

**ANEXO D**  
**KIT DE PARARRAYOS**

**ANEXO D1**  
**ESPECIALIDAD DE ELÉCTRICAS**  
**KIT DE PARARRAYOS**

# KIT DE PARARRAYOS (PDC) PAR-1

KIT DE PARARRAYOS (PDC)	
<b>Descripción:</b>	Sistema de protección de los módulos prefabricados ante descargas eléctricas atmosféricas.
<b>Composición:</b>	<p>El sistema de pararrayos está compuesto por los siguientes componentes principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cabezal o pararrayos con dispositivo de Cebado tipo PDC.</li> <li>- Pozos de puesta a tierra, firmemente enlazados, con una resistencia de aterramiento menor de 5 ohm.</li> <li>- Cable de bajada de cobre desnudo de sección 50mm<sup>2</sup> (sección mínima).</li> <li>- Poste metálico de acero o fierro sección variable. 13m, de sección circular.</li> <li>- Mástil de fierro galvanizado de 2" para soporte de pararrayos (empernado).</li> <li>- Accesorios de conexión y fijación (grapa de fijación de Nylon).</li> <li>- Contador de descargas (mínimo 999 descargas).</li> <li>- Seccionador en caja (conexión y desconexión).</li> <li>- Grapas de fijación de Poliamida o Nylon para cable de bajada (abrazaderas Clevis Hanger o similar - elementos especiales para cables de descarga de rayos).</li> <li>- Cerco de malla electro soldada en el perímetro de pararrayos para protección y seguridad. Cimentación del poste multi sección (referencial).</li> <li>- Aterramiento de estructura metálica (al nivel del suelo).</li> </ul> <p><b>NOTA:</b> El cable de recorrido horizontal que llega a los pozos a tierra debe ir enterrado como mínimo 0.60 m de profundidad en todo su recorrido.</p>
<b>Características:</b>	<p><b>EN LA ETAPA DE INFORMES DE INGENIERÍA:</b></p> <p>El desarrollo del sistema de pararrayos correrá por parte del contratista, como una sección del documento de Ingenierías Eléctricas, de acuerdo a lo indicado en el <b>numeral 5.6.2 Informe de Ingenierías</b>.</p> <p>Para la protección contra descargas atmosféricas (rayos) se utilizará un sistema compuesto por: Pararrayos con Dispositivo de Cebado del tipo libre mantenimiento - No Electrónico.</p> <p>El contratista deberá desarrollar el sistema de protección contra rayos, adjuntando planos, detalles, metrados, catálogos, fichas técnicas, materiales, especificaciones técnicas y recomendaciones, de acuerdo a las normas vigentes. Se deberán adjuntar los certificados de calidad de los equipos.</p> <p>La estructura del pararrayos debe ser pintada con colores blanco y rojo por tramos de (para ser instalada en estructura galvanizada).</p> <p><u>Características generales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• País de Origen.</li> <li>• Tipo de Pararrayo – No Electrónico.</li> <li>• Vida Útil Mínimo de Pararrayo de 25 años.</li> <li>• Eficacia en descarga de rayos del 100%.</li> <li>• Pararrayo Libre de Mantenimiento.</li> <li>• Material del pararrayos será de Acero Inoxidable AISI 316L.</li> <li>• Cumplimiento de las siguientes Normas Internacionales IEC, UNE, NFC.</li> <li>• Altura de aplicación: 13m.</li> <li>• Radio de Protección Mínimo de 90m.</li> </ul> <p>Cumplimiento del Producto en condiciones extremas de temperatura.</p> <p>Cumplimiento del Producto del Pararrayos por funcionamiento en condiciones extremas del Medio ambiente como polución, polvo atmosférico, nieve, brindar capacidades técnicas de montaje. (El cable de debe ser enterrado 0.60m como mínimo para evitar el congelamiento).</p> <p>EL CONTRATISTA deberá presentar , Protocolos de Prueba a los que han sido sometidos el pararrayos y accesorios externos e internos en un Laboratorio certificado y avalado por IEC, (en idioma español) de acuerdo a las Normas Internacionales IEC 62561-1:2017 y UNE 21186 Anexo C: 2011, NF-C17.102 - Anexo C: 2011, si los mencionados certificados están en un idioma diferente al español, el contratista tendrá que presentar la traducción oficial detallada en español ,realizada por la embajada correspondiente o equivalente de los certificados de pruebas del equipo y pieza de que ha sido sometidos los pararrayos.</p> <p>El dispositivo pararrayos deberá cumplir con todos los protocolos de pruebas descritos en las Normas Internacionales UNE 21.186:2011 Anexo C: 2011, NF-C17.102:2011 - Anexo C: 2011</p>

**ESTRUCTURA PRINCIPAL:** Torre metálica de tipo multi sección, el cual permita minimizar el espacio de montaje y un fácil mantenimiento (la altura de instalación del pararrayos es de 13m), ver memoria calculo estructuras y planos estructurales del kit de pararrayos.

Todas las uniones debidamente arriostradas y sus aletas como se indican en los detalles constructivos.

**NOTA:** La instalación del poste y anclajes deben estar rigurosamente nivelados para su correcto funcionamiento.

Al momento de instalar el último tramo de la torre se debe utilizar apoyos de sogas y contrapesos para la correcta instalación (maniobras).

#### CERCO PERIMÉTRICO:

- La estructura multi sección del Pararrayos está protegido por un cerco perimétrico de forma cuadrada de malla electro soldada galvanizada con cocos (cocada) de 1"x1' y altura de 1.70 m (El cerco se instalara a 0.10 metros del piso o terreno firme, haciendo una altura total a partir del suelo de 1.80 m, como se visualizan en los detalles). Las mallas deben estar firmemente sujetas mediante pernos y/o grapas la estructura principal de 4"x4".
- Para la cimentación del cerco de protección perimétrico del sistema de pararrayos, se cavara cinco (05) fosas donde se instalaran cimentaciones de 0.40x0.40x0.60m (según podio tipo 2) para la colocación de cinco (05) tubos de 4"x4"x2.0mm de espesor, de las cuales cuatro (04) son las almas principales y van ubicadas en cada vértice o esquina y una (01) adicional instalado en la puerta de acceso de 0.90 m de ancho, 1.70m de altura que estará equipado con bisagra candado y picaporte. Los cuales deben ser instaladas debidamente niveladas.
- Las partes del cerco deberán contener pernos y orejas de fijación debidamente soldadas y con un buen acabado sin partes filudas o cortantes.
- Llevará refuerzos cuadrados de 1"x1"x 2.0mm de espesor del tipo cuadrado galvanizada, en los lados superior, inferior, verticales cada 1m como máximo de espaciamento.
- Las tuberías deben ser del tipo fierro galvanizado en caliente bajo Norma ASTM-A123.
- Las mallas del cerco deben estar debidamente cortadas y niveladas, no debe presentar partes filosas o con malos acabados.

#### PIEZA DE ADAPTACION PARARRAYOS A MASTIL

- Fabricada en aleación de Cu/Zn (latón).  
Tornillería de acero inoxidable.  
Fácil montaje.  
Seguridad de fijación mediante 2 tornillos M8.  
Resistencia a la corrosión y durabilidad garantizada, gracias a la utilización de materiales como latón y acero inoxidable
- Para cable de cobre de 50mm2 como mínimo.

#### CONTADOR DE DESCARGAS ATMOSFERICAS

- El contador de descargas es un equipo diseñado para detectar los impactos de los rayos en las instalaciones de protección externa contra rayos (puntas captadoras, pararrayos PDC, sistemas pasivos Etc.).
- La instalación de contadores de rayos en las bajantes está indicada en las normas UNE 21.186:2011, NFC 17-102:2011 y IEC 62561-6:2018, para permitir el control y verificación inmediata del estado de la instalación de protección después de cualquier impacto de rayo. "Un sistema de protección contra rayos ha de ser verificado después de cualquier impacto de rayo registrado en la estructura"

#### Características técnicas:

- Forma de Onda: 1KA (8-20µs) / 100KA (10 - 350 µs)
- Intensidad mínima de registro: 0.5 KA.
- Intensidad máxima de registro: 100 KA.
- Grado de protección: IP 65.
- Numero de descargas máximas: 999.
- Montaje: Serie con el cable de bajada.

- Libre de mantenimiento, sin batería.

#### SECCIONADOR DE CAJA

- Su función principal es la obtener una buena conexión y desconexión de manera segura, al cable de bajada vertical de la cabeza del pararrayos. Con la finalidad de tener una manipulación segura de las conexiones. Al existir una buena conductividad eléctrica, existe una buena disipación al terreno en caso de rayos.  
Calibre mínimo: 50 mm<sup>2</sup>, de sección.

#### Dimensiones referenciales:

- Alto: 160mm
- Ancho: 120mm
- Prof: 80mm.

#### Características técnicas:

- Caja de PVC resistente a la intemperie - grado de protección: IP 65.
- Altura de Instalación: 0.30m.
- Montaje: Serie con el cable de bajada (conexión segura).
- Manguito de conexión fabricado de aleación de Cu/Zn con tornillería de acero inoxidable.
- Cumplimiento de Norma: IEC 62561-1:2017

#### GRAPA PARA FIJACION DE CABLE – POLIAMIDA O NYLON

- Las Grapa de Poliamida o Nylon, Latón (Cumplir con norma IEC 62561-4:2017), para fijar conductor de bajada de cable del tipo redondo para 50mm<sup>2</sup>.
- Abrazaderas para fijación de conductores de 50mm<sup>2</sup> de sección, para elementos de sección redondas.
- Facilita la instalación y conexionado en el sistema de protección externa contra rayos y el sistema de puesta a tierra.
- El número de grapas mínimas a utilizar serán 3 unidades por metro según norma UNE 21186:2011 (Apartado 5.3.3)
- Se debe considerar una fijación mediante Clevis Hanger o elemento similar que tenga una adecuada fijación y separación de 10 cm como mínimo con respecto al mástil y la bajada del cable vertical.

#### CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE BAJADA DE PARARRAYOS A POZOS

- Los conductores desnudos son aplicables para instalaciones de puesta a tierra y disipar de manera homogénea las descargas eléctricas, en este caso las descargas atmosféricas.
- Son Conductor de cobre electrolítico de 99.99% de pureza mínima, recocido, temple blando. Solido cableado concéntricamente. Serán de 19 hilos y de 50mm<sup>2</sup> (pozo de tierra) y 19 hilos y de 50mm<sup>2</sup> (descarga de pararrayos).
- Cuenta con alta resistencia a la corrosión en zonas con atmosferas salinas y zonas con humos y vapores corrosivos o fríos.
- Deben ser fabricados según las normas NTP 370.251.
- Cobre temple blando.
- Temperatura en el conductor: 75 °C.
- Velocidad del viento: 2Km/h.

#### TUBERÍAS DE PVC-P.

Fabricados a base de la resina termoplástico policloruro de vinilo pesado (PVC-P) no plastificado, rígido resistente a la humedad y a los insumos o condiciones químicas, retardantes de la llama, resistentes al impacto, al aplastamiento y a las deformaciones provocadas por el calor en las condiciones normales de servicio y, además resistentes a las bajas temperaturas, de acuerdo a la norma ITINTEC N° 399.006.

De sección circular, de paredes lisas. Longitud del tubo de 3.00 m., incluida una campana en un extremo. Se clasifican según su diámetro nominal en mm.

Las propiedades físicas de los ductos de PVC a 24° C son:

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 14.06.2021 21:07:34 -05:00

	<p>Peso Específico : 1,44 kg/cm<sup>2</sup> Resistencia a la Tracción : 500 kg/cm<sup>2</sup> Resistencia a la Flexión : 700/900 kg/cm<sup>2</sup> Resistencia a la Compresión : 600/700 kg/cm<sup>2</sup> Espesor mínimo : 3 mm</p> <p><b><u>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Las dosis y componentes de los sistemas de puesta a tierra dependen de la resistividad del terreno. El sistema está constituido por tres (03) Unidades de puesta a tierra los cuales pueden ser horizontales o verticales según las condiciones del terreno y que sus mediciones en conjunto menor o igual a 5 Ohmios.</li><li>- Para el sistema se debe considerar los siguientes componentes que se mencionan a continuación:</li><li>- El sistema de puesta a tierra está constituido por una varilla de cobre de ¾" Ø x 2.4m de sección circular, cobre electrolítico de 99% de pureza, el cual será enterrado en una fosa de 1x1x3m de profundidad con un cable de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup> instalado en forma paralela a la varilla de cobre ¾"Ø x 2.40 m, el cable tendrá una longitud mínima de 3.0 metros. (La instalación se hará en ambos lados del electrodo vertical) y será fijado por medio de grapas y/o conectores de cobre, en cada extremo del electrodo (superior e inferior).</li><li>- Las grapas y conectores serán como mínimo dos (02) Unidades de cobre zincado, dos grapas al comienzo y uno al final de la varilla (como se muestra en los planos de detalle).</li><li>- Conector de cobre electrolítico para fijar cable de interconexión entre pozos.</li><li>- Caja de registro de concreto con tapa, según Código Nacional de Electricidad.</li><li>- Cemento conductivo, sales químicas, bentonita, etc.</li><li>- Cable de interconexión de 50mm<sup>2</sup> de cobre desnudo. (El modo de conexión se muestra en los planos. Del pozo más cercano al pararrayos se hará la conexión del cable de subida).</li><li>- Soldadura exotérmica (molde de grafito, tenazas soporte y soldadura).</li><li>- Tierra vegetal o tierra de cultivo debidamente cernida y sin pedrones.</li><li>- El pozo a tierra debe contener elementos químicos considerados del tipo cero mantenimientos.</li><li>- El contratista debe suministrar todos los elementos del sistema de puesta a tierra, componentes del pozo, tierra de cultivo o chacra, bentonita sódica, cemento conductivo, sales químicas, agua, tubería de PVC, pisón de concreto, etc.</li><li>- Por encima de sistema de puesta a tierra del Kits de pararrayos ira cubierto de una grava de 20cm de espesor, como media de protección en tensiones de paso.</li><li>- El cruce del cable bajante del pararrayos con el cerco perimétrico se protegerá mediante un tubo de PVC-P de 3 mm espesor como mínimo.</li><li>- Si el cruce de los Sistemas de puesta a tierra de los módulos educativos y el kit de pararrayos es menor o igual a 5 metros, estos se conectarán entre si con soldadura exotérmica o enlaces equipotenciales.</li></ul> <p><b><u>Nota: El contratista debe instalar correctamente los pararrayos en cada Institución Educativa garantizando la protección total de los módulos prefabricados ante descargas eléctricas atmosféricas.</u></b></p>
<b>Condiciones:</b>	<p>La ingeniería eléctrica y protocolos deberá ser visada por un Ingeniero Electricista habilitado y/o Ingeniero Mecánico Electricista colegiado CIP y habilitado.</p> <p>Cumplimiento del funcionamiento del producto en condiciones extremas de temperatura, y del medio ambiente como polución, polvo atmosférico, nieve.</p> <p>El Equipo de pararrayos, contador de descargas y seccionador en caja deberá tener una carta de garantía de mínima de <b>cinco (5) años</b>.</p> <p>Todas las estructuras metálicas, poste multi sección, tubos cuadrados, malla y todo lo que conforma el Kit de pararrayos (que sean elementos galvanizados deberán tener una garantía mínima de <b>diez (10) años</b>.</p> <p><b><u>Pruebas de los sistemas de puesta a tierra de los pozos de tierra del sistema de pararrayos:</u></b></p> <p>Código Nacional de Electricidad Utilización - 2006:</p> <p>Sección 060 – puesta a tierra y enlace equipotencial - CNE. – Utilización, NTP 370.053, NTP 370.252, IEEE STD 81 – 2012.</p>

