.05
C7	4	28.5	7	28.5	0.6	0.05

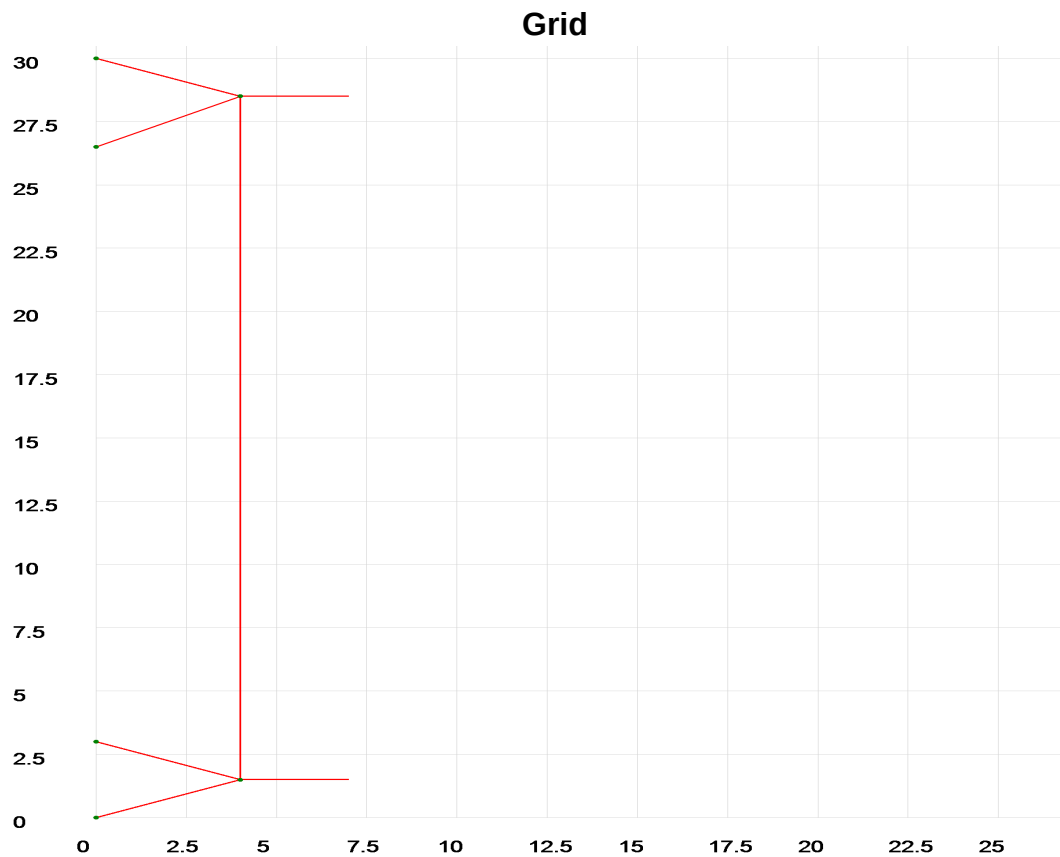
Rods

Name	X(m)	Y(m)	L(m)	h(m)	R(m)
E1	0	0	2.4	0.3	0.07
E1.1	0	3	2.4	0.3	0.07
E1.2	4	1.5	2.4	0.3	0.07
E2	4	28.5	2.4	0.3	0.07
E2.1	0	30	2.4	0.3	0.07
E2.2	0	26.5	2.4	0.3	0.07

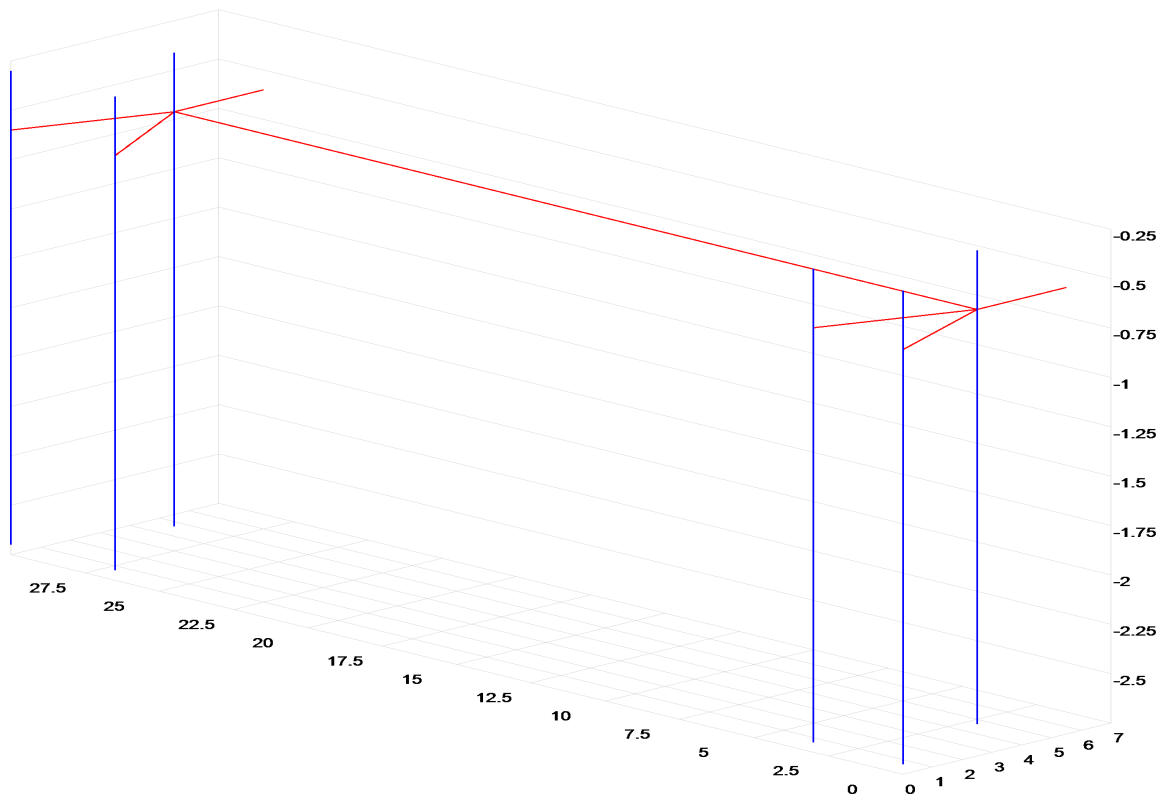
Results

Grounding grid resistance (Ohm)	9.692
Ground Potential Rise GPR (V)	29075.558
Grid Current (A)	3000.000

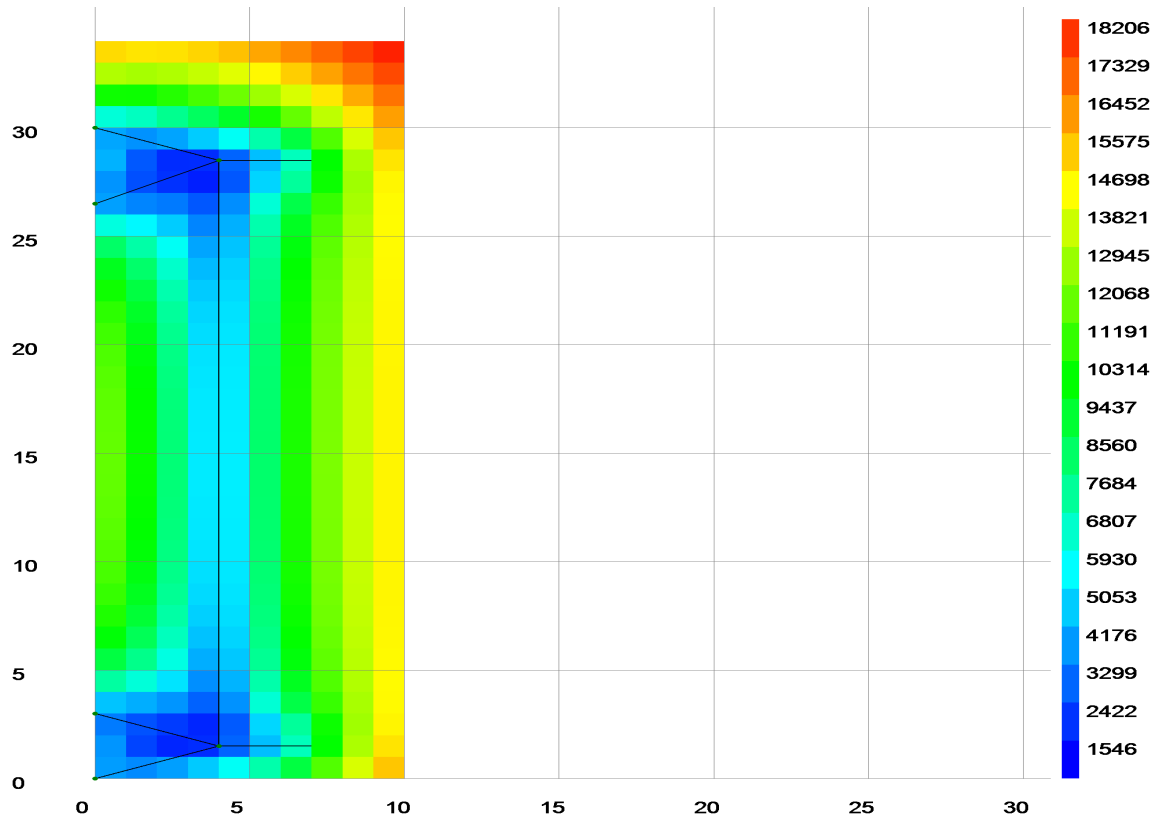
Fault Current Division Factor Sf	1.000
Tolerable Touch Voltage - 70 kg person (V)	1442.161
Tolerable Touch Voltage - 50 kg person (V)	1065.546
Touch Voltage (V)	19082.535
Tolerable Step Voltage - 70 kg person (V)	4279.211
Tolerable Step Voltage - 50 kg person (V)	3161.710
Step Voltage (V))	4944.845
Total length of the conductor (m)	50.288
Total number of rods	6