	<p>La resistencia de puesta a tierra del sistema de pararrayos se realizara mediante un Teluometro, dicha resistencia deberá ser menor o igual a cinco (05) Ohm. Las lecturas de los pozos a tierra se deben hacer de manera independiente y luego de manera unificada (los tres pozos conectados entre sí), debiendo presentar un protocolo de puesta a tierra por cada pozo (en total tres) y otro con los tres pozos interconectados entre sí, en su totalidad serian cuatro (04) protocolos de puesta a tierra, y su respectivo certificado de calibración del equipo de medición (no mayor de 1 año de antigüedad).</p>
<b>Normativa:</b>	<p>Se debe de considerar la instalación de pararrayos de acuerdo a la regla 150-500 del Código Nacional de Electricidad –Utilización.</p> <p>Los pararrayos materia de esta especificación cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas IEC, UNE, NF-C, según la versión vigente a la fecha de convocatoria de licitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UNE 21.186:2011: Protección contra el rayo. Pararrayos con dispositivo de cebado.</li> <li>- NFC 17-102:2011: Protección contra rayos - Protección contre la foudre. Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage.</li> <li>- NP 4426:2013: Proteção contra descargas atmosféricas - Sistemas con dispositivo de ionização não radioativo.</li> <li>- IEC 62.305-2:2010 Análisis del riesgo.</li> <li>- IEC 62.561-6:2018 Componentes de protección contra el rayo (CPCR) Parte 6: Requisitos para los contadores de rayos.</li> <li>- IEC 62561-2:2018: Componentes del sistema de protección contra rayos (LPSC) - Parte 2: Requisitos para conductores y electrodos de tierra</li> <li>- IEC 62.561-1:2017 Componentes de protección contra el rayo (CPCR) Parte 1: Requisitos para los componentes de conexión.</li> <li>- IEC 62561-4:2017 Componentes del sistema de protección contra rayos (LPSC) - Parte 4: Requisitos para sujetadores de conductores</li> <li>- Código Nacional de Electricidad Utilización – 2006.</li> <li>- Sección 060 – puesta a tierra y enlace equipotencial - CNE. – Utilización.</li> <li>- NTP 370.053 – Seguridad Eléctrica.</li> <li>- NTP 370.252 – Conductores Eléctricos.</li> <li>- IEEE 81-2012 - Guía IEEE para medir la resistividad de la tierra, la impedancia de la tierra y los potenciales de la superficie de la tierra de un sistema de puesta a tierra.</li> </ul>
<b>Documentos a presentar por el Contratista:</b>	<p>El contratista deberá presentar un Informe del sistema de pararrayo; adjuntando memoria descriptiva, especificaciones técnicas, fichas técnicas, catálogos, planos, detalles, metrados de materiales, especificaciones técnicas de los equipos y recomendaciones, para ser evaluado por la Entidad, de acuerdo a lo indicado en el <b>numeral 5.6.2 Informe de Ingenierías.</b></p> <p>Las Especificaciones Técnicas, fichas, catálogos deben ser presentados por el contratista al momento del diseño de la Ingeniería, es potestad del contratista la selección de uno o varios proveedores a seleccionar. Los cuales deben cumplir con lo indicado en las bases. Una vez concluida la etapa de Instalación de los pararrayos el contratista deberá ingresar un informe por cada kits de pararrayos instalado y concluido.</p> <p>Las mediciones de los pozos de puesta a tierra se efectuaran con un equipo Teluometro. Las lecturas de los pozos a tierra se deben hacer de manera independiente y luego de manera unificada (los tres pozos conectados entre sí), debiendo presentar un protocolo de puesta a tierra por cada pozo (en total tres) y otro con los tres pozos interconectados entre sí, en su totalidad serian cuatro (04) protocolos de puesta a tierra, y su respectivo certificado de calibración del equipo de medición (no mayor de 1 año de antigüedad), finalmente una copia de la habilidad de Colegiatura del Ing. Electricista o Ing. Mecánico Electricista.</p> <p><b>(Según el formato de protocolo de medición de pozo a tierra del sistema de pararrayos adjunto).</b></p>



PERÚ

Ministerio de  
Educación

Viceministerio de  
Gestión Institucional

Programa Nacional de  
Infraestructura Educativa



BICENTENARIO  
PERÚ 2021

# PROYECTO KIT DE PARARRAYOS PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

<b>1.</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>2</b>
1.1.	ALCANCES. ....	2
1.2.	NORMAS DE DISEÑO Y BASES DE CALCULO.....	2
1.3.	SUMINISTRO DE ENERGIA.....	2
1.4.	DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	2
1.5.	MEMORIA DE CALCULO .....	3
1.6.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	4
1.7.	PLANOS .....	4
1.8.	PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE LOS POZOS DE TIERRA DEL SISTEMA DE PARARRAYOS: .....	5
<b>2.</b>	<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA DE PARARRAYOS.....</b>	<b>6</b>
2.1.	SISTEMA DE PARARRAYOS .....	6
2.1.1.	PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO .....	7
2.1.2.	ESTRUCTURA PRINCIPAL MULTI SECCION.....	7
2.1.3.	CONTADOR DE DESCARGAS ATMOSFERICAS .....	9
2.1.4.	SECCIONADOR DE CAJA.....	9
2.1.5.	GRAPA PARA FIJACION DE CABLE – POLIAMIDA O NYLON .....	10
2.1.6.	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE BAJADA DE PARARRAYOS A POZOS .....	10
2.1.7.	TUBERÍAS DE PVC-P.....	11
2.1.8.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA EL SISTEMA DE PARARRAYOS:.....	12

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy Vº Bº  
Fecha: 14.06.2021 21:08:15 -05:00



## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.1. ALCANCES.

Se implementará el Sistema Protección de Pararrayos para la protección de Módulos Educativos contra descargas atmosféricas.

### 1.2. NORMAS DE DISEÑO Y BASES DE CALCULO

Para el diseño, cálculo y selección del sistema de pararrayos nos acogemos a ciertas normativas internacionales, las cuales enumeramos a continuación:

#### NORMATIVAS DE SISTEMA DE PARARRAYOS

- UNE 21.186:2011: Protección contra el rayo. Pararrayos con dispositivo de cebado.
- NFC 17-102:2011: Protección contra rayos - Protección contre la foudre. Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage.
- NP 4426:2013: Proteção contra descargas atmosféricas - Sistemas con dispositivo de ionização não radioativo.
- IEC 62.305-2:2010 Análisis del riesgo.
- IEC 62.561-6:2018 Componentes de protección contra el rayo (CPCR) Parte 6: Requisitos para los contadores de rayos.
- IEC 62561-2:2018: Componentes del sistema de protección contra rayos (LPSC) - Parte 2: Requisitos para conductores y electrodos de tierra
- IEC 62.561-1:2017 Componentes de protección contra el rayo (CPCR) Parte 1: Requisitos para los componentes de conexión.
- IEC 62561-4:2017 Componentes del sistema de protección contra rayos (LPSC) - Parte 4: Requisitos para sujetadores de conductores
- Código Nacional de Electricidad Utilización – 2006.
- Sección 060 – puesta a tierra y enlace equipotencial - CNE. – Utilización.
- NTP 370.053 – Seguridad Eléctrica.
- NTP 370.252 – Conductores Eléctricos.
- IEEE 81-2012 - Guía IEEE para medir la resistividad de la tierra, la impedancia de la tierra y los potenciales de la superficie de la tierra de un sistema de puesta a tierra.

### 1.3. SUMINISTRO DE ENERGIA.

En lo que respecta al Kit de pararrayos, este sistema no requiere ningún tipo de suministro de energía.

Su funcionamiento es asilado y se basa en la atracción de los rayos, canalizarlos y direccionarlos a hacia tierra, esto sucede por medio del cable vertical que viene desde el Pararrayos (equipo – ubicado en la parte más alta del poste) y direccionarlo a los pozos de puesta a tierra.

Es de suma importancia que los pozos de tierra del Kit de pararrayos siempre mantengan niveles de resistencia bajos y así obtener un funcionamiento óptimo – resistencia de pozos debe ser menor o igual a 5 Ohm ( $\leq 5 \text{ ohm}$ ).

### 1.4. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El sistema de protección contra descargas atmosféricas para la seguridad de los módulos Educativos, el cual está constituido de los siguientes elementos principales:

- Cabezal o pararrayos con dispositivo de Cebado tipo PDC.
- Pozos de puesta a tierra, firmemente enlazados, con una resistencia de aterramiento menor de 5 ohm.
- Cable de bajada de cobre desnudo de sección 50mm<sup>2</sup> (sección mínima).
- Poste metálico de acero o hierro sección variable. 13m, de sección circular.
- Mástil de hierro galvanizado de 2" para soporte de pararrayos (empernado).

- Accesorios de conexión y fijación (grapa de fijación de Nylon).
- Contador de descargas (mínimo 999 descargas).
- Seccionador en caja (conexión y desconexión).
- Grapas de fijación de Poliamida o Nylon para cable de bajada (abrazaderas Clevis Hanger o similar - elementos especiales para cables de descarga de rayos).
- Cerco de malla electro soldada en el perímetro de pararrayos para protección y seguridad. Cimentación del poste multi sección (referencial).
- Aterramiento de estructura metálica (al nivel del suelo).

El desarrollo del sistema de pararrayos correrá por parte del contratista, como una sección del documento de Ingenierías Eléctricas.

El contratista deberá desarrollar el sistema de protección contra rayos, adjuntando planos, detalles, metrados, catálogos, fichas técnicas, materiales, especificaciones técnicas y recomendaciones, de acuerdo a las normas vigentes. Se deberán adjuntar los certificados de calidad de los equipos.

### 1.5. MEMORIA DE CALCULO

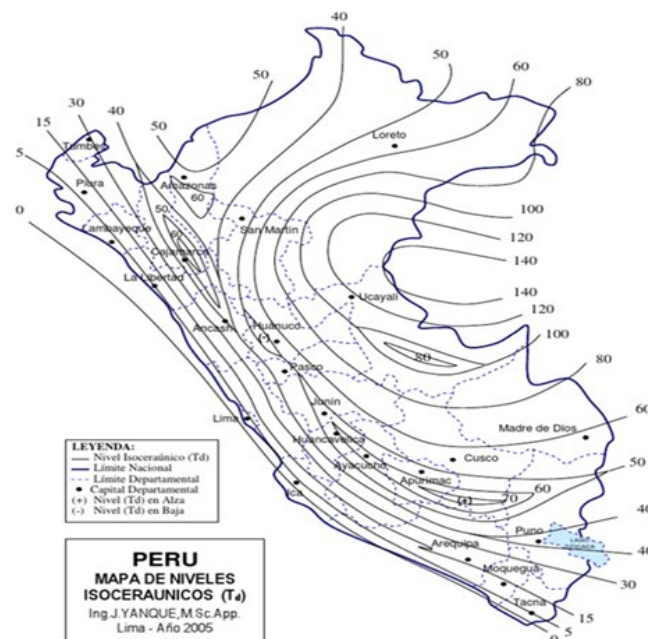
El Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas será diseñado y realizado conforme a la norma UNE, NFC.

El cálculo estará de acuerdo a las normas.

- UNE 21186:2011: Protección contra el rayo - Pararrayos con dispositivo de cebado.
- NF C 17-102:2011: Protección contra rayos - Sistemas de protección contra rayos con dispositivo de cebado.
- NP 4426:2013: Protección contra rayos - Sistemas con dispositivo de ionización no radiactivo.

### A. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO

se deberá realizar el Análisis del riesgo de la norma UNE 21186:2011, NF C 17-102:2011 determina la necesidad instalar la protección externa contra el rayo y el Nivel de Protección a aplicar para reducir el riesgo de daño producido por el rayo.



NOTA: Mapa en proceso de perfeccionamiento.

## B. CÁLCULO DEL RADIO DE PROTECCIÓN

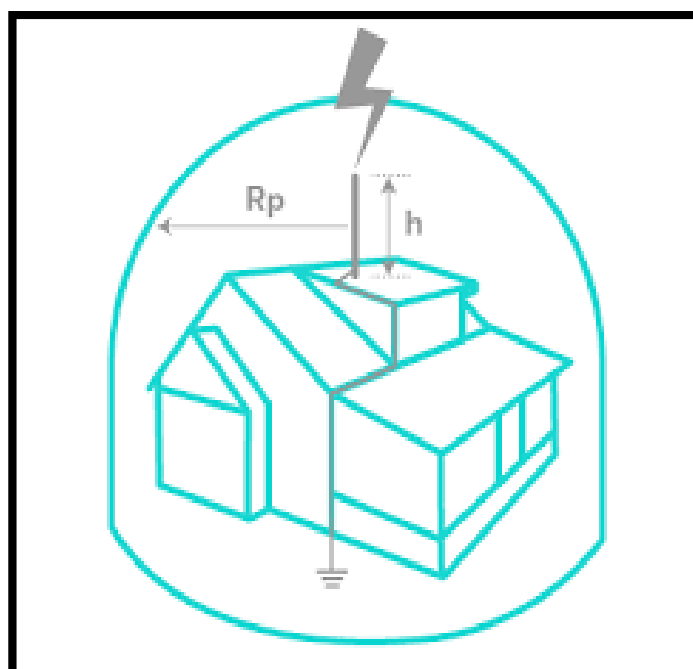
Los pararrayos con dispositivo de cebado (PDC), disponen de un radio de protección en función del nivel de protección necesario. El  $\Delta T$  se obtiene realizando los ensayos indicados en las Normas UNE 21186:2011, NF C 17-102:2011, y deben certificarse por parte de un Laboratorio de Alta Tensión acreditado.

La Norma UNE 2118:2011 (aptdo. C.2.2) indica que un pararrayos PDC debe obtener un avance de cebado ( $\Delta T$ )  $>10 \mu s$  como mínimo.

Asimismo, el valor máximo admisible de  $\Delta T$  es de  $60 \mu s$ , aunque en los ensayos se hayan obtenido resultados superiores.

La zona protegida por un pararrayos PDC, está delimitada por una superficie de revolución que está definida por los radios de protección correspondientes a las diferentes alturas ( $h$ ) consideradas y cuyo eje es el mismo pararrayos PDC

Se deberán realizar los cálculos del radio de protección del pararrayos PDC en base a la norma UNE 21186:2011, NF C 17-102:2011.



Radio de protección

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy Vº Bº  
Fecha: 14.06.2021 21:08:50 -05:00

### 1.6. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La construcción del sistema de puesta a tierra (pozos interconectados) para la protección del sistema de pararrayos, indicado en los planos, el cual tiene la finalidad de obtener una resistencia unificada de  $R \leq 5 \text{ ohms}$ .

El contratista realizará la construcción del pozo de puesta a tierra para el sistema vertical, para los casos donde el terreno no le permite la instalación en vertical se considerará el sistema horizontal.

### 1.7. PLANOS

En los planos se encuentran los detalles e indicaciones de manera general para la fabricación y construcción del kit de pararrayos. La Memoria Descriptiva, Especificaciones técnicas y Planos eléctricos – estructurales se complementan entre sí, el Contratista deberá contemplar en su

propuesta el suministro e instalación de todos aquellos elementos necesarios para el funcionamiento del pararrayos.

Las características, elementos y equipos mencionados en los planos y Especificaciones técnicas son un planteamiento general, no se mencionan, ni equipos, ni materiales, se dan descripciones mínimas, para lo cual el contratista debe hacer la selección de los equipos y materiales, los cuales deben cumplir con las especificaciones técnicas antes mencionadas. El contratista debe presentar su propuesta con nombre, modelo, serie, marca según protocolos de pruebas presentados para la implementación de los Kits de pararrayos.

En los planos se indican los elementos para el Kits de pararrayos, elementos necesarios para el funcionamiento, los cuales se mencionan a continuación: equipo pararrayos, contador de descargas, seccionador de caja, grapa de fijación Poliamida o Nylon, conductor de cobre desnudo temple blando, soldadura para uniones, soldadura de cobre tipo exotérmica, grapas de fijación de cables desnudo, varillas, elementos que componen el pozos a tierra, aterramiento a estructura, cerco de protección, malla galvanizada, tubos principales (pararrayos), tubos secundarios (cerco perimétrico), picaporte, candado y ubicaciones de los mismos.

Los detalles del proceso constructivo, materiales no indicados en los planos pero indispensables para el proceso constructivo deben ser incluidos en el Presupuesto del Contratista.

#### **1.8. PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE LOS POZOS DE TIERRA DEL SISTEMA DE PARARRAYOS:**

Código Nacional de Electricidad Utilización - 2006:

Sección 060 – puesta a tierra y enlace equipotencial - CNE. – Utilización, NTP 370.053, NTP 370.252, IEEE STD 81 – 2012.

La resistencia de puesta a tierra del sistema de pararrayos se realizará mediante un Teluometro, dicha resistencia deberá ser menor o igual a cinco (05) Ohm. Las lecturas de los pozos a tierra se deben hacer de manera independiente y luego de manera unificada (los tres pozos conectados entre sí), debiendo presentar un protocolo de puesta a tierra por cada pozo (en total tres) y otro con los tres pozos interconectados entre sí, en su totalidad serian cuatro (04) protocolos de puesta a tierra, y su respectivo certificado de calibración del equipo de medición (no mayor de 1 año de antigüedad).

**LA INFORMACIÓN DEBE SER INGRESADA SEGÚN LOS FORMATOS DE LOS PROTOCOLO DE MEDICION DEL PROTOCOLO DE SISTEMA DE PARARRAYOS.**

Antes del proceso constructivo de los pozos a tierra, se debe proceder a medir la resistividad del terreno en varios puntos de la institución educativa la cual **DEBERÁ PRESENTARSE SEGÚN FORMATOS ADJUNTOS** junto con los protocolos de prueba del sistema de puesta a tierra, , con la finalidad de obtener los datos y proceder a la construcción adecuada de los sistemas de protección a tierra. Tal como se indica en el un dato aproximado de su nivel de resistividad y terreno donde se instalarán:

## Métodos de medida de resistividad

Se utilizan varios procedimientos para determinar la resistividad de los terrenos. El más usado es el de los "cuatro electrodos" que presenta dos métodos:

- **Método de WENNER** apropiado en el caso de querer realizar una medida en una única profundidad
- **Método de SCHLUMBERGER** apropiado para realizar medidas a distintas profundidades y crear así perfiles geológicos de los suelos.

## Método de Wenner

### Principio de medida

Se insertan cuatro electrodos en línea recta en el suelo y a igual distancia  $a$  entre ellos.

Entre los dos electrodos exteriores (E y H), se inyecta una corriente de medida  $I$  mediante un generador.

Entre los dos electrodos centrales (S y ES), se mide el potencial  $\Delta V$  gracias a un voltímetro.

El instrumento de medida utilizado es un ohmímetro de tierra clásico que permite la inyección de una corriente y la medida de  $\Delta V$ .

El valor de la resistencia  $R$  leída en el ohmímetro permite calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula de cálculo simplificada:

$$\rho_w = 2 \pi a R$$

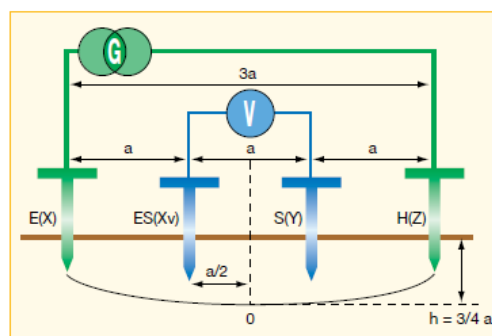
Con:

$\rho$ : resistividad en  $\Omega \cdot m$  en el punto situado debajo del punto O, a una profundidad de  $h = 3a/4$

$a$ : base de medida en m

$R$ : valor (en  $\Omega$ ) de la resistencia leída en el ohmímetro de tierra

Recomendamos una medida con  $a = 4$  m como mínimo.



*Nota: los términos X, Xv, Y, Z corresponden a la antigua denominación utilizada respectivamente para los electrodos E, Es, S y H*

## 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA DE PARARRAYOS

### 2.1. SISTEMA DE PARARRAYOS

El sistema de pararrayos está compuesto por los siguientes componentes principales:

- Cabezal o pararrayos con dispositivo de Cebado tipo PDC.
- Pozos de puesta a tierra, firmemente enlazados, con una resistencia de aterramiento menor de 5 ohm.
- Cable de bajada de cobre desnudo de sección 50mm<sup>2</sup> (sección mínima).
- Poste metálico de acero o fierro sección variable. 13m, de sección circular.
- Mástil de fierro galvanizado de 2" para soporte de pararrayos (empernado).
- Accesorios de conexión y fijación (grapa de fijación de Nylon).
- Contador de descargas (mínimo 999 descargas).
- Seccionador en caja (conexión y desconexión).
- Grapas de fijación de Poliamida o Nylon para cable de bajada (abrazaderas Clevis Hanger o similar - elementos especiales para cables de descarga de rayos).
- Cerco de malla electro soldada en el perímetro de pararrayos para protección y seguridad. Cimentación del poste multi sección (referencial).
- Aterramiento de estructura metálica (al nivel del suelo).

**NOTA:** El cable de recorrido horizontal que llega a los pozos a tierra debe ir enterrado como mínimo 0.60 m de profundidad en todo su recorrido.

### 2.1.1. PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO

Para la protección contra descargas atmosféricas (rayos) se utilizará un sistema compuesto por: Pararrayos con Dispositivo de Cebado del tipo libre mantenimiento – No Electrónico.

Este sistema que debe proteger un radio de 90 metros estará compuesto por:

Cabezal o Pararrayos con dispositivo de Cebado (protección reforzada – Nivel alto).  
Cable de bajada de cobre desnudo de sección 50mm<sup>2</sup>.  
Poste de fierro galvanizado, las medidas de acuerdo al plano.  
Mástil de fierro galvanizado para soporte de Pararrayos, medida de acuerdo a plano.  
Accesorios de conexión y fijación.

Las cuales deben cumplir y/o indicar los siguientes requisitos mínimos:

- País de Origen.
- Tipo de Pararrayos - No Electrónico.
- Vida Útil Mínimo de Pararrayo de 25 años.
- Eficacia en descarga de rayos del 100%.
- Pararrayo Libre de Mantenimiento.
- Material del pararrayos será de Acero Inoxidable AISI 316L.
- Cumplimiento de las siguientes Normas Internacionales IEC, UNE, NF-C.
- Altura de aplicación: 13m.
- Radio de Protección Mínimo de 90m.
- Cumplimiento del Producto en condiciones extremas de temperatura.
- Cumplimiento del Producto del Pararrayos por funcionamiento en condiciones extremas del Medio ambiente como polución, polvo atmosférico, nieve, brindar capacidades técnicas de montaje. (El cable de debe ser enterrado 0.60m como mínimo para evitar el congelamiento).
- EL CONTRATISTA deberá presentar en la etapa de INFORME DE INGENIERÍA Protocolos de Prueba a los que han sido sometidos los Pararrayos y Accesorios Externos e internos en un Laboratorio Certificado y avalados por la IEC, (en idioma español) de acuerdo a las Normas Internacionales IEC 62561-1:2017 y UNE 21186 Anexo C: 2011, NF-C17.102 - Anexo C: 2011, si los mencionados certificados están en un idioma diferente al español, el contratista tendrá que presentar la traducción oficial detallada en español, realizada por la embajada correspondiente o equivalente de los certificados de pruebas del equipo y pieza de que ha sido sometidos los pararrayos.
- El dispositivo pararrayos deberá cumplir con todos los protocolos de pruebas descritos en las Normas Internacionales UNE 21.186:2011 Anexo C: 2011, NF-C17.102:2011 - Anexo C: 2011.

### 2.1.2. ESTRUCTURA PRINCIPAL MULTI SECCION

ESTRUCTURA PRINCIPAL: Torre metálica de tipo multi sección, el cual permita minimizar el espacio de montaje y un fácil mantenimiento (la altura de instalación del pararrayos es de 13m), ver memoria calculo estructuras y planos estructurales del kit de pararrayos.

Todas las uniones debidamente arriostradas y sus aletas como se indican en los detalles constructivos.

#### Cerco Perimétrico:

La estructura multi sección del Pararrayos está protegido por un cerco perimétrico de forma cuadrada de malla electro soldada galvanizada con cocos (cocada) de 1'x1' y altura de 1.70 m (El cerco se instalara a 0.10 metros del piso o terreno firme, haciendo una altura total a partir del suelo de 1.80 m, como se visualizan en los detalles). Las mallas deben estar firmemente sujetas mediante pernos y/o grapas la estructura principal de 4"x4".

El cerco contará con cinco (05) tuberías cuadradas de 4"x4"x2.0mm de espesor, galvanizado en caliente (450°C).



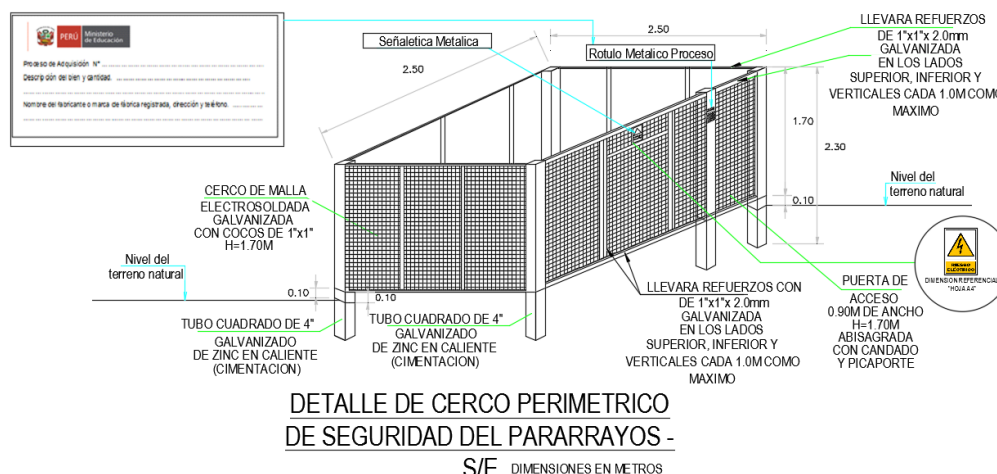
Para la cimentación del cerco de protección perimétrico del sistema de pararrayos, se cavara cinco (05) fosas donde se instalaran cimentaciones de 0.40x0.40x0.60m (según podio tipo 2) para la colocación de cinco (05) tubos de 4"x4"x2.0mm de espesor, de las cuales cuatro (04) son las almas principales y van ubicadas en cada vértice o esquina y una (01) adicional instalado en la puerta de acceso de 0.90 m de ancho, 1.70m de altura que estará equipado con bisagra candado y picaporte. Los cuales deben ser instalados debidamente nivelados. Todas las cimentaciones deben contener una resistencia no menor de 210Kgf/cm<sup>2</sup>.

Las partes del cerco deberán contener pernos y orejas de fijación debidamente soldadas y con un buen acabado sin partes filudas o cortantes.

Llevará refuerzos cuadrados de 1"x1"x 2.0mm de espesor del tipo cuadrado galvanizada, en los lados superior, inferior, verticales cada 1m como máximo de espaciamiento.

Las tuberías deben ser del tipo fierro galvanizado en caliente bajo Norma ASTM-A123.

Las mallas del cerco deben estar debidamente cortadas y niveladas, no debe presentar partes filosas o con malos acabados.



Imágenes referenciales.

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy Vº Bº  
Fecha: 14.06.2021 21:09:51 -05:00

**NOTAS IMPORTANTES:** todas las piezas al ser galvanizadas deben contar con aberturas al comienzo y al final de las piezas para evitar cualquier concentración de material no adecuada y el riesgo de explosión por mezcla de otro material.

El Cerco Perimétrico de seguridad del Pararrayo deberá contar con su respectiva señalética de prevención de **“RIESGO ELECTRICO” (medida referencial: “hoja A4”)**, de esta manera se mantendrá a los peatones en alerta al ver dicha señalética de seguridad.

### 2.1.3. CONTADOR DE DESCARGAS ATMOSFERICAS

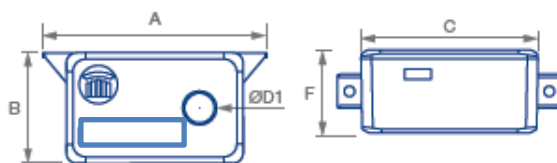
El contador de descargas es un equipo diseñado para detectar los impactos de los rayos en las instalaciones de protección externa contra rayos (puntas captadoras, pararrayos PDC, sistemas pasivos Etc.).

La instalación de contadores de rayos en las bajantes está indicada en las normas UNE 21.186:2011, NFC 17-102:2011 y IEC 62561-6:2018, para permitir el control y verificación inmediata del estado de la instalación de protección después de cualquier impacto de rayo. “Un sistema de protección contra rayos ha de ser verificado después de cualquier impacto de rayo registrado en la estructura

Debe ser fijada firmemente a la estructura del mástil vertical (según se muestran en los planos de detalle)

#### Características técnicas:

- Forma de Onda: 1KA (8-20µs) / 100KA (10 - 350 µs)
- Intensidad mínima de registro: 0.5 KA.
- Intensidad máxima de registro: 100 KA.
- Grado de protección: IP 65.
- Numero de descargas máximas: 999.
- Montaje: Serie con el cable de bajada.
- Libre de mantenimiento, sin batería



Imágenes referenciales

### 2.1.4. SECCIONADOR DE CAJA

Su función principal es la obtener una buena conexión y desconexión de manera segura, al cable de bajada vertical de la cabeza del pararrayos. Con la finalidad de tener una manipulación segura de las conexiones. Al existir una buena conductividad eléctrica, existe una buena disipación al terreno en caso de rayos.

Debe ser fijada firmemente a la estructura del mástil vertical (según se muestran en los planos de detalle)

#### Características técnicas:

Caja de PVC resistente a la intemperie - grado de protección: IP 65.

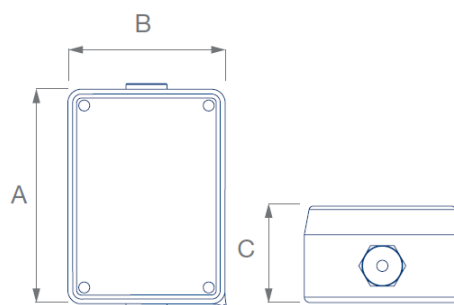
Altura de Instalación: 0.30m.

Montaje: Serie con el cable de bajada (conexión segura).

Manguito de conexión fabricado de aleación de Cu/Zn con tornillería de acero inoxidable.

Cumplimiento de Norma: IEC 62561-1:2017





### 2.1.5. GRAPA PARA FIJACION DE CABLE – POLIAMIDA O NYLON

- Las Grapa de Poliamida o Nylon, Latón (Cumplir con norma IEC 62561-4:2017), para fijar conductor de bajada de cable del tipo redondo para 50mm<sup>2</sup>.
- Abrazaderas para fijación de conductores de 50mm<sup>2</sup> de sección, para elementos de sección redondas.
- Facilita la instalación y conexión en el sistema de protección externa contra rayos y el sistema de puesta a tierra.
- El número de grapas mínimas a utilizar serán 3 unidades por metro según norma UNE 21186:2011 (Apartado 5.3.3)
- Se debe considerar una fijación mediante Clevis Hanger o elemento similar que tenga una adecuada fijación y separación de 10 cm como mínimo con respecto al mástil y la bajada del cable vertical.

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbilto FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 14.06.2021 21:10:27 -05:00



### 2.1.6. CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE BAJADA DE PARARRAYOS A POZOS

Los conductores desnudos son aplicables para instalaciones de puesta a tierra y disipar de manera homogénea las descargas eléctricas, en este caso las descargas atmosféricas.

Son Conductor de cobre electrolítico de 99.99% de pureza mínima, recocido, temple blando. Solido cableado concéntricamente. Serán de 19 hilos y de 50mm<sup>2</sup> (pozo de tierra) y 19 hilos y de 50mm<sup>2</sup> (descarga de pararrayos).

Cuenta con alta resistencia a la corrosión en zonas con atmosferas salinas y zonas con humos y vapores corrosivos o fríos.

Deben ser fabricados según las normas NTP 370.251.

Cobre temple blando.

Temperatura en el conductor: 75 °C.

Velocidad del viento: 2Km/h.

CALIBRE	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	PESO	BLANDO	DURO		CAPACIDAD CORRIENTE ( <sup>2</sup> )
					R. ELÉCTRICA	R. TRACCION	R. ELÉCTRICA	
mm <sup>2</sup>		mm	mm	Kg/Km	Ohm/Km	KN	Ohm/Km	A
6	7	1.04	3.1	53	3.02	2.4	3.14	77
10	7	1.35	4	90	1.79	4	1.87	106
16	7	1.69	5.1	143	1.13	6.3	1.17	141
25	7	2.13	6.4	226	0.713	9.9	0.741	188
35	7	2.51	7.5	314	0.514	13.6	0.534	229
50	19	1.77	8.9	424	0.380	18.8	0.395	277
70	19	2.13	10.6	613	0.263	26.9	0.273	348

### 2.1.7. TUBERÍAS DE PVC-P

Fabricados a base de la resina termoplástico policloruro de vinilo pesado (PVC-P) no plastificado, rígido resistente a la humedad y a los insumos o condiciones químicas, retardantes de la llama, resistentes al impacto, al aplastamiento y a las deformaciones provocadas por el calor en las condiciones normales de servicio y, además resistentes a las bajas temperaturas, de acuerdo a la norma ITINTEC N° 399.006.

De sección circular, de paredes lisas. Longitud del tubo de 3.00 m., incluida una campana en un extremo. Se clasifican según su diámetro nominal en mm.

Tuberías clase Pesadas: Se fabrican de acuerdo a las dimensiones dadas en la siguiente tabla, en mm:

Diámetro Nominal	Diámetro Interior	Diámetro Exterior
15	16.6	21.0
20	21.9	26.5
25	28.2	33.0
35	37.0	42.0
40	43.0	48.0
50	54.4	60.0
65	66.0	73.0
80	80.9	88.5
100	106.0	114.0

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 14.06.2021 21:10:42 -05:00

#### Las propiedades físicas de los ductos de PVC a 24° C son:

- Peso Específico : 1,44 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la Tracción : 500 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la Flexión : 700/900 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la Compresión : 600/700 kg/cm<sup>2</sup>

#### Las características de la instalación serán las siguientes:

- Deberán formar un sistema unido mecánicamente de caja a caja ó de accesorio a accesorio, estableciendo una adecuada continuidad en la red de electroductos.
- No se permitirá la formación de trampas o bolsillo para evitar la acumulación de la humedad.
- Los electroductos deberán estar enteramente libres de contacto con tuberías de otras instalaciones.
- No se usarán tubos de menos de 20 mm de diámetro nominal.
- No son permitidas más de cuatro (04) curvas de 90°, incluyendo las de entrada a caja ó accesorio.
- Los electroductos destinados a ser empotrados en elementos de concreto armado, se instalarán después de haber sido armado la estructura de fierro y se aseguren debidamente las tuberías.
- En los muros de albañilería, las tuberías empotradas se instalarán en canales abiertos.
- En cruce de juntas de construcción se dotará de flexibilidad a las tuberías con junta de expansión

#### 2.1.8. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA EL SISTEMA DE PARARRAYOS:

Antes de la construcción de los pozos a tierra es indispensable medir la resistividad del terreno, para tener la certeza del número de dosis, construcción y obtener la resistencia más baja posible ( $\leq 5 \text{ Ohm}$ ). El sistema de protección a tierra está conformado por tres (03) pozos a tierra firmemente interconectados. Los pozos a tierra pueden ser horizontales o verticales según las condiciones del terreno y que sus mediciones en conjunto será menor o igual a 5 Ohmios.