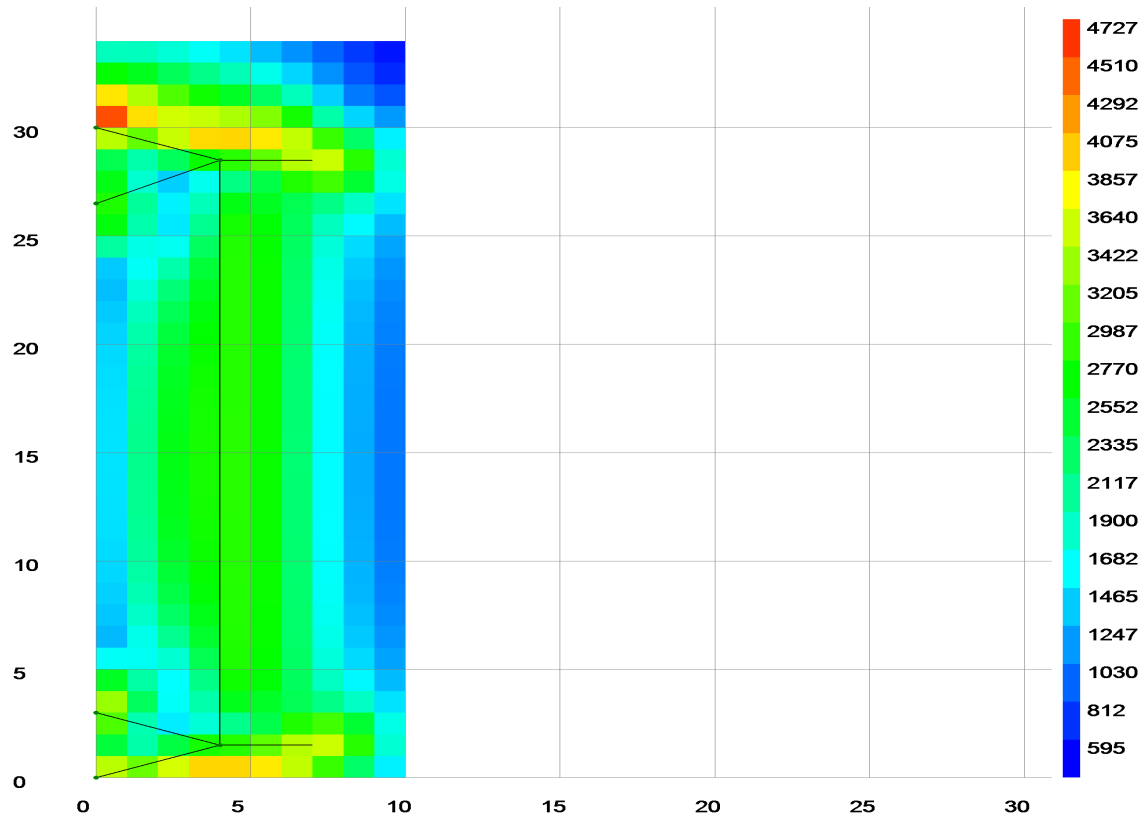
Grid 3D



Touch2D voltage



Step2D voltage



General Data

Project Name	CP2911 FEXAR - 3 Electrodos - Poste
Upper layer resistivity (Ohm_m)	387
Lower layer resistivity (Ohm_m)	331
Upper layer thickness (m)	2.5
Crushed rock resistivity (Ohm_m)	2000
Thickness of crushed rock surfacing (m)	0.2
Fault duration (s)	0.1
Maximum ground fault current (A)	4000
Remote Current Contribution (%)	100
System Frequency (Hz)	60

Horizontal Conductors

Name	X1(m)	Y1(m)	X2(m)	Y2(m)	h(m)	R(m)
C1	0	0	3	1.5	0.6	0.04
C2	3	1.5	0	3	0.6	0.04
C3	3	1.5	3	5	0.6	0.04
C4	3	1.5	4.5	-1	0.6	0.04
C5	4.5	-1	12.1	-4.1	0.6	0.04
C6	12.1	-4.1	16	-4.1	0.6	0.05
C7	16	-4.1	16	0	0.6	0.05
C8	16	0	21	0	0.6	0.05
C9	21	0	21	-4	0.6	0.05
C10	21	-4	25.5	-4	0.6	0.05
C11	25.5	-4	25.5	-5.5	0.6	0.05
C12	25.5	-5.5	29	-5.5	0.6	0.05
C13	29	-5.5	30.5	3	0.6	0.05
C14	30.5	3	31	7.5	0.6	0.05
C15	31	7.5	29	10	0.6	0.05
C16	31.7	1.3	32.7	3.1	0.6	0.05
C17	31.7	1.3	30.5	3	0.6	0.05
C18	12.1	-4.1	12.1	-1.1	0.6	0.05
C19	25.5	-4	25.5	-1	0.6	0.05

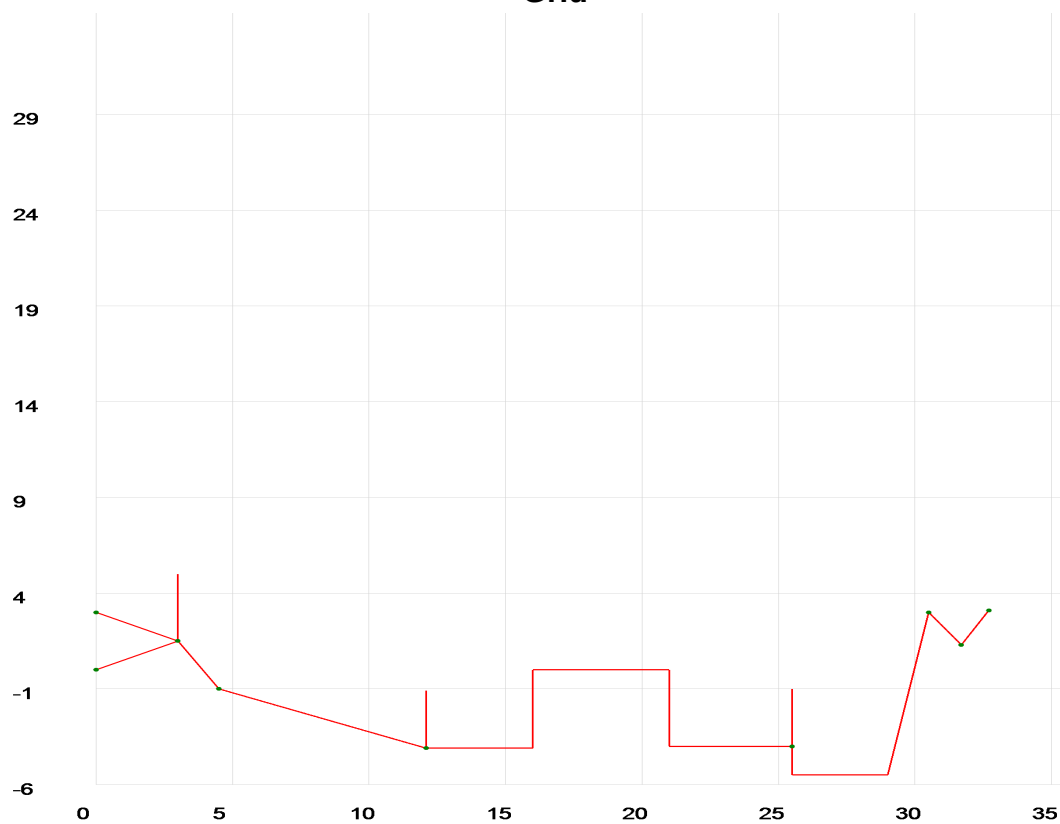
Rods

Name	X(m)	Y(m)	L(m)	h(m)	R(m)
E1	0	0	2.4	0.3	0.07
E1.1	0	3	2.4	0.3	0.07
E1.2	3	1.5	2.4	0.3	0.07
E2	12.1	-4.1	2.4	0.3	0.07
E3	25.5	-4	2.4	0.3	0.07
E4	30.5	3	2.4	0.3	0.07
E4.1	31.7	1.3	2.4	0.3	0.07
E4.2	32.7	3.1	2.4	0.3	0.07
E5	4.5	-1	2.4	0.3	0.07

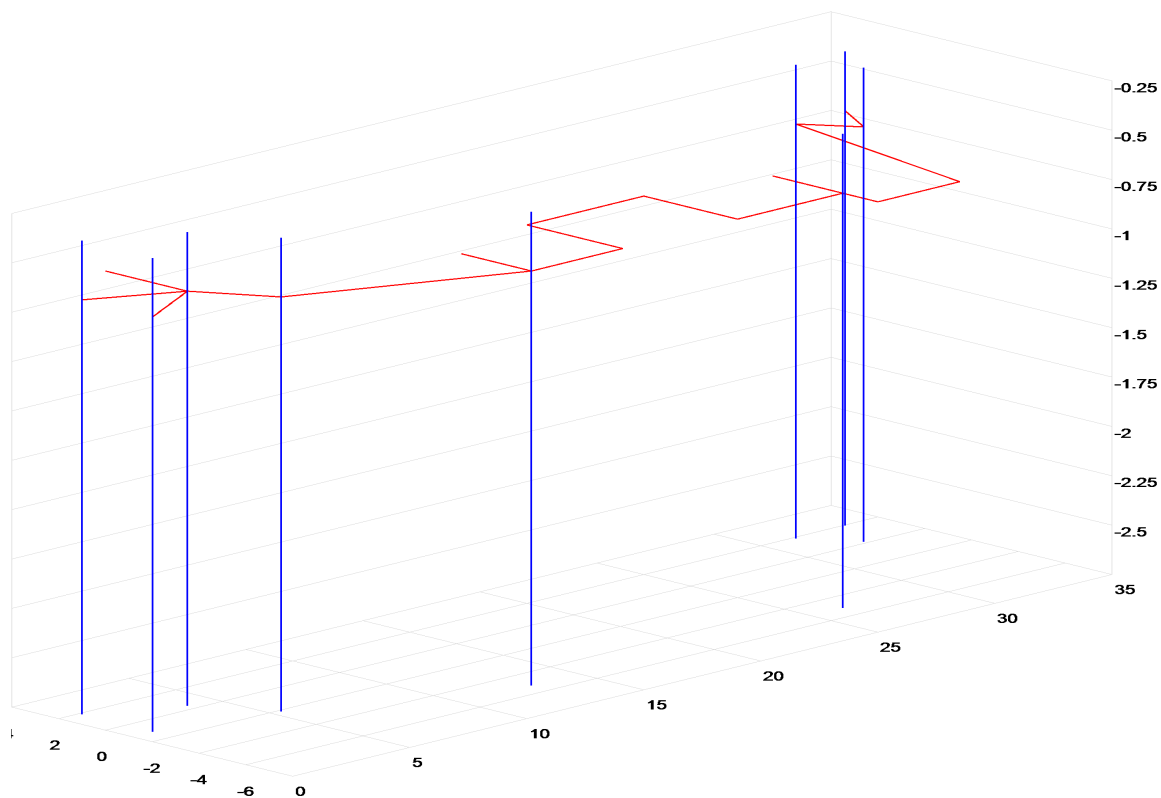
Results

Grounding grid resistance (Ohm)	9.831
Ground Potential Rise GPR (V)	39324.628
Grid Current (A)	4000.000
Fault Current Division Factor Sf	1.000
Tolerable Touch Voltage - 70 kg person (V)	1765.277
Tolerable Touch Voltage - 50 kg person (V)	1304.281
Touch Voltage (V)	26813.495
Tolerable Step Voltage - 70 kg person (V)	5571.674
Tolerable Step Voltage - 50 kg person (V)	4116.651
Step Voltage (V))	7225.200
Total length of the conductor (m)	66.603
Total number of rods	9

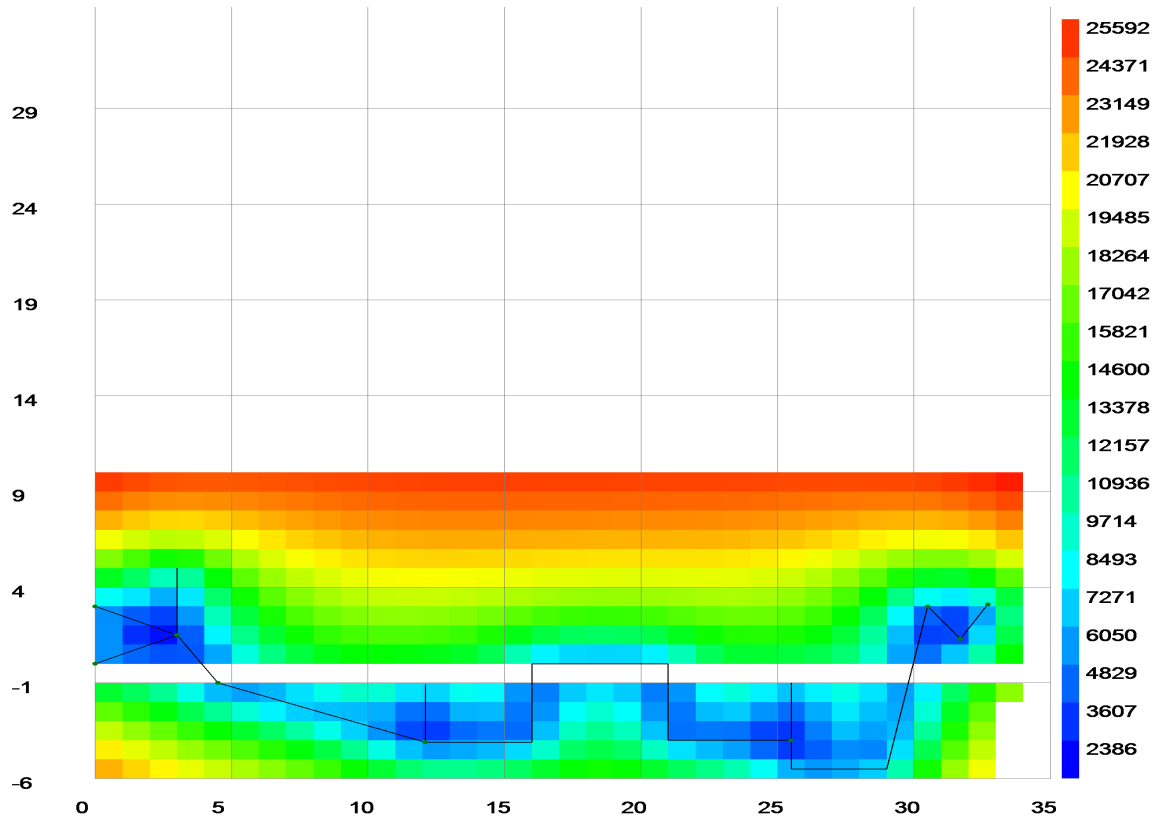
Grid



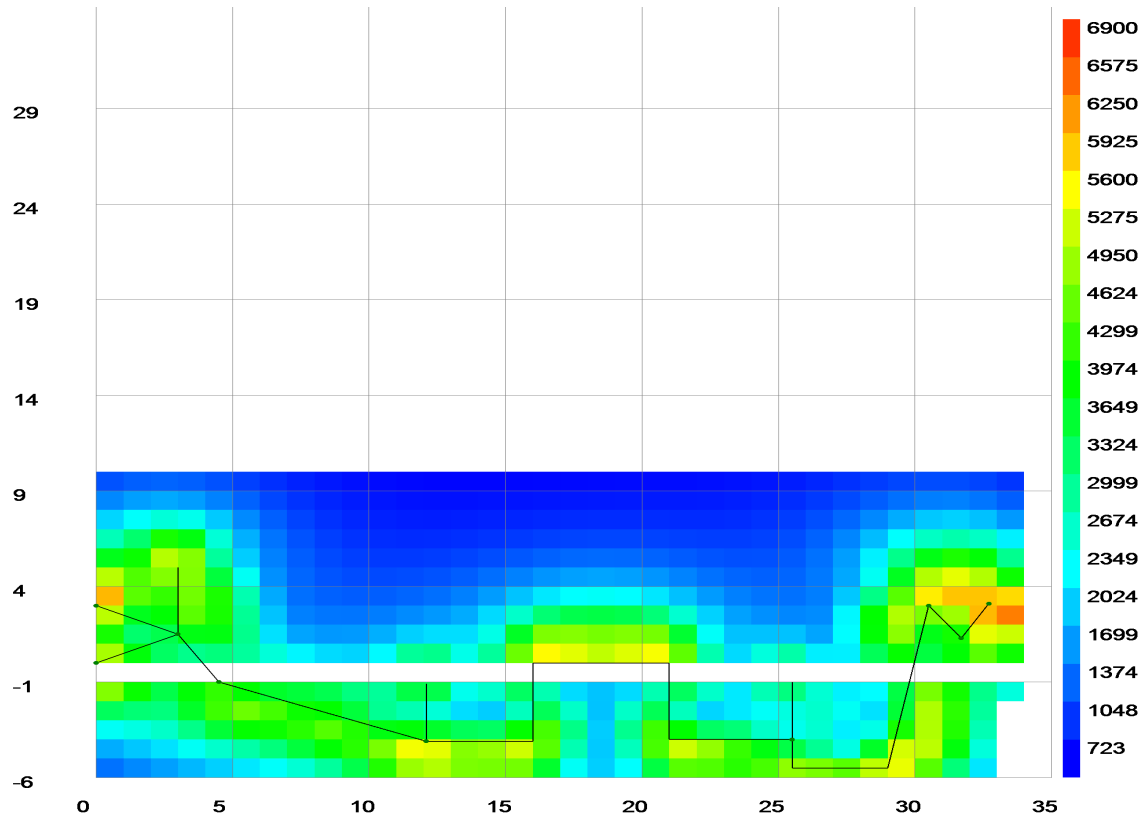
Grid 3D



Touch2D voltage



Step2D voltage



ESOLUTIONS

FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE

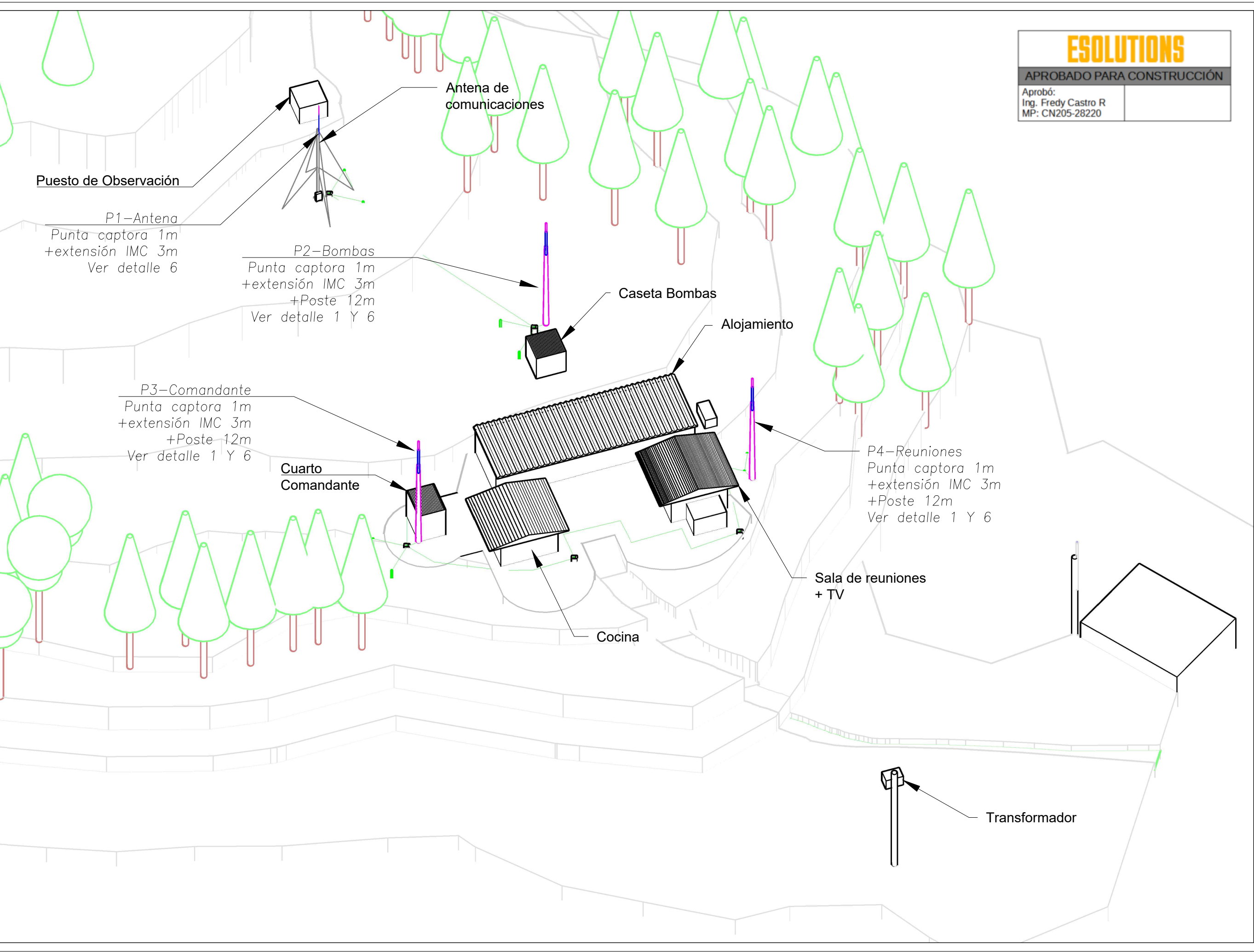
CONTRATO 3-115/2021

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS
(SIPRA) INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

ANEXO 5. Planos para Construcción

CP2911 – 2021

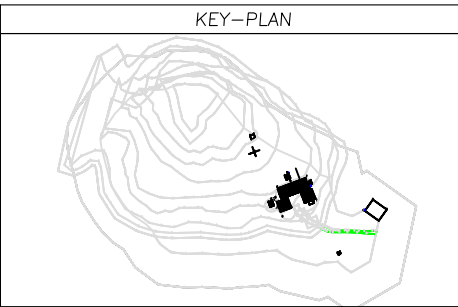
Visítenos en www.esolutions.co



ESOLUTIONS

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

Aprobó:
Ing. Fredy Castro R
MP: CN205-28220



CONVENCIONES

Poste + Pararrayos (ver detalle 1)

Electrodo de puesta a tierra (ver detalle 2)

Px

Poste Nuevo

EL-xx

Electrodo de puesta a tierra

NOTAS

VER NOTA #

VER NOTA 2

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.

2. LA BASE MILITAR CERRO PARAISO SIRVE A LAS INSTALACIONES DE LA FABRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE (FEXAR). EL LEVANTAMIENTO DE ELEMENTOS EXISTENTES CORRESPONDE A VISITA REALIZADA EL 02/11/2021.