Para su instalación se deberá considerar:

Para el sistema se debe considerar los siguientes componentes que se mencionan a continuación:

El sistema de puesta a tierra está constituido por una varilla de cobre de  $\frac{3}{4}" \text{ } \varnothing \times 2.4\text{m}$  de sección circular, cobre electrolítico de 99% de pureza, el cual será enterrado en una fosa de  $1\text{x}1\text{x}3\text{m}$  de profundidad con un cable de cobre desnudo de  $50\text{mm}^2$  instalado en forma paralela a la varilla de cobre  $\frac{3}{4}" \varnothing \times 2.40 \text{ m}$ , el cable tendrá una longitud mínima de 3.0 metros. (La instalación se hará en ambos lados del electrodo vertical) y será fijado por medio de grapas, en cada extremo del electrodo (superior e inferior).

Las grapas o conectores serán tres (03) Unidades de cobre zincado como mínimo, dos grapas al comienzo y uno al final de la varilla (como se muestra en los planos de detalle).

Conector de cobre electrolítico para fijar cable de interconexión entre pozos.

Caja de registro de concreto con tapa, según Código Nacional de Electricidad.

Cemento conductivo, sales químicas, bentonita, etc.

Cable de interconexión de  $50\text{mm}^2$  de cobre desnudo. (El modo de conexión se muestra en los planos. Del pozo más cercano al pararrayos se hará la conexión del cable de subida).

Soldadura exotérmica (molde de grafito, tenazas soporte y soldadura).

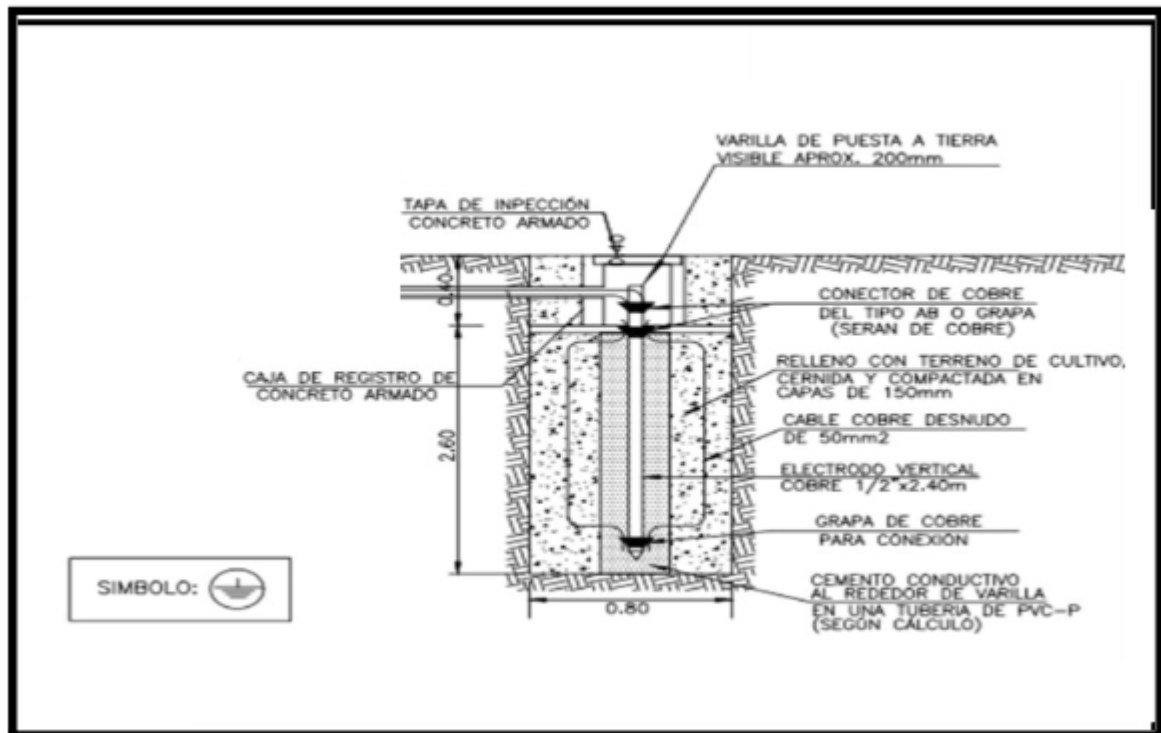
Tierra vegetal o tierra de cultivo debidamente cernida y sin pedrones.

El pozo a tierra debe contener elementos químicos considerados del tipo cero mantenimientos.

El contratista debe suministrar todos los elementos, piezas, equipos y accesorios para la construcción del sistema de pues -Por encima de sistema de puesta a tierra del Kits de pararrayos ira cubierto de una grava de 20cm de espesor, como media de protección en tensiones de paso.

-El cruce del cable bajante del pararrayos con el cerco perimétrico se protegerá mediante un tubo de PVC-P de 3 mm espesor como mínimo.

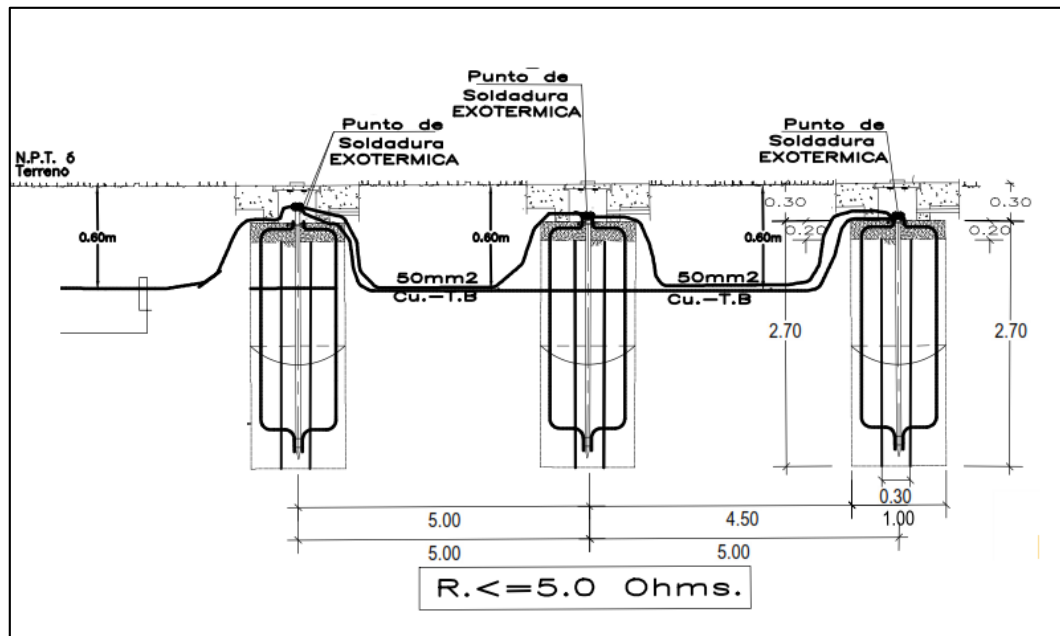
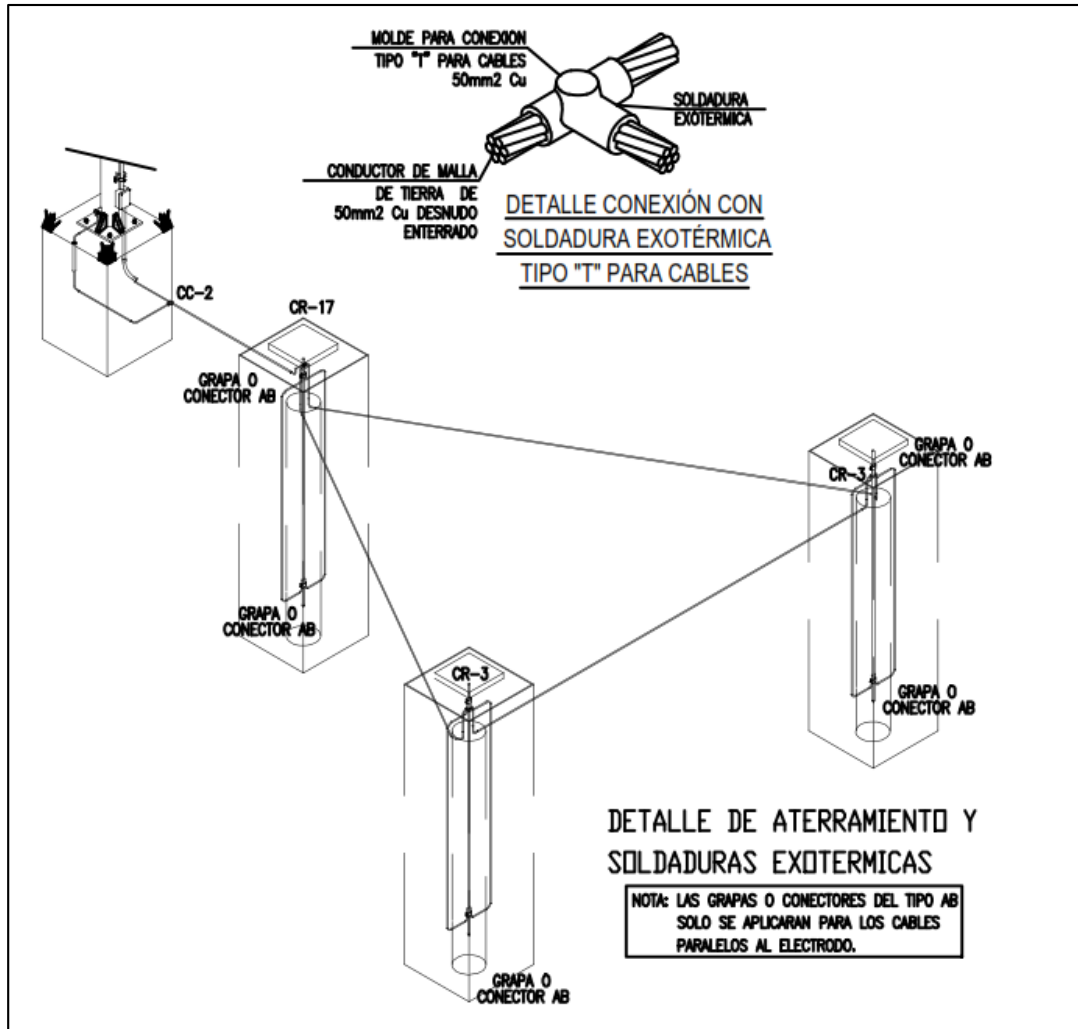
Si el cruce de los Sistemas de puesta a tierra de los módulos educativos y el kit de pararrayos es menor o igual a 5 metros, estos se conectarán entre si con soldadura exotérmica o enlaces equipotenciales a tierra.



Nota: El contratista debe instalar correctamente los pararrayos en cada Institución Educativa garantizando la protección total de los módulos educativos ante descargas eléctricas atmosféricas.

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 14.06.2021 21:11:22 -05:00





PERÚ

Ministerio de  
EducaciónViceministerio de  
Gestión InstitucionalPrograma Nacional de  
Infraestructura Educativa

PERÚ

Ministerio de  
EducaciónViceministerio de  
Gestión InstitucionalPrograma Nacional de  
Infraestructura EducativaUnidad Gerencial de  
Mobiliario y EquipamientoBICENTENARIO  
PERÚ 2021**PROTOCOLO DE MEDICION DE POZO A TIERRA  
DEL SISTEMA DE PARARRAYOS**

Pág. 01/02

NOMBRE Y LOGO DEL CONTRATISTA

INDICACION DEL TIPO DE  
CONTRATACION Y CONTRATO.

COD. LOCAL: 0000

COD. MODULAR: 0000

CLIENTE: PRONIED

N° DE MODULOS PREFABRICADOS QUE PROTEGE: **DATOS GENERALES DE UBICACIÓN:**

UBICACIÓN DE PARARRAYOS Y POZOS A TIERRA RESPECTO A LOS MODULO(S) A PROTEGER:

INSTITUCION EDUCATIVA:

UBICACIÓN DE LA I.E.:

REGION:

DISTRITO:

PROVINCIA:

**DATOS DEL EQUIPO TELUROMETRO**

EQUIPO TELUROMETRO/MARCA:

CERT. DE CALIBRACION DEL EQUIPO TELUROMETRO:

MODELO:

FECHA DE CALIBRACION:

SERIE:

EMPRESA CERTIFICADORA:

(Debe adjuntar el certificado de calibración del equipo de medición, debidamente calibrado)

**ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION**

(ESTE LISTADO ES UN EJEMPLO REFERENCIAL - SE DEBE ESPECIFICAR LO UTILIZADO EN LA CONTRUCCION DEL SISTEMA DE PROTECCION DEL KITS)

\* 1UN x TORRE MULTISECCION 13M

\* GRAPA CON FIJACION TIPO NYLON

\* 1 x CONTADOR DE DESCARGAS

\* SECCIONADOR EN CAJA.

\* CABLE DE 50MM2 X 20M.

\* CERCO PERIMETRICO DE SEGURIDAD 2.5X2.5M

\* PARARRAYOS TIPO PDC.

\* CIMENTACION PRINCIPAL 1.2X0.80X0.8M

\* CABLE TIPO DESNUDO 50mm2CU

CIMENTACIONES SECUNDARIAS DE CERCO

\* TRES (03) VARILLA DE COBRE DE 3/4"

\* CEMENTO CONDUCTIVO (BOLSA KG)

\* CABLE DE 35MM2 DE 5M (PARALELO AL ELECTRODO)

\* BENTONITA SODICA (BOLSA KG)

\* 6 UN CONECTOR TIPO AB O GRAPA COBRE

\* TIERRA DE CHACRA (BOLSA KG)

\* TUBERIA DE 25mmØPVC-P

\* CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO

\* .....

\* .....

**RESULTADOS FINALES:**RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PT:  $0.0 \Omega \leq 5 \Omega$ TEMP.AMBIENTAL  
AL MOMENTO DE  
LA MEDICION:

20°C

FECHA DE MEDICION DEL POZO A TIERRA: 00/00/2018

CONFIGURACION DEL POZO:

VERTICAL

X

HORIZONTAL

NOMBRE Y APELLIDO:

Ing.

N° DE COLEGIATURA:

CIP N°

ESPECIALIDAD:

Ing. Eléctrica y/o Mecánica Eléctrica

N° DE CONTACTO TELEFONICO:

Celular:

Fijo:

SELLO Y FIRMA DE  
PROFESIONAL RESPONSABLE:

Nota: Se debe presentar un (01) protocolo de pruebas de cada pozo de puesta a tierra y un (01) protocolo de los tres (03) pozos interconectados entre si, los cuales deben tener una resistencia menor o igual a cinco (05) Ohm, debidamente firmado y sellado por un Ing. Electricista o mecánico Electricista. Anexando el Certificado de Calibración del Equipo de medición y Certificado de habilidad profesional del Ing. Responsable.



PERÚ

Ministerio de Educación

Viceministerio de Gestión Institucional

Programa Nacional de Infraestructura Educativa



PERÚ

Ministerio de Educación

Viceministerio de Gestión Institucional

Programa Nacional de Infraestructura Educativa

Unidad Gerencial de Mobiliario y Equipamiento



BICENTENARIO  
PERÚ 2021

## PROTOCOLO DE MEDICION DE POZO A TIERRA DEL SISTEMA DE PARARRAYOS

Pág. 02/02

NOMBRE Y LOGO DEL CONTRATISTA

INDICACION DEL TIPO DE  
CONTRATACION Y CONTRATO.

COD. LOCAL: 0000

COD. MODULAR: 0000

CLIENTE: PRONIED

N° DE MODULOS QUE PROTEGE:

### ANEXOS FOTOGRAFICOS:

LAS FOTOS ANEXAS DEBEN MOSTRAR EL MOMENTO DE LA MEDICION ELABORADA CON EL EQUIPO. TENER CUIDADO A LA HORA DE ELABORAR LA MEDICION, UNA DESCARGA ELECTRICA NO AVISA, POR LO CUAL SE DEBE HACER LA DESCONEXION DEL CABLE DE BAJADA PRINCIPAL AL MOMENTO DE LA MEDICION, POR SEGURIDAD DEL PERSONAL Y/O EQUIPOS DE MEDICION.