3. TODOS LOS POSTES SERÁN DE 12 METROS EN FIBRA DE ACUERDO A NORMA CODENSA ET205.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. Informe de Análisis de Riesgo y medidas para mitigarlo – FEXAR – Base Paraíso	ES21-CP2911-INF-V011
--	----------------------

115	22-11-21	DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN	EDA	FKR	FKR	FKR
111	02-11-21	LEVANTAMIENTO PARA DISEÑO	CPY	FKR	FKR	FKR
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJO	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ

ESOLUTIONS

SOLUCIONES EN ENERGÍA Y DATA CENTERS

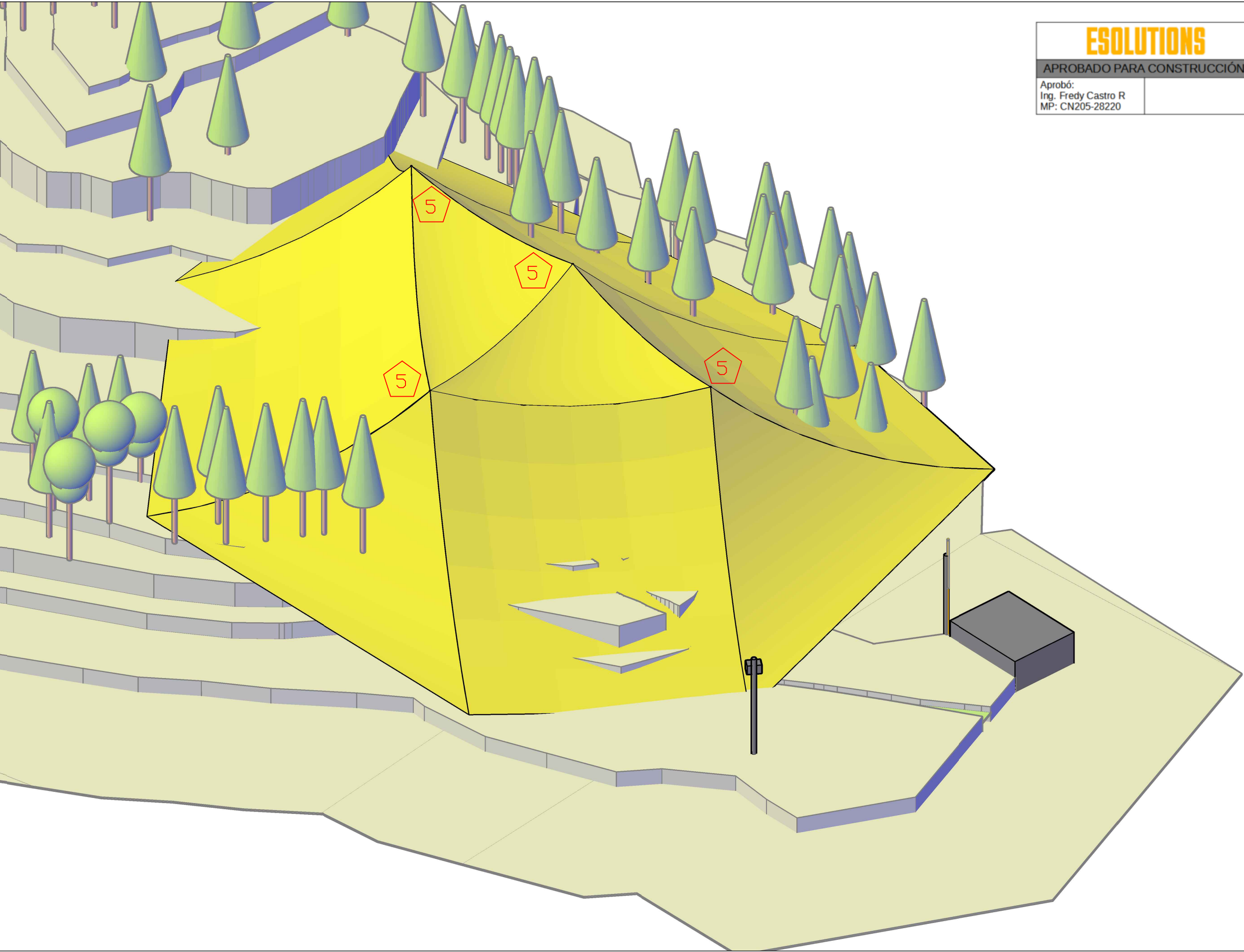
PROYECTO:
ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAISO FEXAR

TÍTULO:
Elementos del Sistema de Protección Contra Rayos (SIPRA) Base Militar Cerro Paraíso – FEXAR

DISEÑO:	F. CASTRO	REVISÓ:	F. CASTRO	APROBÓ:	F. CASTRO
DIBUJO:	D. ÁLVAREZ	FECHA:	22-11-2021	ESCALA:	N/A

NÚMERO DE PROYECTO: CP2911-CONTRATO 3-115/2021

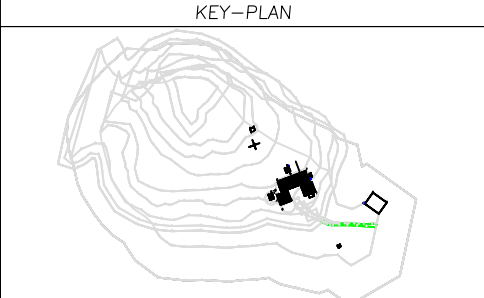
PLANO No	HOJA
ES21-CP2911-SIPRA	1 de 5
	REVISIÓN
	115



ESOLUTIONS

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

Aprobó:
Ing. Fredy Castro R
MP: CN205-28220



CONVENCIONES

Poste + Pararrayos (ver detalle 1)

Electrodo de puesta a tierra (ver detalle 2)

Px

Poste Nuevo

EL-xx

Electrodo de puesta a tierra

NOTAS

VER NOTA #

EJEMPLO:

VER NOTA 2

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
- LA BASE MILITAR CERRO PARAISO SIRVE A LAS INSTALACIONES DE LA FABRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE (FEXAR). EL LEVANTAMIENTO DE ELEMENTOS EXISTENTES CORRESPONDE A VISITA REALIZADA EL 02/11/2021.
- LA ARBOUZACION ES INDICATIVA.
- TODOS LOS POSTES SERÁN DE 12 METROS EN FIBRA DE ACUERDO A NORMA CODENSA ET205.
- RADIO UTILIZADO PARA LA ESFERA DE 50 METROS.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. Informe de Análisis de Riesgo y medidas para mitigarlo – FEXAR – Base Paraíso	ES21-CP2911-INF-V011
--	----------------------

115	22-11-21	DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN	EDA	FKR	FKR	FKR	FKR
111	02-11-21	LEVANTAMIENTO PARA DISEÑO	CPY	FKR	FKR	FKR	FKR
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJÓ	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ	

ESOLUTIONS

SOLUCIONES EN ENERGÍA Y DATA CENTERS

PROYECTO:

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAISO FEXAR

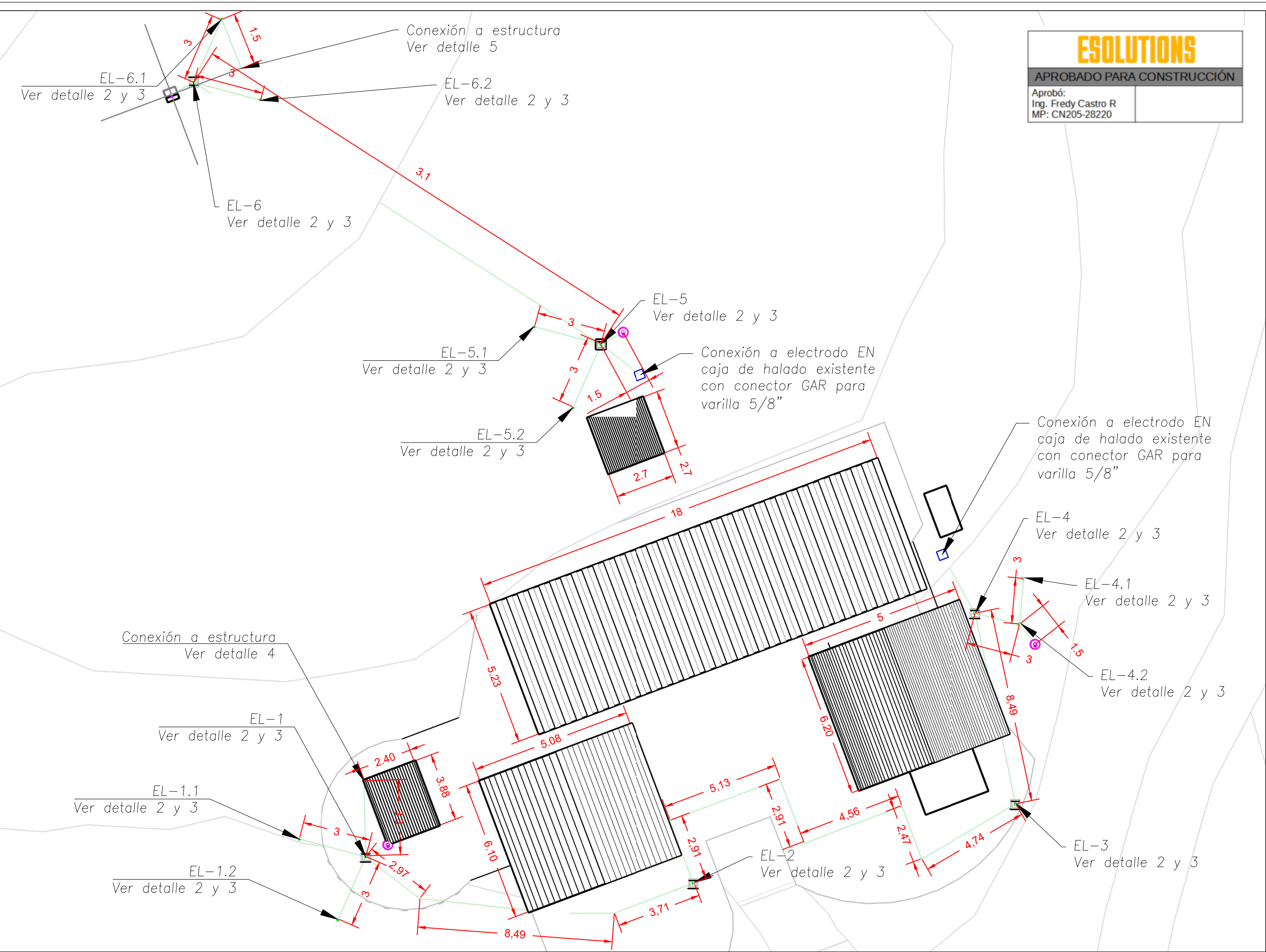
TÍTULO:

Cubrimiento del Sistema de Protección Contra Rayos (SIPRA) Base Militar Cerro Paraíso – FEXAR