FOTO 1 - PT1

FOTO 2 - PT2

FOTO 3 - PT3

FOTO 4 - SISTEMA EN CONJUNTO

### OBSERVACIONES:

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 14.06.2021 21:12:28 -05:00

SELLO Y FIRMA DE  
PROFESIONAL RESPONSABLE:

Nota: Se debe presentar un (01) protocolo de pruebas de cada pozo de puesta a tierra y un (01) protocolo de los tres (03) pozos interconectados entre si, los cuales deben tener una resistencia menor o igual a cinco (05) Ohm. debidamente firmado y sellado por un Ing. Electricista o mecánico Electricista. Anexando el Certificado de Calibración del Equipo de medición y Certificado de habilidad profesional del Ing. Responsable.





PERÚ

Ministerio de  
EducaciónViceministerio de  
Gestión InstitucionalPrograma Nacional de  
Infraestructura Educativa

PERÚ

Ministerio de  
EducaciónViceministerio de  
Gestión InstitucionalPrograma Nacional de  
Infraestructura EducativaUnidad Gerencial de  
Mobiliario y EquipamientoBICENTENARIO  
PERÚ 2021

## PROTOCOLO DE MEDICION RESISTIVIDAD DE TERRENO

Pág. 01/03

NOMBRE Y LOGO DEL CONTRATISTA

INDICACION DEL TIPO DE  
CONTRATACION Y CONTRATO.

COD. LOCAL: 0000

COD. MODULAR: 0000

CLIENTE: PRONIED

TIPO DE MODULO PREFABRICADO: AF ☒ SUM ☐ SP ☐ TYP ☐ OTROS ☐

## DATOS GENERALES DE UBICACIÓN:

UBICACIÓN DE PARARRAYOS Y POZOS A TIERRA RESPECTO A LOS MODULO(S) A PROTEGER:

INSTITUCION EDUCATIVA:

UBICACIÓN DE LA I.E.:

REGION:

DISTRITO:

PROVINCIA:

## DATOS DEL EQUIPO TELUROMETRO

EQUIPO TELUROMETRO/MARCA:

CERT. DE CALIBRACION DEL EQUIPO TELUROMETRO:

MODELO:

FECHA DE CALIBRACION:

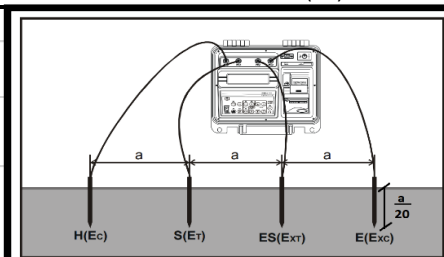
SERIE:

EMPRESA CERTIFICADORA:

(Debe adjuntar el certificado de calibracion del equipo de medición, debidamente calibrado)

## METODOD DE WENNER

Para la lectura de la resistencia ( R ) tener en cuenta el siguiente grafico:



El valor de la resistencia R leída en el telurometro permite calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula de cálculo simplificada:

$$\rho = 2 \pi a R$$

Con:

p: resistividad en  $\Omega \cdot m$  en el punto situado debajo del punto O, a una profundidad de  $h = a/20$ 

a: base de medida en m

R: valor (en  $\Omega$ ) de la resistencia leída en el telurometro

## RESULTADOS FINALES:

CONDICIONES DE TERRENO

HUMEDO

SECO

TEMP.AMBIENTAL  
AL MOMENTO DE  
LA MEDICION:

20°C

FECHA

00/00/00

Espaciamento "a" (m)	Perfil 1		Perfil 2		Perfil 3		Resistividad promedio
	$R_1 (\Omega)$	$\rho_1 (\Omega \cdot m)$	$R_2 (\Omega)$	$\rho_2 (\Omega \cdot m)$	$R_3 (\Omega)$	$\rho_3 (\Omega \cdot m)$	$\rho = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)/3$
1							
2							
4							
6							

Es importante que se tomen las lecturas en 3 diferentes perfiles o direcciones y a 90° de diferencia entre ellas ya que puede haber diferentes mediciones erróneas falseadas por estructuras metálicas subterráneas, etc., una vez realizadas varias medidas, obtener el promedio de las mismas.

Perfil: Son las direcciones (orientación) de los cables para realizar las mediciones de la resistencia

NOMBRE Y APELLIDO:

Ing.

N° DE COLEGIATURA:

CIP N°

ESPECIALIDAD:

Ing. Eléctrica y/o Mecánica Eléctrica

N° DE CONTACTO TELEFONICO:

Celular:

Fijo:

SELLO Y FIRMA DE  
PROFESIONAL RESPONSABLE:

Página 16 | 18

Nota: Se debe presentar un (01) protocolo de la medición de la resistividad del terreno por Institución Educativa debidamente firmado y sellado por un Ing. Electricista o mecánico Electricista. Anexando el Certificado de Calibración del Equipo de medición y Certificado de habilidad profesional del Ing. Responsable.

PRONIED  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITALFirmado digitalmente por  
ELORRIAGA INONAN Arbildo FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 14.06.2021 21:12:45 -05:00





PERÚ

Ministerio de Educación

Viceministerio de Gestión Institucional

Programa Nacional de Infraestructura Educativa



PERÚ

Ministerio de Educación

Viceministerio de Gestión Institucional

Programa Nacional de Infraestructura Educativa

Unidad Gerencial de Mobiliario y Equipamiento



BICENTENARIO PERÚ 2021

## PROTOCOLO DE MEDICION RESISTIVIDAD DE TERRENO

Pág. 02/03

NOMBRE Y LOGO DEL CONTRATISTA

INDICACION DEL TIPO DE CONTRATACION Y CONTRATO.

COD. LOCAL: 0000

COD. MODULAR: 0000

CLIENTE: PRONIED

N° DE MODULOS QUE PROTEGE

### ANEXOS FOTOGRAFICOS:

LAS FOTOS ANEXAS DEBEN MOSTRAR EL MOMENTO DE LA MEDICION ELABORADA CON EL EQUIPO. TENER CUIDADO A LA HORA DE ELABORAR LA MEDICION

FOTO 1

FOTO 2

FOTO 3

FOTO 4

**PRONIED**  
PROGRAMA NACIONAL  
DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA  
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por:  
ELORRIAGA INONAN Arbolio FAU  
20514347221 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 14.06.2021 21:14:24 -05:00

### OBSERVACIONES:

SELLO Y FIRMA DE PROFESIONAL RESPONSABLE:

Nota: Se debe presentar un (01) protocolo de la medicion de la resistividad del terreno por Institucion Educativa debidamente firmado y sellado por un Ing. Electricista o mecánico Electricista. Anexando el Certificado de Calibración del Equipo de medición y Certificado de habilidad profesional del Ing. Responsable.

Página 17 | 18



PERÚ

Ministerio de Educación

Viceministerio de Gestión Institucional

Programa Nacional de Infraestructura Educativa



PERÚ

Ministerio de Educación

Viceministerio de Gestión Institucional

Programa Nacional de Infraestructura Educativa

Unidad Gerencial de Mobiliario y Equipamiento



BICENTENARIO PERÚ 2021

## PROTOCOLO DE MEDICION RESISTIVIDAD DE TERRENO

Pág. 03/03

N° DE COLEGIATURA:

INDICACION DEL TIPO DE CONTRATACION Y CONTRATO.

COD. LOCAL: 0.000

COD. MODULAR: 0.00000

CLIENTE: PRONIED

N° DE MODULOS QUE PROTEGE:

### ANEXOS FOTOGRAFICOS:

LAS FOTOS ANEXAS DEBEN MOSTRAR EL MOMENTO DE LA MEDICION ELABORADA CON EL EQUIPO. TENER CUIDADO A LA HORA DE ELABORAR LA MEDICION

FOTO 5

FOTO 6

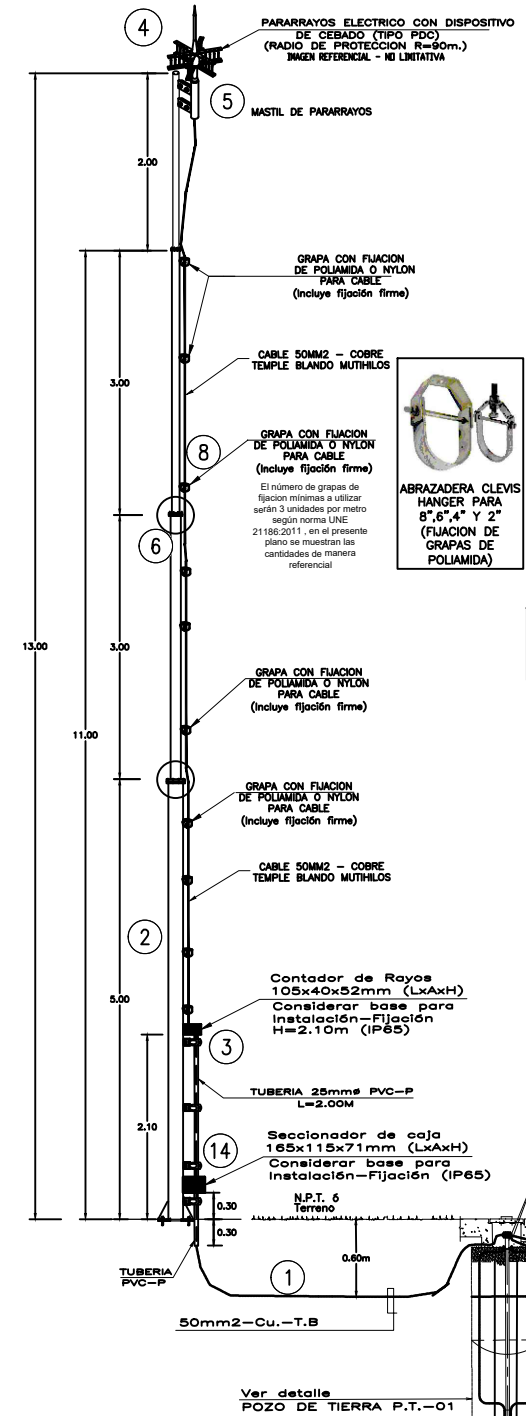
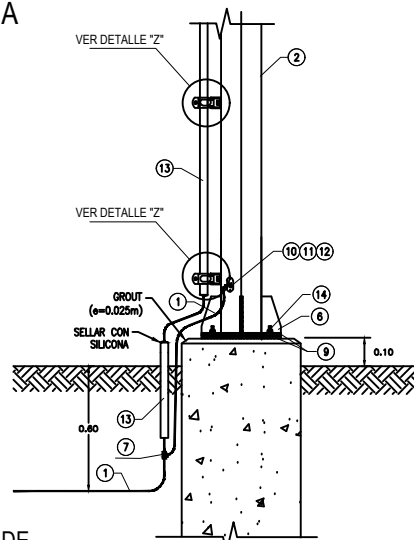
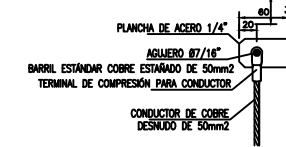
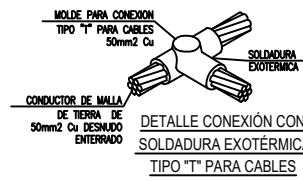
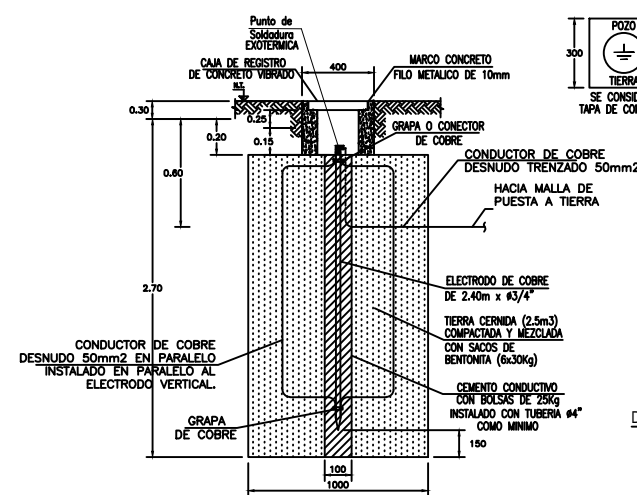
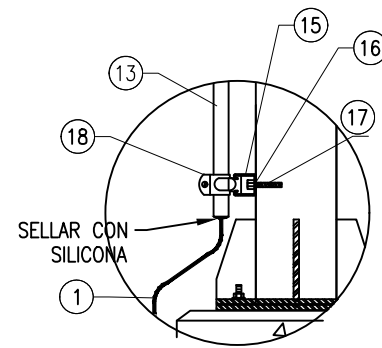
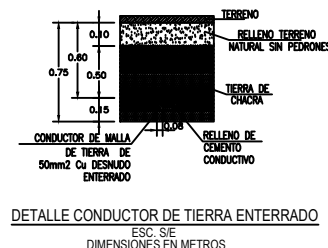
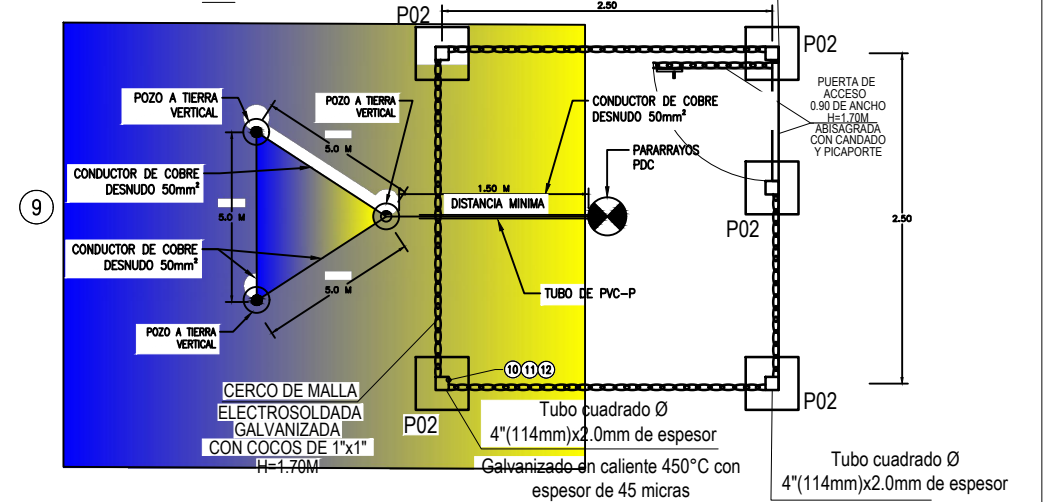
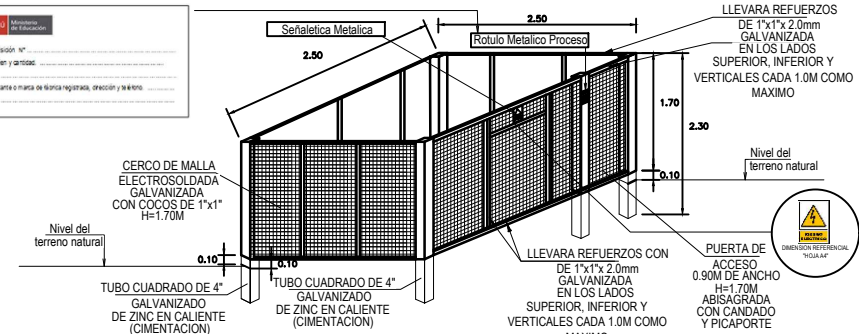
FOTO 7

FOTO 8 - Sucesivamente todas las mediciones

### OBSERVACIONES:

SELLO Y FIRMA DE PROFESIONAL RESPONSABLE:

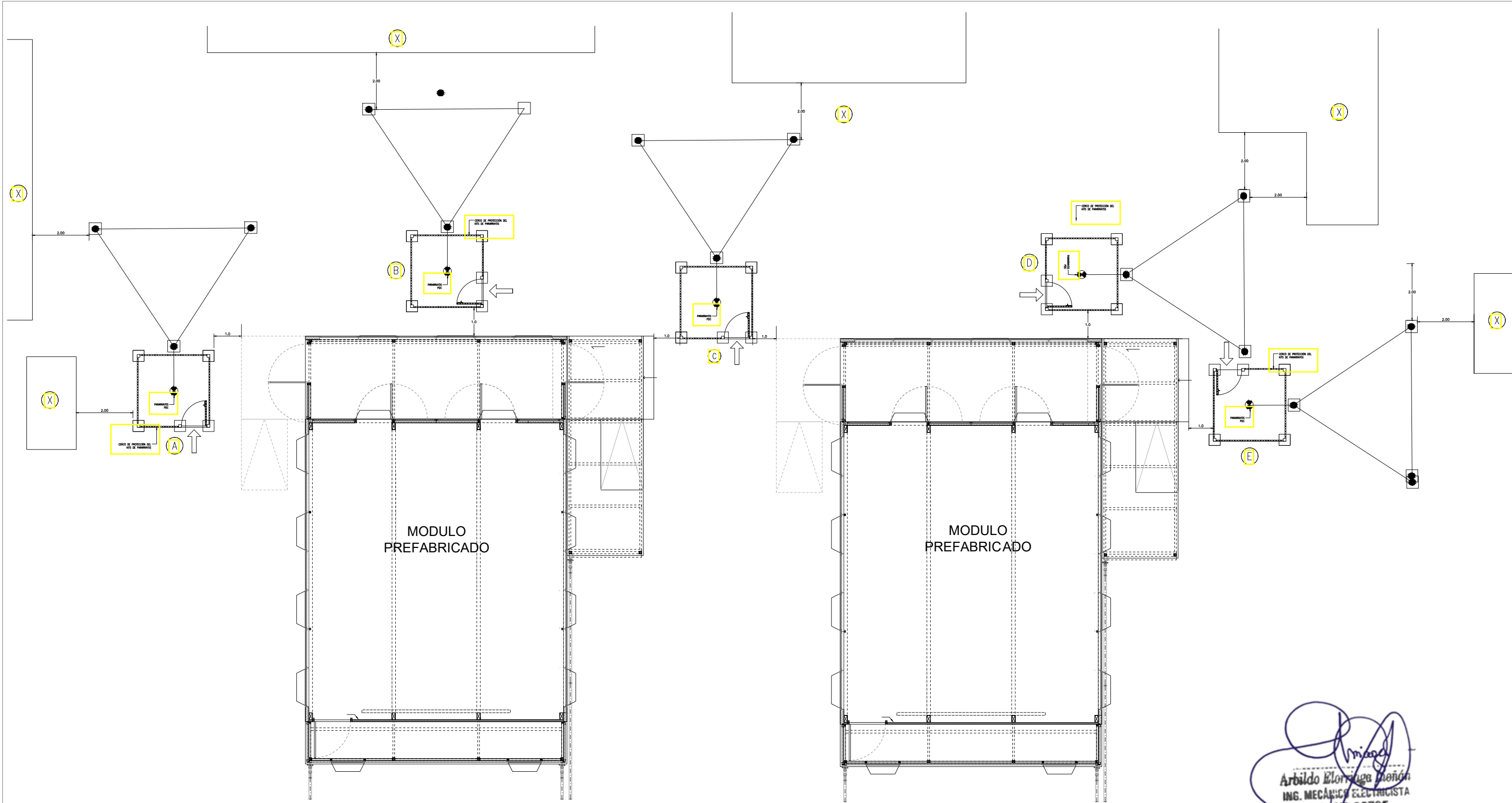
Nota: Se debe presentar un (01) protocolo de la medicion de la resistividad del terreno por Institucion Educativa debidamente firmado y sellado por un Ing. Electricista o mecánico Electricista. Anexando el Certificado de Calibración del Equipo de medición y Certificado de habilidad profesional del Ing. Responsable.



## ATERRAMIENTO Y CONEXION DE ESTRUCTURA (CERCO PROTECCIÓN)

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIÓN
1	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO TRENZADO TEMPLE BLANDO 50MM2.	S/REQ.	50mm <sup>2</sup>
2	POSTE METÁLICO DE ACERO O FIERRO DE SECCIÓN VARIABLE	1	13m
3	CONTADOR DE DESCARGAS	1	—
4	PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO: PDC (90M DE RADIO DE PROTECCION)	1	—
5	PIEZA DE ADAPTACIÓN CABEZA MASTIL DEL EQUIPO CAPTOR O PARARRAYOS (CONEXIÓN DEL PARARRAYO CON EL CONDUCTOR DE Cu DESNUDO)	1	—
6	ALETAS DE PLANCHA DE FIERRO	S/REQ.	—
7	SOLDADURA EXOTÉRMICA TIPO "CR-17, CR-3 O CC-2" (CONEXION AL NIVEL DEL SUELO O EN LA VARRILLA DE COBRE)	5	—
8	GRAPA CON FUSIÓN DE POLIAMIDA O NYLON PARA CABLE DE 50MM2.	S/REQ	—
9	GRAVA FINA ENCIMA DE TODO SISTEMA PUESTA A TIERRA DE 20CM DE ESPESOR, SEGUN LO INDICADO	S/REQ	—
10	PERNO DE 1/2"x1/2" + TUERCA Y ARANDELA	1	—
11	TERMINAL DE COMPRESIÓN PARA CONDUCTOR DE Cu 50mm <sup>2</sup> .	1	—
12	PLATINA SOLDADA DE CONEXIÓN A ESTRUCTURA METALICA	2	—
13	TUBERIA DE PVC-P 25mm DIAMETRO	S/REQ	—
14	SECCIONADOR EN CAJA (INCLUYE FUSION A ESTRUCTURA)	1	165x115x71mm (LxAxH)
15	RIEL SIMPLE REFORZADO LISO, SIMILAR A P1000 DE UNISTRUT P1000	S/REQ	1 5/8" x 1 5/8" O SIMILAR
16	ARANDELA DE SEGURIDAD DE ACERO INOXIDABLE	S/REQ	ø3/8" O SIMILAR
17	PERNO DE EXPANSIÓN SIMILAR A HILTI: KWIK BOLT 3	1	ø1/2"x2-3/4" O SIMILAR
18	ABRAZADERA DE 2 CUERPOS DE ACERO GALVANIZADO PARA TUBERÍA, SIMILAR A UNISTRUT P11113.	S/REQ	ø1" O SIMILAR

NOMBRE DEL PROFESIONAL:  Ing. Arboldo Elorriaga Inoñán	PROPIETARIO:  <div style="text-align: center;"> <b>MINISTERIO DE EDUCACIÓN</b>  <b>PROGRAMA NACIONAL DE</b>  <b>INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA - PRONIED</b> </div>			IE-PR-01
	PROYECTO:  KIT DE PARARRAYOS PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS			
	ESPECIALIDAD:  INSTALACIONES ELETROMECÁNICAS			
	PLANO:  DETALLES CONSTRUCTIVOS DEL KIT DE PARARRAYOS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA PROTECCIÓN DE MÓDULOS EDUCATIVOS			
ESPECIALIDAD:  Ingeniero Mecánico Electricista CIP N° 99795	ESCALA:  Referencial	DESARROLLADO:  A.E.I.	FECHA:  Junio de 2021	





EN EL PRESENTE PLANO SE MUESTRAN LAS POSIBLES UBICACIONES DE LOS KITS DE PARARRAYOS. INDICANDOSE CINCO (05) POSIBLES UBICACIONES LO MAS CERCANAS A LOS MODULOS PREFABRICADOS LA INSTALACION DE LOS KITS DE PARARRAYOS DEBE ESTAR SEPARADO UN MINIMO DE 2.00M DE CUALQUIER EDIFICACION DE MATERIAL NOBLE CON CIMENTACION. ESTE ESPACIAMIENTO MINIMO SEGUN EL CNE - SUMINISTRO - UTILIZACION.

EXISTEN EXCEPCIONES PARA LA APLICACIÓN DE ESTE ESPACIAMIENTO, QUE DE ENCONTRARSE ESPACIOS POCO ACCESIBLES SE COORDINADA CON EL AREA USUARIA LA SOLUCION.

LA PUERTA DE ACCESO DEBE TENER UN ACCESO LIBRE DESDE EL EXTERIOR DE 1.50M COMO MINIMO, PARA LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.

- (A) ALTERNATIVA N° A - POSIBLE UBICACION DEL KITS DE PARARRAYOS
- (B) ALTERNATIVA N° B - POSIBLE UBICACION DEL KITS DE PARARRAYOS
- (C) ALTERNATIVA N° C - POSIBLE UBICACION DEL KITS DE PARARRAYOS
- (D) ALTERNATIVA N° D - POSIBLE UBICACION DEL KITS DE PARARRAYOS
- (E) ALTERNATIVA N° E - POSIBLE UBICACION DEL KITS DE PARARRAYOS
- (X) EDIFICACION DE MATERIAL NOBLE. SEPARACION MINIMA 2.00M

 POZO A TIERRA INTERCONECTADO.

 KITS DE PARARRAYOS

*Arbildo Elorriaga Inoñán*  
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA  
CIP/ N° 99795

NOMBRE DEL PROFESIONAL: Ing. Arbildo Elorriaga Inoñán		PROYECTO: KIT DE PARARRAYOS PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	
ESPECIALIDAD: Ingeniero Mecánico Electricista CIP N° 99795		ESPECIALIDAD: INSTALACIONES ELETROMECÁNICAS	
ESCALA: Referencia		FECHA: Junio de 2021	
		U-PR-03	

**ANEXO D2**  
ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS  
KIT DE PARARRAYOS

**KIT PARARRAYOS**

**PROGRAMA NACIONAL DE  
INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA**

**MEMORIA DE CÁLCULO  
ESTRUCTURAS**



JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

## CONTENIDO

<b>1. ALCANCES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MEMORIA DE CÁLCULO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 MODELO 3D .....</b>	<b>4</b>
2.1.1 DEFINICIÓN DE SECCIONES METÁLICAS .....	5
<b>2.2 METRADO DE CARGAS .....</b>	<b>7</b>
2.2.1 CARGA MUERTA (D) .....	7
2.2.2 CARGAS DE VIENTO (W) .....	7
2.2.3 CARGA PRODUCIDA POR EL SISMO (E) .....	9
<b>2.3 COMBINACIONES (LRFD) .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 DISEÑO .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 ELEMENTOS MÁS ESFORZADOS .....	13
<b>2.5 DEFORMACIONES .....</b>	<b>15</b>
2.5.1 DEFORMACIONES POR CARGAS DE VIENTO (W) .....	15
2.5.2 DEFORMACIONES POR SISMO (E) .....	15
<b>2.6 DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN .....</b>	<b>16</b>
2.6.1 ASIGNACIÓN DE DATOS AL PROGRAMA SAFE .....	16
2.6.2 VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS SOBRE EL TERRENO .....	19
2.6.3 VERIFICACIÓN DE DISEÑO EN CONCRETO ARMADO .....	20

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

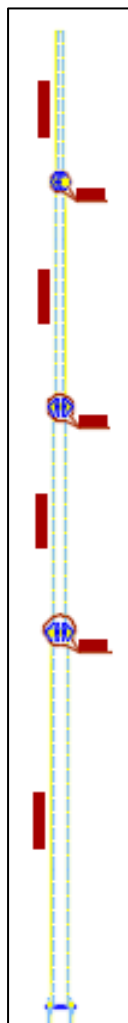
## 1. ALCANCES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente memoria de cálculo corresponde a los criterios utilizados para el diseño de las estructuras que conforman el kit de pararrayos.

La estructura esta conformada por un mástil de 4 cuerpos de 13m de altura total. El primer cuerpo inferior se propone de 5m de altura y de sección tubular circular de 8" de diámetro, el segundo cuerpo será de 3m y sección tubular circular de 6" de diámetro, el tercer cuerpo será de 3m y sección tubular circular de 4" de diámetro y el último cuerpo superior será de 2m y sección tubular circular de 3" de diámetro.

El sistema estructural se ha concebido con un mástil en voladizo en todas sus direcciones.

La estructura está empotrada en su base y contará con una zapata de concreto armado vaciada in situ.



  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

Figura 1.1 Estructura de mástil para pararrayo



## 2. MEMORIA DE CÁLCULO

### 2.1 MODELO 3D

Se emplea el programa SAP2000 V20 para realizar el modelo tridimensional y efectuar el análisis y diseño de las estructuras metálicas.

Los materiales empleados han sido:

Acero A53GrB                      Secciones circulares tubulares cédula 40

A continuación, se muestran las definiciones de propiedades de los materiales en programa. Se muestran en unidades Ton – m.

Material Property Data

Material Name: A53GrB

Material Type: Steel

Symmetry Type: Isotropic

Modulus of Elasticity: E = 20389019

Poisson: U = 0.3

Coeff of Thermal Expansion: A = 1.170E-05

Shear Modulus: G = 7641930

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 7.85, Mass per Unit Volume = 0.

Units: Tonf, m, C

Other Properties for Steel Materials:

Minimum Yield Stress, Fy	24907.437
Minimum Tensile Stress, Fu	42184.18
Expected Yield Stress, Fye	27068.181
Expected Tensile Stress, Fue	46402.6

Advanced Material Property Data:

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties... Thermal Properties...

OK Cancel

Se muestran las imágenes correspondientes al modelo tridimensional:

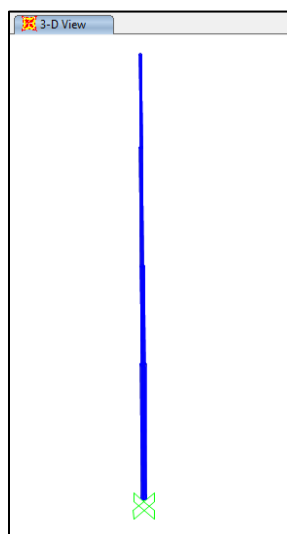


Figura 2.1 Modelo 3D

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHEA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

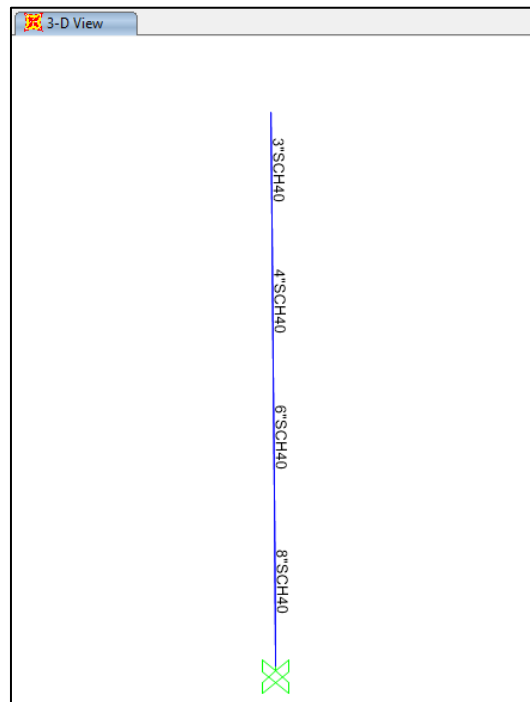
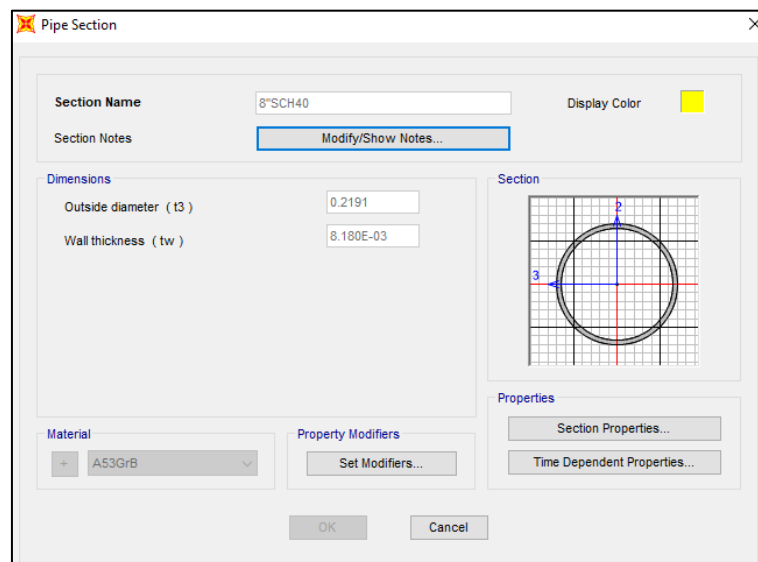


Figura 2.2 Elevación pórticos principales

### 2.1.1 DEFINICIÓN DE SECCIONES METÁLICAS



Columna tubular circular 8"SCH40

  
**JAVIER ANTONIO  
 VARGAS PEROCHENA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 143585

**Pipe Section**

Section Name: 6" SCH40 Display Color: ■

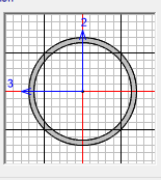
Section Notes:

**Dimensions**

Outside diameter (t3): 0.1683

Wall thickness (tw): 7.110E-03

**Section**



**Material**

+ A53GrB

**Property Modifiers**

**Properties**

Columna tubular circular 6" SCH40

**Pipe Section**

Section Name: 4" SCH40 Display Color: ■

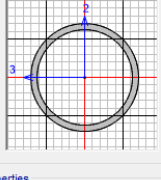
Section Notes:

**Dimensions**

Outside diameter (t3): 0.1143

Wall thickness (tw): 6.020E-03

**Section**



**Material**

+ A53GrB

**Property Modifiers**

**Properties**

Columna tubular circular 4" SCH40

**Pipe Section**

Section Name: 3" SCH40 Display Color: ■

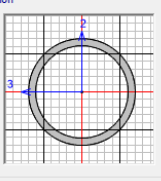
Section Notes:

**Dimensions**

Outside diameter (t3): 0.0889

Wall thickness (tw): 5.490E-03

**Section**



**Material**

+ A53GrB

**Property Modifiers**

**Properties**

Columna tubular circular 3" SCH40

  
**JAVIER ANTONIO  
 VARGAS PEROCHENA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 143585**

## 2.2 METRADO DE CARGAS

### 2.2.1 CARGA MUERTA (D)

Los elementos modelados tienen su peso específico como una propiedad del material, con excepción de lo siguiente:

Equipo de Pararrayos

10.00 Kg

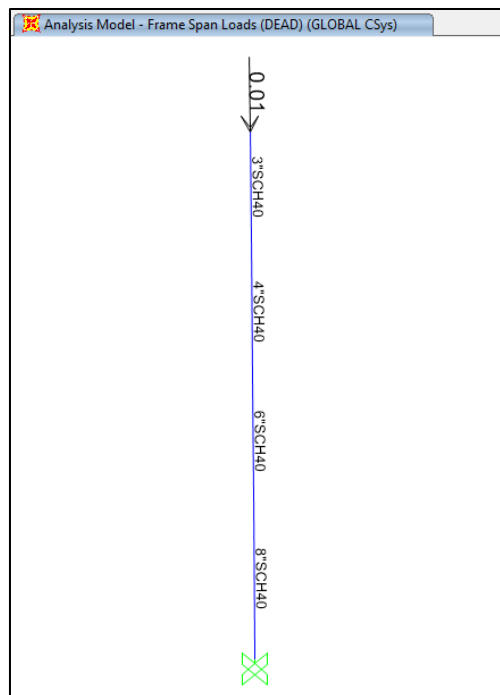


Figura 2.3 Carga muerta asignada

### 2.2.2 CARGAS DE VIENTO (W)

Se considera un tipo de carga de viento sobre la estructura:

W1: Viento contra superficie vertical.