DISEÑO:	F. CASTRO	REVISÓ:	F. CASTRO	APROBÓ:	F. CASTRO
DIBUJÓ:	D. ÁLVAREZ	FECHA:	22-11-2021	ESCALA:	N/A

NÚMERO DE PROYECTO: CP2911-CONTRATO 3-115/2021

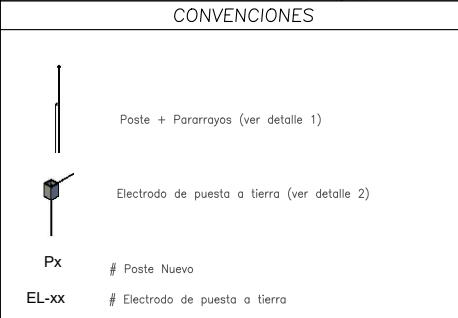
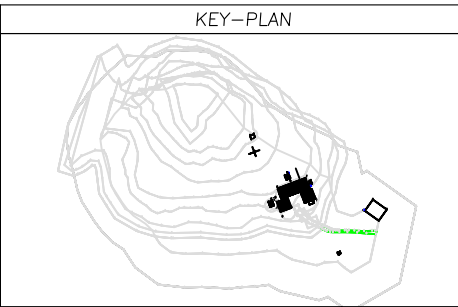
PLANO No	HOLIA
ES21-CP2911-SIPRA	2 de 5
	REVISIÓN
	115



ESOLUTIONS

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

Aprobó:
Ing. Fredy Castro R
MP: CN205-28220



- NOTAS
- VER NOTA # EJEMPLO: VER NOTA 2
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
 - LA BASE MILITAR CERRO PARAISO SIRVE A LAS INSTALACIONES DE LA FABRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE (FEXAR). EL LEVANTAMIENTO DE ELEMENTOS EXISTENTES CORRESPONDE A VISITA REALIZADA EL 02/11/2021.
 - TODOS LOS POSTES SERÁN DE 12 METROS EN FIBRA DE ACUERDO A NORMA CODENSA ET205.
 - TODAS LAS CONEXIONES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA SERÁN EN CALBE 1/0 AWG DESNUDO.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. Informe de Análisis de Riesgo y medidas para mitigarlo – FEXAR – Base Paraíso	ES21-CP2911-INF-V011
--	----------------------

115	22-11-21	DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN	EDA	FKR	FKR	FKR
111	02-11-21	LEVANTAMIENTO PARA DISEÑO	CPY	FKR	FKR	FKR
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJO	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ

ESOLUTIONS
SOLUCIONES EN ENERGÍA Y DATA CENTERS

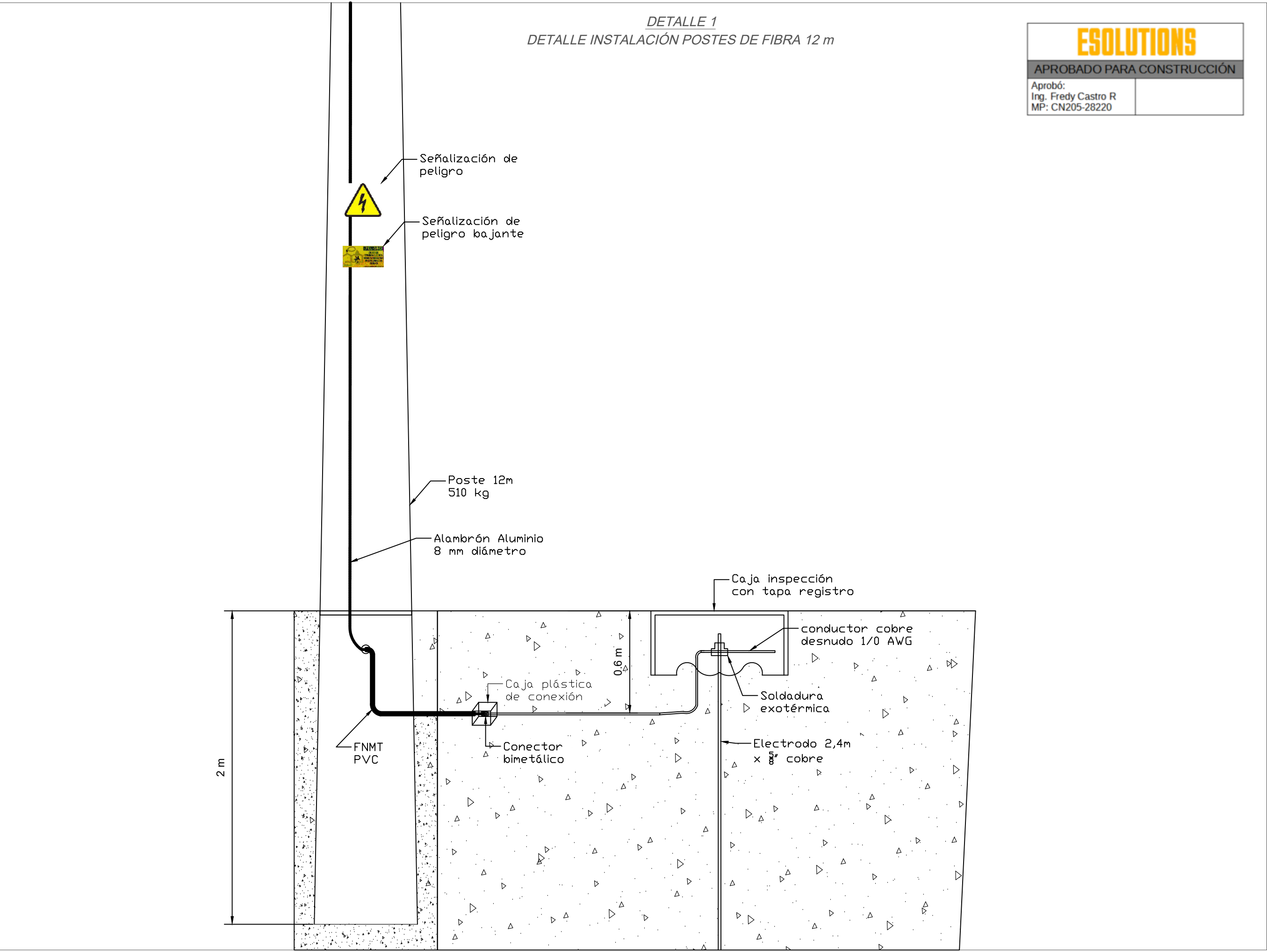
PROYECTO:
ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAISO FEXAR

TÍTULO:
Elementos del Sistema de Puesta a Tierra (SPT)
Base Militar Cerro Paraíso – FEXAR

DISEÑO:	F. CASTRO	REVISÓ:	F. CASTRO	APROBÓ:	F. CASTRO
DIBUJO:	D. ÁLVAREZ	FECHA:	22-11-2021	ESCALA:	N/A

NÚMERO DE PROYECTO: CP2911-CONTRATO 3-115/2021

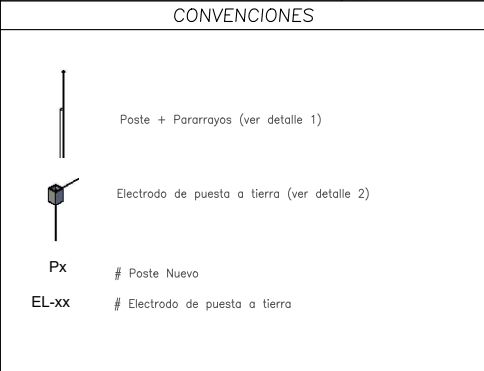
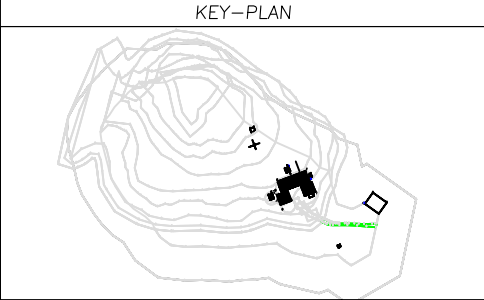
PLANO No	Hoja
ES21-CP2911-SIPRA	3 de 5
	REVISIÓN
	115



ESOLUTIONS

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

Aprobó:
Ing. Fredy Castro R
MP: CN205-28220



- NOTAS
1. VER NOTA # EJEMPLO: 2. VER NOTA 2
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
 - LA BASE MILITAR CERRO PARAISO SIRVE A LAS INSTALACIONES DE LA FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE (FEXAR). EL LEVANTAMIENTO DE ELEMENTOS EXISTENTES CORRESPONDE A VISITA REALIZADA EL 02/11/2021.
 - TODOS LOS POSTES SERÁN DE 12 METROS EN FIBRA DE ACUERDO A NORMA CODENSA ET205.
 - ENTERRAMIENTO DE CONDUCTORES DEBE CUMPLIR NTC 2050 TABLA 300-5.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA							
1. Informe de Análisis de Riesgo y medidas para mitigarlo – FEXAR – Base Paraíso				ES21-CP2911-INF-V011			

115	22-11-21	DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN		EDA	FKR	FKR	FKR
111	02-11-21	LEVANTAMIENTO PARA DISEÑO		CPY	FKR	FKR	FKR
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN		DIBUJÓ	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ

ESOLUTIONS
SOLUCIONES EN ENERGÍA Y DATA CENTERS

PROYECTO:
ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAISO FEXAR

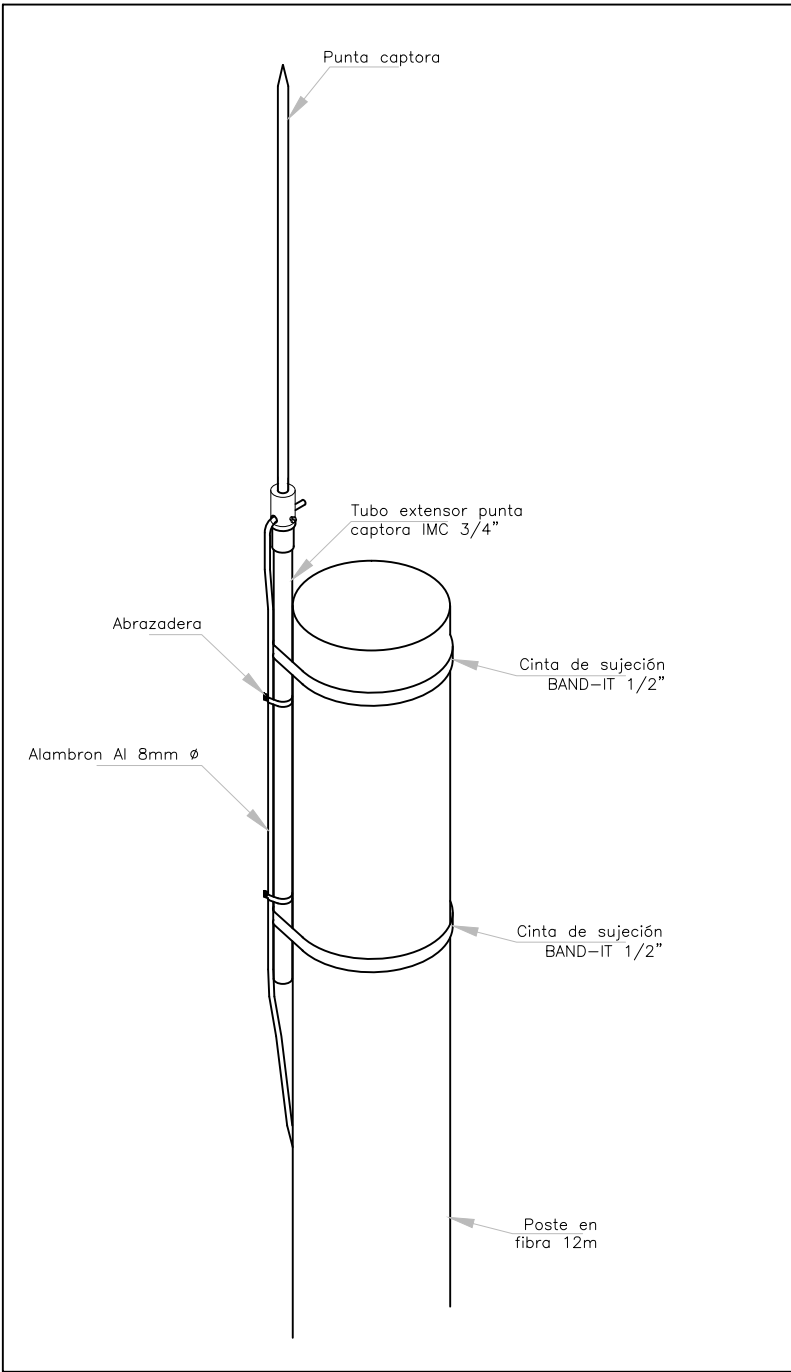
TÍTULO:
Destalles Constructivos del Sistema de Protección Contra Rayos (SIPRA) Base Militar Cerro Paraíso – FEXAR