Asimismo, se consideró la velocidad básica del viento  $V_h=130\text{km/h}$  considerando como nivel 0 el nivel del terreno natural.

$$V_h = V(h/10)^{0,22}$$

donde:

$V_h$  : velocidad de diseño en la altura  $h$  en Km/h  
 $V$  : velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h  
 $h$  : altura sobre el terreno en metros

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

Las presiones y succiones se definieron de acuerdo a Norma en base a:

$$P_h = 0,005 \ C \ V_h^2$$

donde:

- $P_h$  : presión o succión del viento a una altura  $h$  en Kg/m<sup>2</sup>
- $C$  : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 3.7.4
- $V_h$  : velocidad de diseño a la altura  $h$ , en Km/h definida en 3.7.3

Y los valores de C de acuerdo a la tabla 3.7.4:

TABLA 3.7.4  
 FACTORES DE FORMA (C) \*

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3 -0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7 -0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas(planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

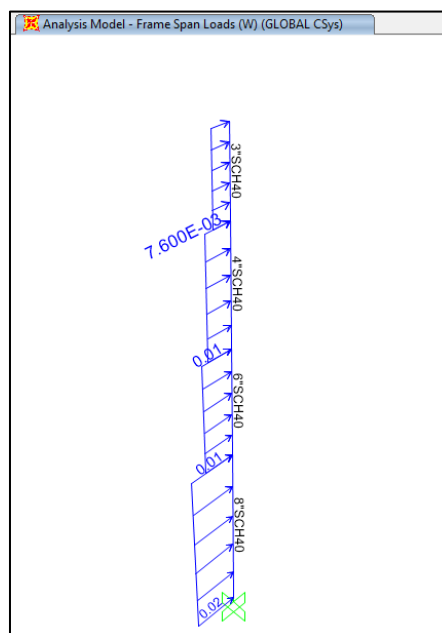


Figura 2.4 Carga de Viento W

  
 JAVIER ANTONIO  
 VARGAS PEROCHEÑA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 143585

### 2.2.3 CARGA PRODUCIDA POR EL SISMO (E)

La evaluación de las cargas de sismo se realizó de acuerdo a lo indicado en la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

Los parámetros y la nomenclatura a utilizarse para la evaluación de las fuerzas sísmicas son los siguientes:

- Factor de Zona:  $Z = 0.35g$
- Factor de Suelo:  $S = 1.20$
- Período que define la plataforma del espectro:  $T_p = 1.00''$
- Periodo de inicio de C con desplazamiento constante:  $T_I = 1.60''$
- Factor de Uso:  $U = 1.50$
- Factor de Amplificación sísmica:  $C =$  de acuerdo al valor del periodo T de la estructura

Los parámetros indicados corresponden a la zona más crítica donde se podría ejecutar uno de los módulos.

Tomando los parámetros sísmicos podemos calcular la fracción en función del peso de la estructura (P), que será aplicado como carga horizontal de sismo.

La norma NTE-E030 nos da la siguiente expresión para evaluar la fuerza sísmica horizontal:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P$$

El coeficiente de reducción empleado en cada dirección es de:

**R<sub>x</sub> = 3.00 (OMF) regular**

**R<sub>y</sub> = 3.00 (OMF) regular**

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

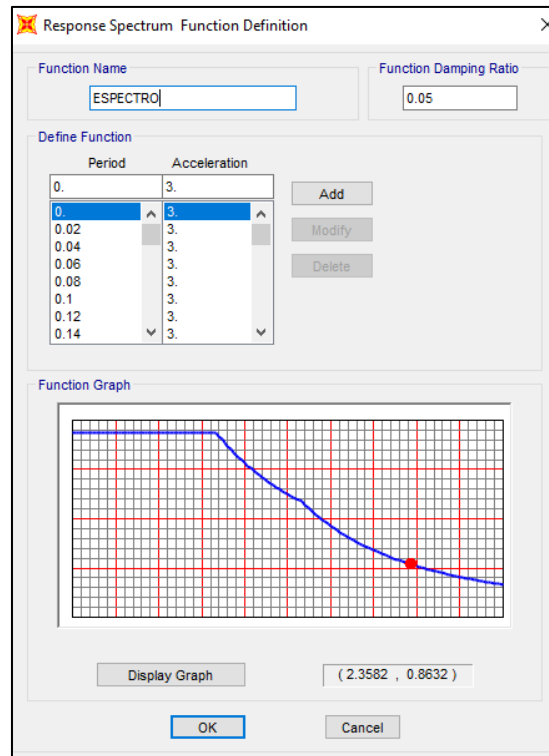


Figura 2.5 Espectro Sísmico

**Mass Source Data**

Mass Source Name:

**Mass Source**

☐ Element Self Mass and Additional Mass  
☒ Specified Load Patterns

**Mass Multipliers for Load Patterns**

Load Pattern	Multiplier
DEAD	1.
DEAD	1.

Buttons: Add, Modify, Delete

Buttons: OK, Cancel

Figura 2.6 Masas asignadas para análisis dinámico

  
 JAVIER ANTONIO  
 VARGAS PEROCHENA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 143585

**Load Case Data - Response Spectrum**

Load Case Name:  Set Def Name Modify/Show...

Modal Combination

☒ CQC ☐ SRSS ☐ Absolute ☐ GMC ☐ NRC 10 Percent ☐ Double Sum

GMC f1:  GMC f2:  Periodic + Rigid Type:

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case:

☒ Standard - Acceleration Loading ☐ Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	ESPECTROZ	1.7168
Accel	U1	ESPECTROZ3-S	1.7168

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:  Modify/Show...

Load Case Type:  Design...

Directional Combination

☒ SRSS ☐ CQC3 ☐ Absolute

Scale Factor:

Mass Source:

Diaphragm Eccentricity

Eccentricity Ratio:  Override Eccentricities:

OK Cancel

Figura 2.7 Caso respuesta espectral Sismo Sx

**Load Case Data - Response Spectrum**

Load Case Name:  Set Def Name Modify/Show...

Modal Combination

☒ CQC ☐ SRSS ☐ Absolute ☐ GMC ☐ NRC 10 Percent ☐ Double Sum

GMC f1:  GMC f2:  Periodic + Rigid Type:

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case:

☒ Standard - Acceleration Loading ☐ Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	ESPECTROZ	1.7168
Accel	U2	ESPECTROZ3-S	1.7168

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:  Modify/Show...

Load Case Type:  Design...

Directional Combination

☒ SRSS ☐ CQC3 ☐ Absolute

Scale Factor:

Mass Source:

Diaphragm Eccentricity

Eccentricity Ratio:  Override Eccentricities:

OK Cancel

Figura 2.8 Caso respuesta espectral Sismo Sy

  
 JAVIER ANTONIO  
 VARGAS PEROCHEÑA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 143585



## 2.3 COMBINACIONES (LRFD)

Combinaciones de diseño

Comb1	= 1.4D
Comb2	= 1.2D + 0.8W
Comb3	= 1.2D + 1.3W
Comb4	= 1.2D + EX
Comb5	= 1.2D + EY
Comb6	= 0.9 D + 1.3W
Comb7	= 0.9 D + EX
Comb8	= 0.9 D + EY

Combinaciones mayoradas válidas para el diseño por resistencia (LRFD) según la Norma Peruana E- 090 y el AISC.

## 2.4 DISEÑO

Con las combinaciones de diseño, empleando el programa SAP 2000 y con las cargas ya ingresadas, se procedió al diseño de la estructura.

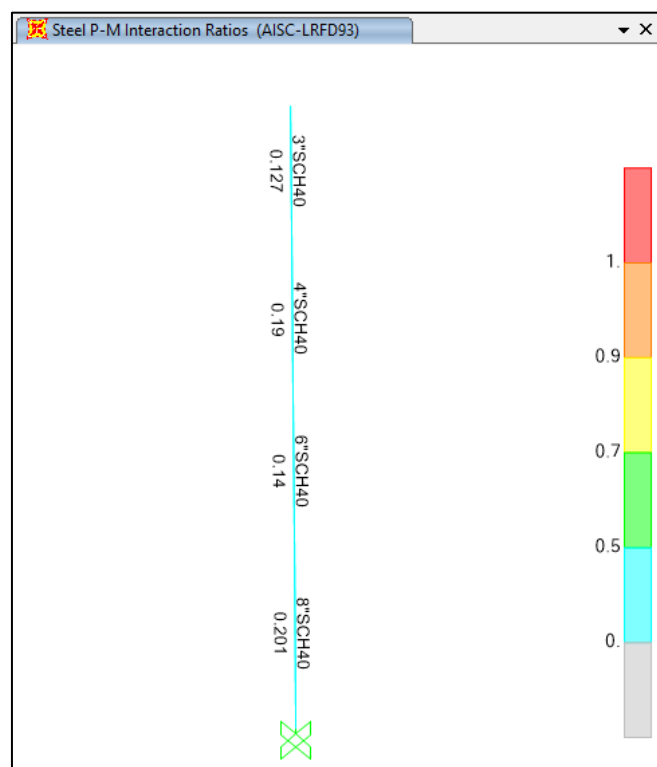


Figura 2.9 Ratio demanda/capacidad de Estructura 3D

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

A continuación, se muestra el detalle de diseño para los elementos más esforzados de cada tipo:

## 2.4.1 ELEMENTOS MÁS ESFORZADOS

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Combo : 1.2D+1.3W

Units : Tonf, m, C

Units Tonf, m, C

Frame : 1

Design Sect: 8" SCH40

X Mid : 6.000

Design Type: Column

Y Mid : 0.000

Frame Type : Moment Resisting Frame

Z Mid : 2.500

Sect Class : Compact

Length : 5.000

Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3

Loc : 0.000

RLLF : 1.000

Area : 0.005

SMajor : 2.756E-04

rMajor : 0.075

AVMajor: 0.003

IMajor : 3.019E-05

SMInor : 2.756E-04

rMInor : 0.075

AVMInor: 0.003

IMInor : 3.019E-05

ZMajor : 3.641E-04

E : 20389019.158

Ixy : 0.000

ZMInor : 3.641E-04

Fy : 24607.437

DESIGN MESSAGES

Warning:  $kl/r > 200$  (AISC-LRFD B7, AISC-LRFD SAM 4)

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-0.454	1.348	0.000	0.255	0.000	0.000

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing	Total	P	MMajor	MMInor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(H1-lb)	0.201	= 0.034	+ 0.167	+ 0.000	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-0.454	6.699	120.041

MOMENT DESIGN

	Mu	phi*Mn	Cm	B1	B2	K	L	Cb
	Moment	Capacity	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1.348	8.063	1.000	1.053	1.000	2.000	2.600	1.000
Minor Moment	0.000	8.063	1.000	1.053	1.000	2.000	2.600	

Figura 2.10 Detalle diseño tubo 8"sch40

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Combo : 1.2D+1.3W

Units : Tonf, m, C

Units Tonf, m, C

Frame : 2

Design Sect: 6" SCH40

X Mid : 6.000

Design Type: Column

Y Mid : 0.000

Frame Type : Moment Resisting Frame

Z Mid : 6.500

Sect Class : Compact

Length : 3.000

Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3

Loc : 0.000

RLLF : 1.000

Area : 0.004

SMajor : 1.392E-04

rMajor : 0.057

AVMajor: 0.002

IMajor : 1.172E-05

SMInor : 1.392E-04

rMInor : 0.057

AVMInor: 0.002

IMInor : 1.172E-05

ZMajor : 1.849E-04

E : 20389019.158

Ixy : 0.000

ZMInor : 1.849E-04

Fy : 24607.437

DESIGN MESSAGES

Warning:  $kl/r > 200$  (AISC-LRFD B7, AISC-LRFD SAM 4)

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0.000

-0.199

0.417

0.000

0.118

0.000

0.000

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing

Total

P

MMajor

MMInor

Ratio

Ratio

Ratio

Limit

Status

Equation

Ratio

Ratio

Ratio

Ratio

Check

(H1-lb)

0.140

=

0.038

+

0.102

+

0.000

0.950

OK

AXIAL FORCE DESIGN

Pu

phi\*Pnc

phi\*Pnt

Force

Capacity

Capacity

Axial

-0.199

2.604

79.738

MOMENT DESIGN

Mu

phi\*Mn

Cm

B1

B2

K

L

Cb

Moment

Capacity

Factor

Factor

Factor

Factor

Factor

Factor

Major Moment

0.417

4.094

1.000

1.060

1.000

2.000

4.330

1.000

Minor Moment

0.000

4.094

1.000

1.060

1.000

2.000

4.330

Figura 2.11 Detalle diseño tubo 6"sch40

  
**JAVIER ANTONIO**  
**VARGAS PEROCHEÑA**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP N° 143585**

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Combo : 1.2D+EX

Units : Tonf, m, C

Units | Tonf, m, C

Frame : 3

Design Sect: 4" SCH40

X Mid : 6.000

Design Type: Column

Y Mid : 0.000

Frame Type : Moment Resisting Frame

Z Mid : 9.500

Sect Class : Compact

Length : 3.000

Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3

Loc : 0.000

RLLF : 1.000

Area : 0.002

SMajor : 5.268E-05

rMajor : 0.038

AVMajor: 0.001

IMajor : 3.011E-06

SMinor : 5.268E-05

rMinor : 0.038

AVMinor: 0.001

IMinor : 3.011E-06

ZMajor : 7.065E-05

E : 20389019.158

Ixy : 0.000

ZMinor : 7.065E-05

Fy : 24607.437

DESIGN MESSAGES

Warning:  $kl/r > 200$  (AISC-LRFD B7, AISC-LRFD SAM 4)

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0.000

-0.097

-0.184

0.000

-0.046

0.000

0.000

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing

Total

P

MMajor

MMinor

Ratio

Status

Equation

Ratio

Ratio

Ratio

Ratio

Limit

Check

(H1-lb)

0.190

=

0.072

+

0.117

+

0.000

0.950

OK

AXIAL FORCE DESIGN

Pu

phi\*Pnc

phi\*Pnt

Force

Capacity

Capacity

Axial

-0.097

0.669

45.353

MOMENT DESIGN

Mu

phi\*Mn

Cm

B1

B2

K

L

Cb

Moment

Capacity

Factor

Factor

Factor

Factor

Factor

Major Moment

-0.184

1.565

1.000

1.121

1.000

2.000

4.330

1.000

Minor Moment

0.000

1.565

1.000

1.121

1.000

2.000

4.330

Figura 2.12 Detalle diseño tubo 4"sch40

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Combo : 1.2D+EY

Units : Tonf, m, C

Units

Tonf, m, C

Frame : 4

Design Sect: 3"SCH40

X Mid : 6.000

Design Type: Column

Y Mid : 0.000

Frame Type : Moment Resisting Frame

Z Mid : 12.000

Sect Class : Compact

Length : 2.000

Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3

Loc : 0.000

RLLF : 1.000

Area : 0.001

SMajor : 2.827E-05

rMajor : 0.030

AVMajor: 7.214E-04

IMajor : 1.257E-06

SMinor : 2.827E-05

rMinor : 0.030

AVMinor: 7.214E-04

IMinor : 1.257E-06

ZMajor : 3.825E-05

E : 20389019.158

Ixy : 0.000

ZMinor : 3.825E-05

Fy : 24607.437

DESIGN MESSAGES

Warning:  $kl/r > 200$  (AISC-LRFD B7, AISC-LRFD SAM 4)

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0.000

-0.039

0.000

-0.048

0.000

-0.024

0.000

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing

Total

P

MMajor

MMinor

Ratio

Status

Equation

Ratio

Ratio

Ratio

Limit

Check

(H1-lb)

0.127

=

0.070

+

0.000

+

0.057

0.950

OK

AXIAL FORCE DESIGN

Pu

phi\*Pnc

phi\*Pnt

Force

Capacity

Capacity

Axial

-0.039

0.279

31.860

MOMENT DESIGN

Mu

phi\*Mn

Cm

B1

B2

K

L

Cb

Moment

Capacity

Factor

Factor

Factor

Factor

Factor

Major Moment

0.000

0.847

1.000

1.117

1.000

2.000

6.500

1.000

Minor Moment

-0.048

0.847

1.000

1.117

1.000

2.000

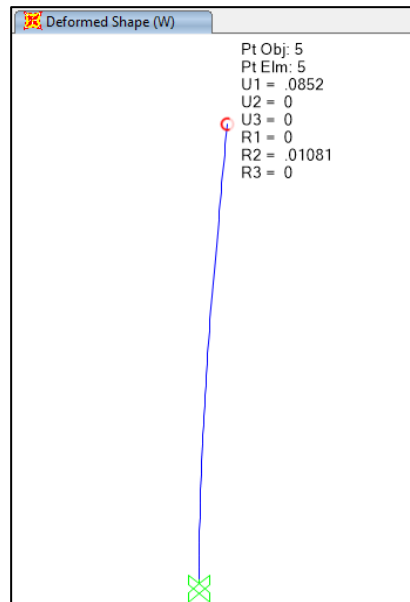
6.500

Figura 2.13 Detalle diseño tubo 3"sch40

  
**JAVIER ANTONIO**  
**VARGAS PERENCHENA**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP N° 143585**

## 2.5 DEFORMACIONES

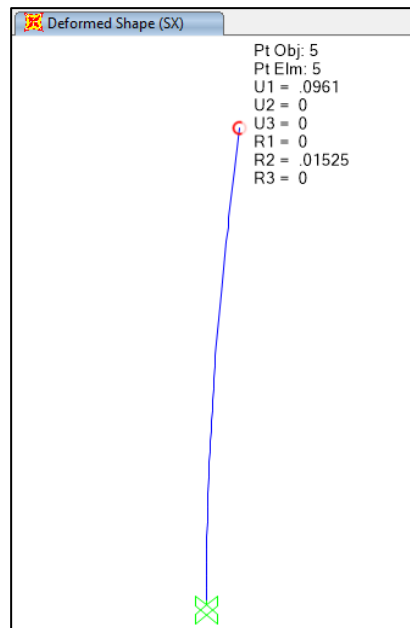
### 2.5.1 DEFORMACIONES POR CARGAS DE VIENTO (W)



Deformación Lateral por caso Viento W

Deformación W = 8.52 cm = H/155 < H/100 **Ok!**

### 2.5.2 DEFORMACIONES POR SISMO (E)



Deformación Lateral por caso Sismo

Deformación Sx = 0.0961x0.75x3x100 = 21.62cm

Deriva sísmica = 21.62cm / 1300 cm = 0.0166 < 0.020 **Ok!**

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

## 2.6 DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN

El procedimiento para realizar el análisis de la losa de cimentación ha sido obtener las fuerzas del programa SAP2000 v20 para exportarlas al programa SAFE v16, para realizar el cálculo de esfuerzos admisibles sobre el terreno y el diseño en concreto armado de los mismos.

### 2.6.1 ASIGNACIÓN DE DATOS AL PROGRAMA SAFE

Se ha considerado un valor de presión admisible de 1.00 kg/cm<sup>2</sup> para lo cual se ha asignado un valor de módulo de reacción del suelo de 2.20 kg/cm<sup>3</sup>. Estas características de suelo se han asumido para el caso más crítico que podría encontrarse.

#### a) Materiales

Material Property Data

General Data

Material Name: CONC

Material Type: Concrete

Material Display Color: [Blue Square] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight

Weight per Unit Volume: 2.4E+00 Tonn/m3

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2200000 Tonn/m2

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.9E-06 1/C

Shear Modulus, G: 956521.74 Tonn/m2

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2100 Tonn/m2

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: [Empty Box]

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

☒ Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

☐ User Specified [Empty Box]

OK Cancel

Asignación de material concreto

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHEÑA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

b) Secciones de Concreto

Slab Property Data

General Data

Property Name: ZAPATA130

Slab Material: fc210

Display Color: [Blue] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Analysis Property Data

Type: Footing

Thickness: 1.3 m

☒ Thick Plate ☐ Orthotropic

OK Cancel

Asignación de Zapata  $h = 1.30\text{m}$

c) Suelo de Cimentación:

Soil Subgrade Property Data

General Data

Property Name: SOIL1

Display Color: [Cyan] Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Property

Subgrade Modulus (Compression Only): 2.2E+03 Tonf/m3

Nonlinear Option (Nonlinear Cases Only)

☐ None (Linear)

☐ Tension Only

☒ Compression Only

☐ Elasto-Plastic

Compression Stiffness: [ ]

Compression Strength: [ ]

Tension Stiffness: [ ]

Tension Strength: [ ]

OK Cancel

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

d) Combinación de Cargas en Servicio: La verificación de esfuerzos se realiza bajo cargas de servicio y de acuerdo a las combinaciones establecidas en la norma E020 Cargas, que se indican a continuación:

- (1) D
- (2) D + L
- (3) D + (W ó 0.70E)
- (4)  $\alpha[D+L+(W \text{ ó } 0.70E)]$

Donde:

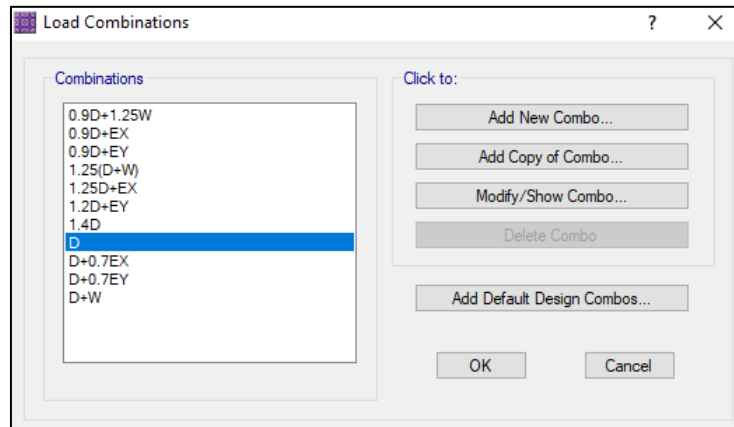
D = Carga muerta

L = Carga viva

W = Carga de viento

E = Carga de sismo

$\alpha = 0.75$



Asignación de las Combinaciones de Cargas de Servicio

e) Combinación de Cargas Últimas: El diseño de los elementos de concreto armado se realizan con las combinaciones establecidas en la norma E060 Concreto Armado:

- (1) 1.4D+1.7L
- (2) 1.25(D+L+W)
- (3) 0.90D+1.25W
- (4) 1.25(D+L)+E
- (5) 0.90D+E

Donde:

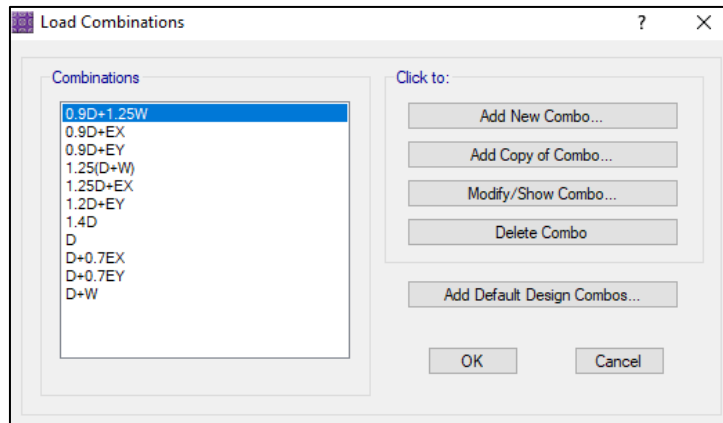
D = Carga muerta

L = Carga viva

W = Carga de viento

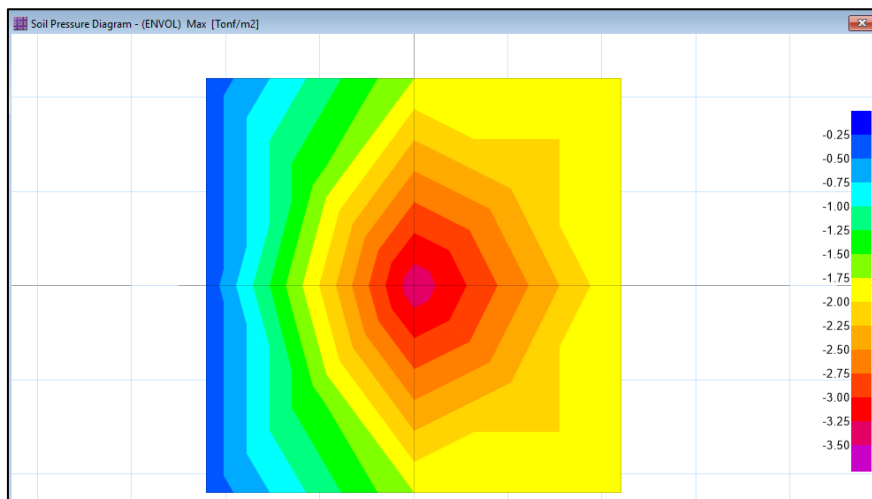
E = Carga de sismo

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

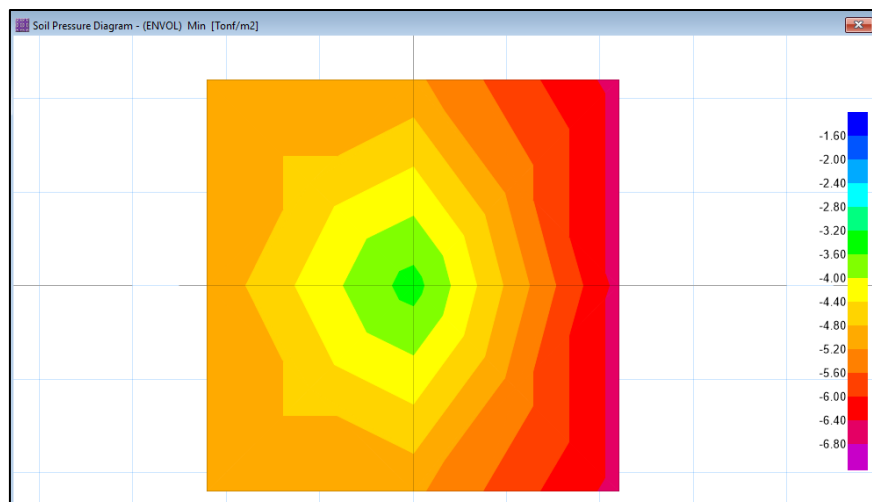


Asignación de las Combinaciones de Cargas Últimas

## 2.6.2 VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS SOBRE EL TERRENO



Esfuerzos Admisibles sobre el terreno (Envolvente Máxima)



Esfuerzos Admisibles sobre el terreno (Envolvente Mínima)

  
 JAVIER ANTONIO  
 VARGAS PEROCHENA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 143585

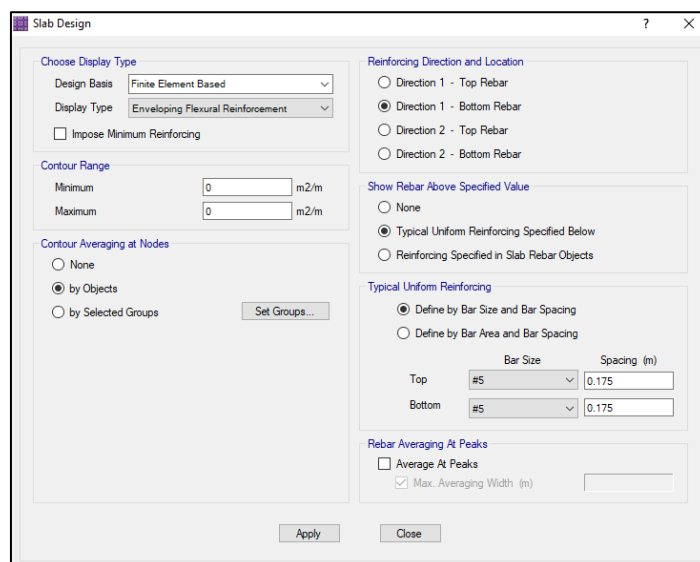


Se verifica que en ningún caso de envolvente se exceden el valor de presión admisible de  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  ( $10 \text{ Ton/m}^2$ ). Además, en ningún caso se producen tracciones sobre el terreno.

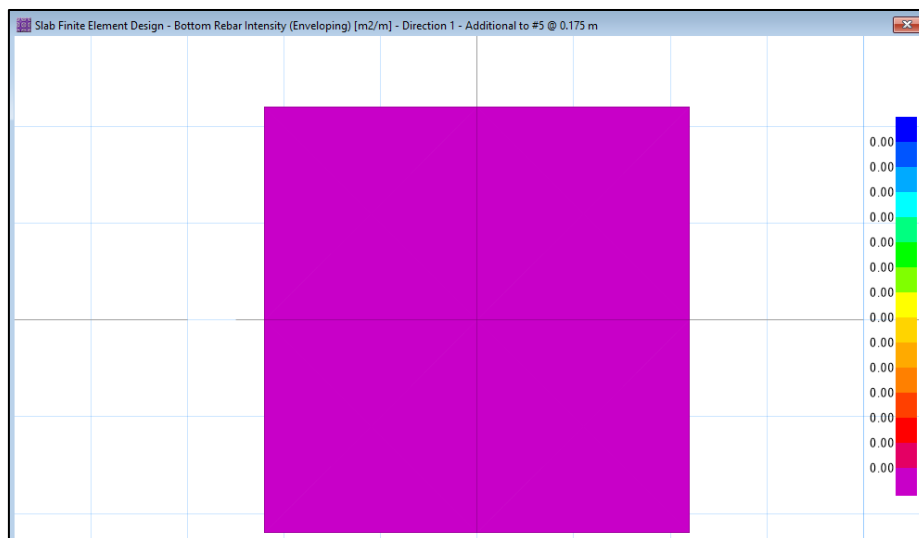
La dimensión de zapata propuesta es de  $1.10\text{m} \times 1.10\text{m}$  de área y  $1.30\text{m}$  de peralte.

### 2.6.3 VERIFICACIÓN DE DISEÑO EN CONCRETO ARMADO

En el programa SAFE2016 se ha asignado para la zapata el acero de  $\Phi 5/8"@0.175 \text{ m}$  por cuantía mínima y se verifica la cantidad de acero necesario adicional que se necesitaría:

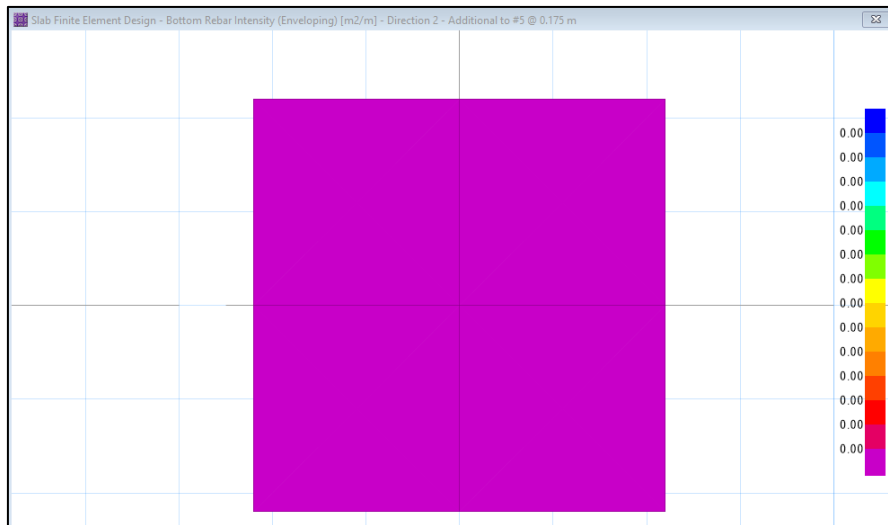


Asignación del acero de refuerzo en la zapata



Verificación de Acero Adicional en la Dirección X

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHEÑA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585



### Verificación de Acero Adicional en la Dirección Y

Se verifica que con la malla de acero asignada de  $\varnothing 5/8'' @ 0.175\text{m}$ , no se requiere acero adicional para ninguna de las dos direcciones de análisis.

  
JAVIER ANTONIO  
VARGAS PEROCHENA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 143585