DISEÑO:	F. CASTRO	REVISÓ:	F. CASTRO	APROBÓ:	F. CASTRO
DIBUJÓ:	D. ÁLVAREZ	FECHA:	22-11-2021	ESCALA:	N/A

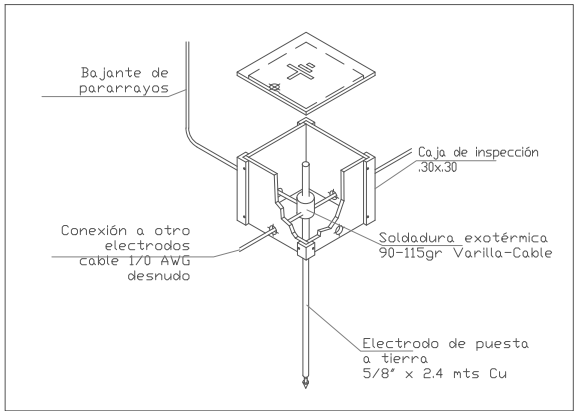
NÚMERO DE PROYECTO: CP2911-CONTRATO 3-115/2021

PLANO No	HOLIA
ES21-CP2911-SIPRA	4 de 5
	REVISIÓN
	115

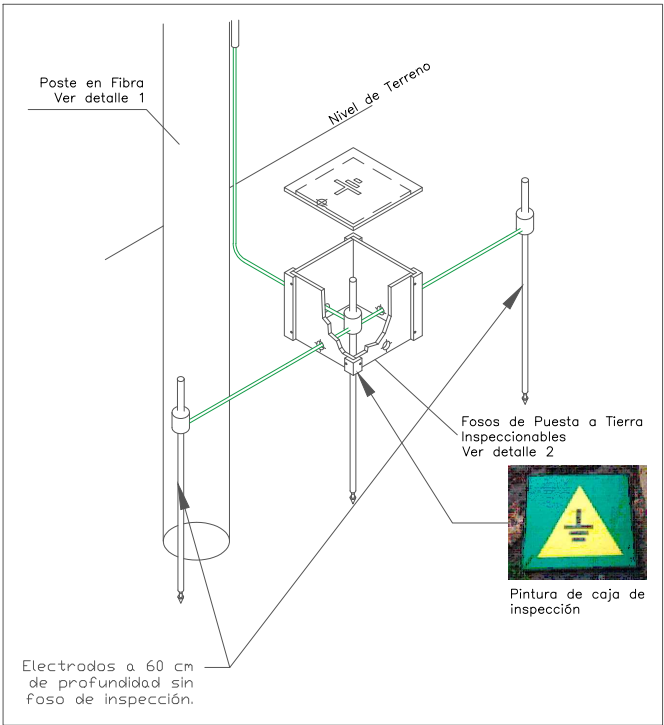
DETALLE 6
FIJACIÓN DE PUNTA CAPTORA EN POSTE 12 m



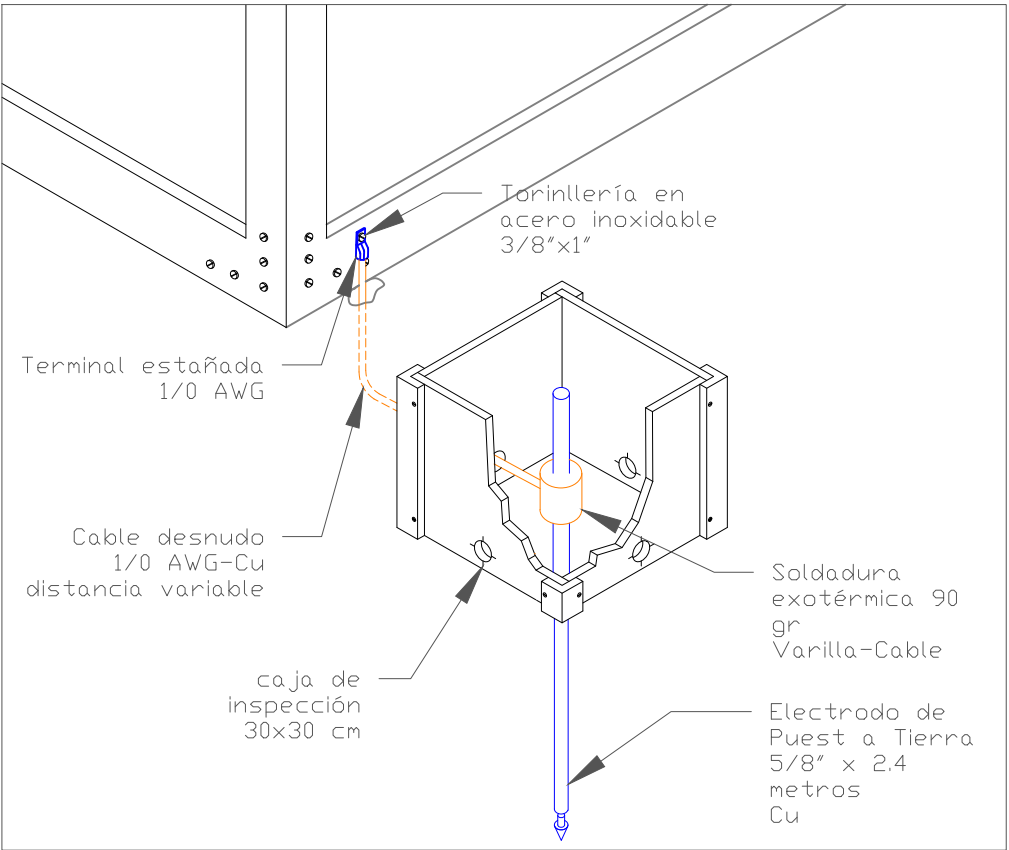
DETALLE 2
ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA
Y CAJA DE INSPECCIÓN



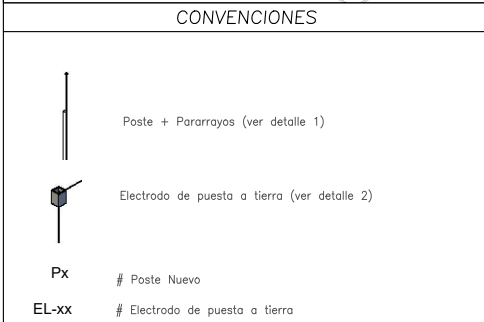
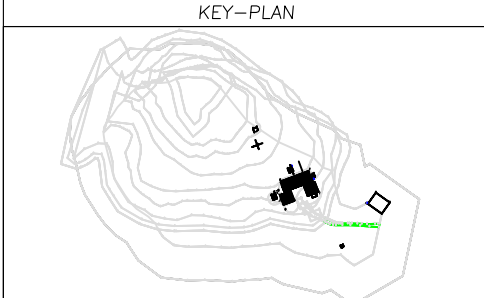
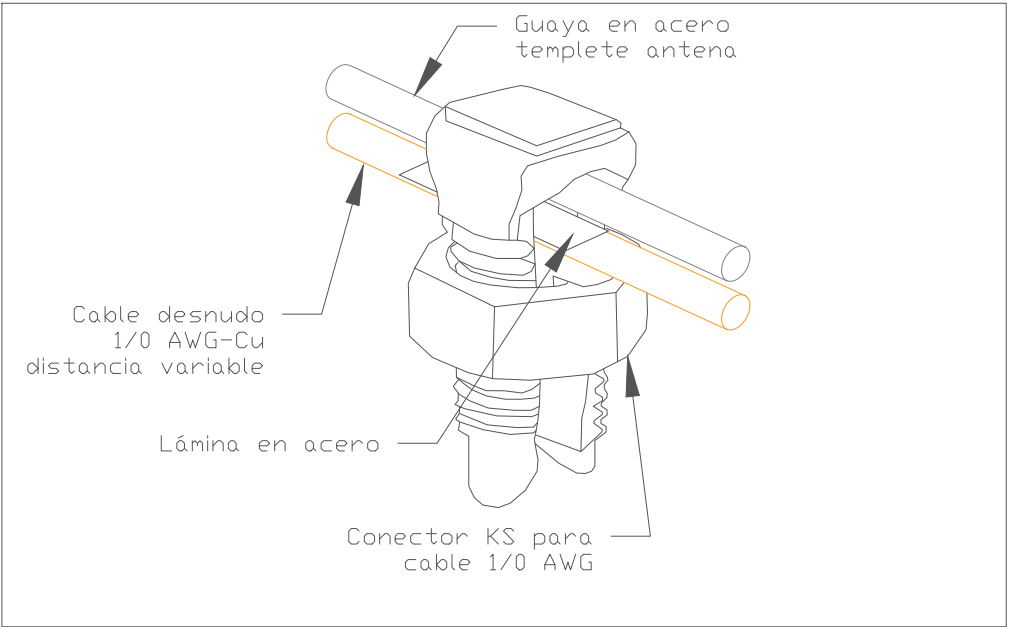
DETALLE 3
CAJAS INSPECCIONABLES



DETALLE 4
Conexión de Estructuras



DETALLE 5
Conexión a Guaya de antena



- NOTAS
1. VER NOTA # EJEMPLO: 2. VER NOTA 2
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
 - LA BASE MILITAR CERRO PARAISO SIRVE A LAS INSTALACIONES DE LA FABRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE (FEXAR). EL LEVANTAMIENTO DE ELEMENTOS EXISTENTES CORRESPONDE A VISITA REALIZADA EL 02/11/2021.
 - TODOS LOS POSTES SERÁN DE 12 METROS EN FIBRA DE ACUERDO A NORMA CODENSA ET205.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. Informe de Análisis de Riesgo y medidas para mitigarlo - FEXAR - Base Paraíso	ES21-CP2911-INF-V011
--	----------------------

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJO	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ
115	02-11-21	DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN	CPY	FKR	FKR	FKR
111	02-11-21	LEVANTAMIENTO PARA DISEÑO	CPY	FKR	FKR	FKR

SOLUCIONES EN ENERGÍA Y DATA CENTERS

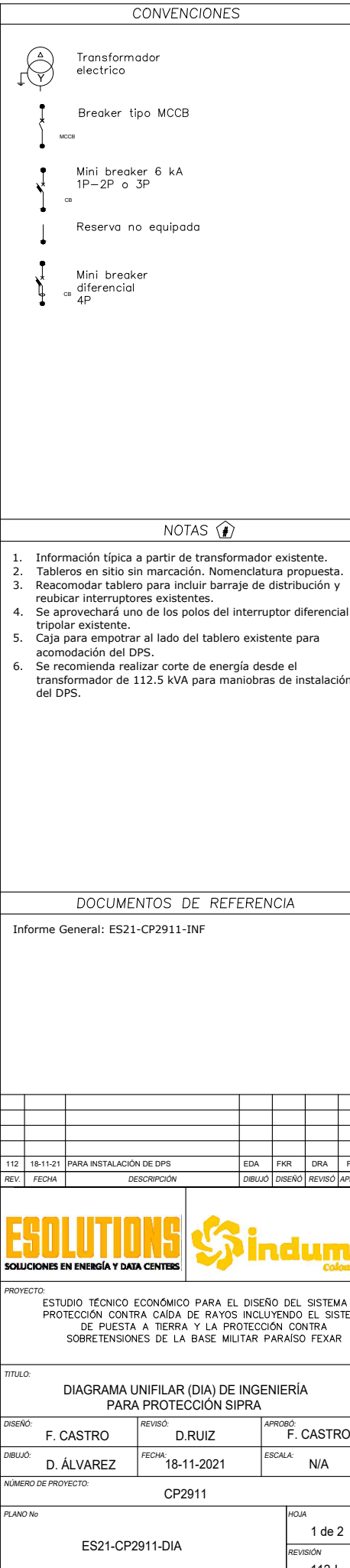
PROYECTO: ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAISO FEXAR

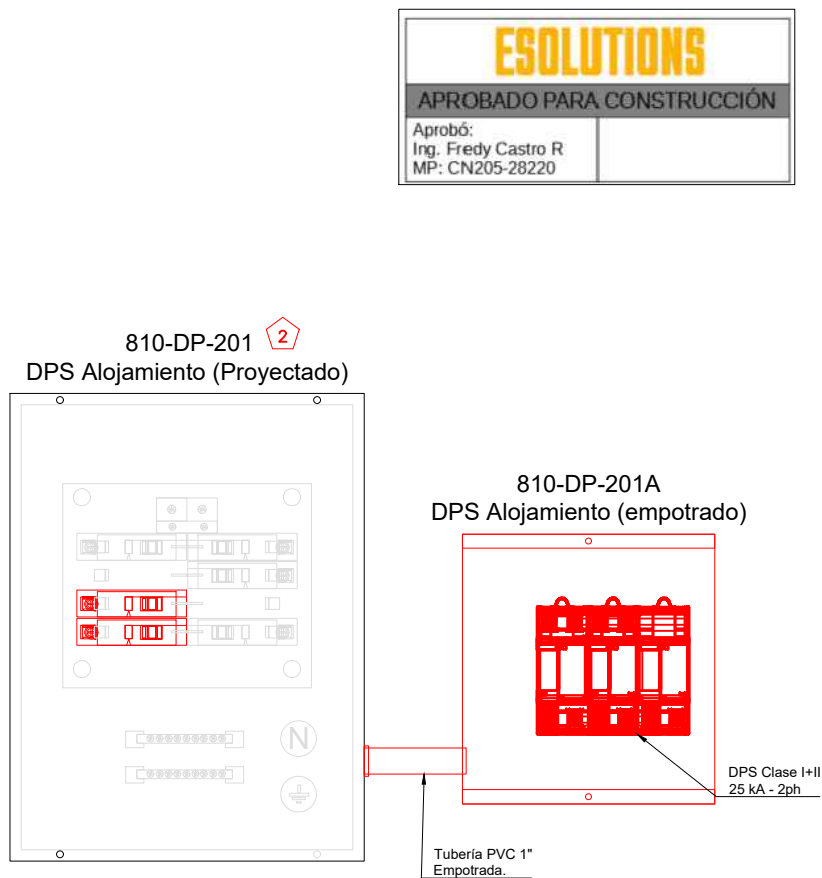
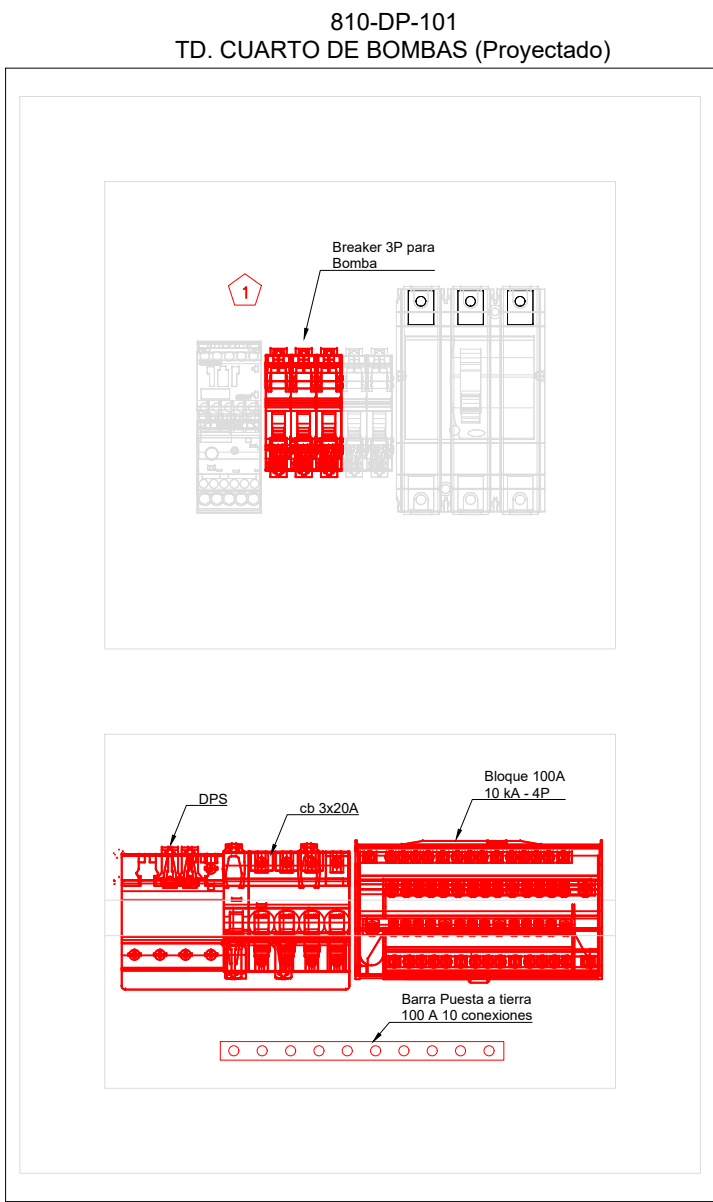
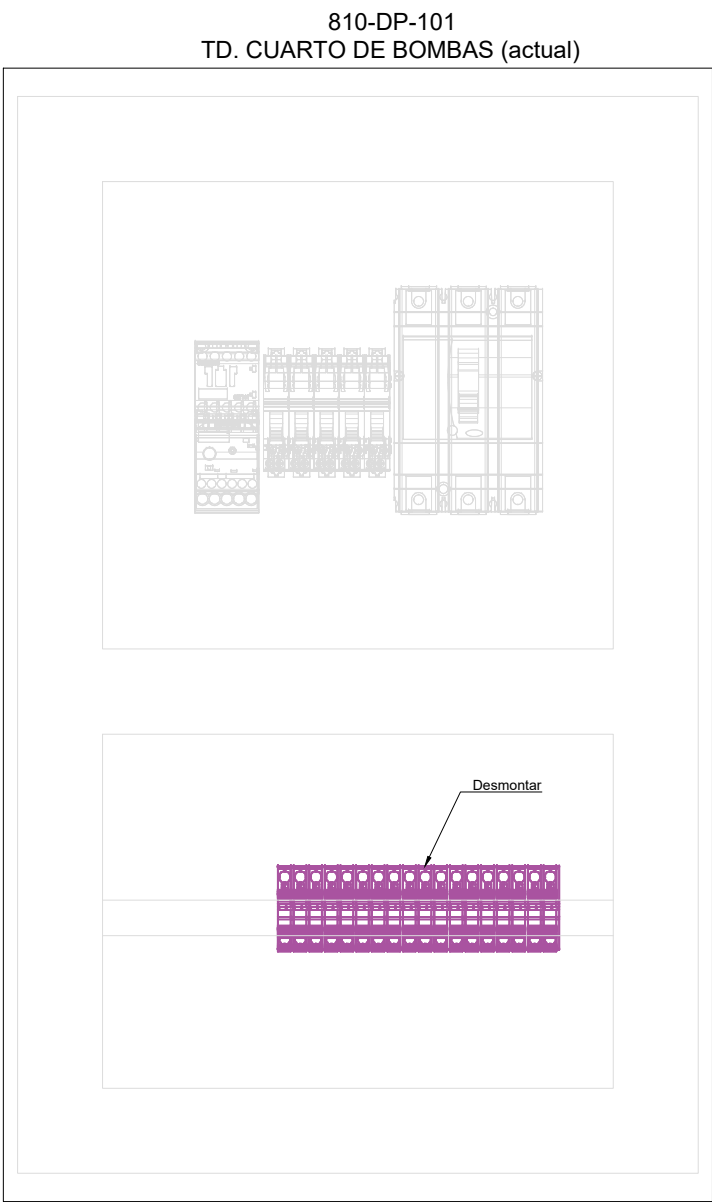
TÍTULO: Destalles Constructivos del Sistema de Protección Contra Rayos (SIPRA) Base Militar Cerro Paraíso - FEXAR

DISEÑO: F. CASTRO	REVISÓ: F. CASTRO	APROBÓ: F. CASTRO
DIBUJO: D. ÁLVAREZ	FECHA: 22-11-2021	ESCALA: N/A

NÚMERO DE PROYECTO: CP2911-CONTRATO 3-115/2021

PLANO No	HOLIA
ES21-CP2911-SIPRA	5 de 5
	REVISIÓN
	115





CONVENCIONES	
	Transformador electrico
	Breaker tipo MCCB
	Mini breaker 6 kA 1P-2P o 3P
	Reserva no equipada
	Mini breaker diferencial 4P

- NOTAS
- El cableado actual del tablero de TD Caseta Bombas se debe reorganizar para permitir instalación nde DPS y demás componentes.
 - DPS del TD Alojamiento debe ser instalado lo más cerca posible del TD actual en tablero empotrado.
 - El DPS en Tablero de Salón TV puede ser instalado al interior reacomodando los espacios en TD existente. La protección del mismo se realizará usando uno de los polos disponibles del diferencial existente.
 - El DPS de TD Cocina se puede instalar al lado izquierdo del tablero actual. Usar tubería EMT con terminales para la canalización de los cables entre el interruptor y el DPS.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Informe General: ES21-CP2911-INF

112	18-11-21	PARA INSTALACIÓN DE DPS	EDA	FKR	DRA	FKR	
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJO	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ	

ESOLUTIONS
SOLUCIONES EN ENERGÍA Y DATA CENTERS

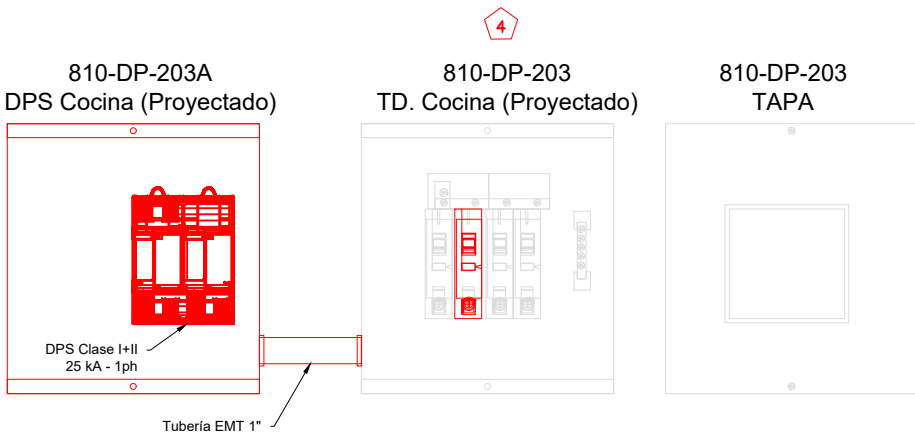
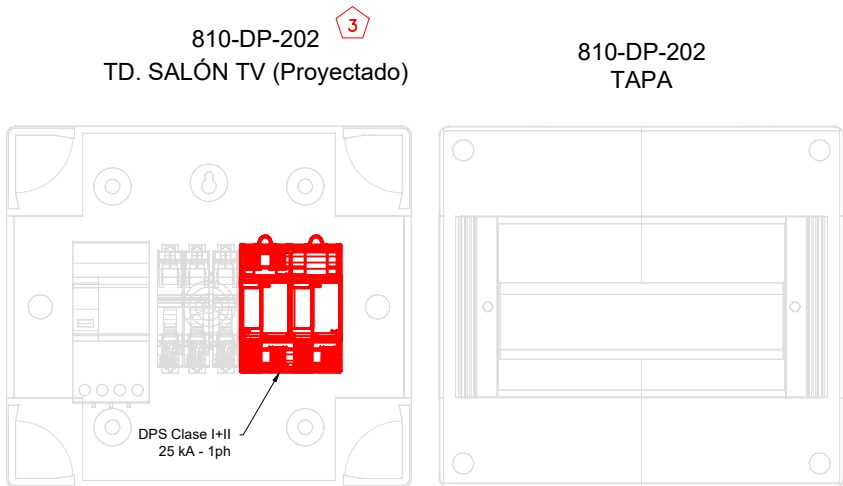
PROYECTO:
ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE LA BASE MILITAR PARAISO FEXAR

TÍTULO:
DETALLES CONSTRUCTIVOS INSTALACIÓN
DPS PARA PROTECCIÓN INTERNA

DISEÑO:	F. CASTRO	REVISÓ:	D. RUIZ	APROBÓ:	F. CASTRO
DIBUJÓ:	D. ÁLVAREZ	FECHA:	18-11-2021	ESCALA:	N/A

NÚMERO DE PROYECTO: CP2911

PLANO No	HQJA
ES21-CP2911-DIA	2 de 2
	REVISIÓN
	112-I



ESOLUTIONS

FÁBRICA DE EXPLOSIVOS ANTONIO RICAURTE

CONTRATO 3-115/2021

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE RAYOS
(SIPRA) INCLUYENDO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Y LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES
DE LA BASE MILITAR PARAÍSO FEXAR

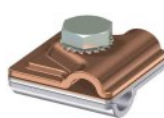
ANEXO 6. Presupuesto para construcción

CP2911 – 2021

Visítenos en www.esolutions.co

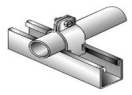
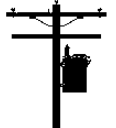
ANEXO 6
LISTADO DE ACTIVIDADES, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Fecha: 18/Nov/2021

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Total	Material
1	Suministro e instalación de alambroón redondo de aluminio diámetro 8mm, para bajantes. Satisface las exigencias de VDE 0185-305 (IEC 62305) y RETIE 16.3.2.	ml	49	\$24.900	\$1.220.100	
2	Suministro e instalación de borna terminal 1/0 AWG estañada certificado para conexión de conductores eléctricos de cobre o aluminio	und	4	\$14.000	\$56.000	
3	Suministro e instalación de abrazadera de cremallera ajustable con tornillo sinfin inoxidable para tubos de 3/4" No. 12	und	16	\$7.900	\$126.400	
4	Suministro e instalación de Punta Captadora de Aluminio redondeada en un extremo, longitud 100 cm, diámetro 16 mm. Incluye extensión 3 m y accesorios de conexión.	und	4	\$489.300	\$1.957.200	
5	Suministro e hincado de poste en poliéster reforzado con fibra de vidrio, carga de operación 204 Kg. Carga de rotura mm 510 Kg (ET205-ENEL) de 12 m con punta captora 100 cm, incluye extensión 3/4" x 3 m y accesorios (bajante en aluminio, caja de inspección, bimetalico) según planos de diseño.	und	3	\$5.251.900	\$15.755.700	
6	Adecuación de SIPRA en mástil de antena existente: punta captora 100 cm, incluye extensión 1" x 3 m y accesorios (bajante en cobre 1/0 AWG) según planos de diseño.	und	1	\$3.538.000	\$3.538.000	
7	Suministro e instalación de electrodo de puesta a tierra 1819-20 BP de 2.4m en Cu	und	14	\$757.500	\$10.605.000	
8	Suministro e instalación de caja de inspección puesta a tierra con tapa 300mm x 300mm, para tráfico peatonal.	und	6	\$480.600	\$2.883.600	
9	Suministro e instalación de soldadura exotérmica 90 gr para las conexiones cable-cable o varilla-cable	und	17	\$75.400	\$1.281.800	
10	Conector universal variable Rd 8-10 bimetalico para uniones en T, cruz y paralelo de conductores redondos, montaje rápido mediante un tornillo 0 de acero inoxidable. Marca Obo Beterman o Dehn.	und	4	\$163.100	\$652.400	

ANEXO 6
LISTADO DE ACTIVIDADES, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Fecha: 18/Nov/2021

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Total	Material
11	Suministro e instalación de caja de derivación 114 X 114 X 57 mm, grado de protección IP66, sin halógenos, sin cloro, flúor ni bromo, antinflamable: 650°C o 960°C.	und	4	\$82.200	\$328.800	
12	Suministro y montaje de tubo Conduit galvanizado IMC de 1 pulgada de 3 m para bajante conductor Cobre aislado THHN 1/0 AWG, tubo PVC 1/2", incluye accesorios de fijación a mástil existente	und	8	\$214.100	\$1.712.800	
13	Señalización de precaución eléctrica para bajantes del sistema de apantallamiento ES12-PRY-SEÑAL-APA en lámina de poliestireno y vinilo fotoluminiscente	und	4	\$70.200	\$280.800	
14	Suministro e instalación de tratamiento artificial.	und	14	\$301.400	\$4.219.600	
15	Demolición de pisos concreto hasta 30 cm de profundidad para tendido de puesta a tierra. Incluye acopio de escombros (no incluye disposición final).	ml	15	\$249.400	\$3.741.000	
16	Reconstrucción de placa de concreto luego de instalación de de puesta a tierra con material excavado y concreto 1500 psi	ml	15	\$245.300	\$3.679.500	
17	Suministro e instalación de conductor Cu desnudo 1/0 AWG enterrado en terreno natural a 60 cm. Incluye excavación, llenado con material de excavación y compactación.	ml	200	\$207.500	\$41.500.000	
18	Suministro e instalación de conector mecánico tipo KS27 - 1/0 AWG para conexión de puestas a tierra existentes	und	2	\$238.400	\$476.800	
19	Maniobras de desconexión y reconexión de transformador de 112,5 kVA para permitir la instalación de DPS en tableros eléctricos de la Base, desde cañuelas de alimentación con pértiga, EPP para 15 kV.	Maniobra	2	\$4.500.000	\$9.000.000	
20	Suministro e instalación de caja para instalación de DPS 25x25x10 cm que incluye: Instalación en muro + riel DIN para instalación de DPS + cableado de puesta a tierra.	und	1	\$377.000	\$377.000	
21	Adecuaciones eléctricas de tablero Caseta de Bombas para generar espacio para la instalación de DPS. Incluye: Bloque de distribución (3F+N) 100A - 10 kA, Recableado de elementos internos, barra de puesta a tierra independiente, instalación de breaker 3x30A@10 kA para DPS, identificación RETIE.	global	1	\$4.060.000	\$4.060.000	

ANEXO 6
LISTADO DE ACTIVIDADES, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Fecha: 18/Nov/2021

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Total	Material
22	DPS 25 kA (10/350 us) @ 150V (I+II) – IEC 61643-11 – Nivel de protección <1.5 kV 3F+0 –3 polos, no requiere señalización Para tableros de Caseta Bombas y Tablero de Alojamiento (uno para cada uno). Incluye cableado de conexión.	und	2	\$7.401.800	\$14.803.600	
23	DPS 25 kA (10/350 us) @ 150V (I+II) – IEC 61643-11 – Nivel de protección <1.5 kV (1F+0) para tableros de Cocina y Salón TV – uno para cada uno. Incluye cableado de conexión.	und	2	\$2.984.520	\$5.969.040	
24	DPS 20 kA (8/20 us) @ 150V (II) – IEC 61643-11 – Nivel de protección <0.5 kV para tablero de pie de poste antena. Incluye cableado de conexión.	und	1	\$1.075.760	\$1.075.760	
25	Pruebas de puesta en marcha (continuidad, resistencia de puesta a tierra y elaboración de protocolos de medición de los elementos que componen al sistema de protección contra rayos finalmente implementado) con telurómetro con certificado de calibración menor a un año y elaboración de dossier de construcción que incluye: especificaciones de materiales, memorias de cálculo, planos as-built de los finalmente construido firmado por Ingeniero Electricista a cargo.	global	1	\$3.132.000	\$3.132.000	
VALOR PRESUPUESTAL					\$132.432.900	