

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA EL
PROYECTO DE LA AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN
PIURA OESTE**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

**ELABORADO POR
ALEXANDER OLGUI BECERRA FLORES**

**ASESOR
MSc. LUIS RICARDO PROAÑO TATAJE**

Lima- Perú

2023

© 2023, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Trabajo de Suficiencia Profesional, en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Becerra Flores, Alexander Olgui

alexandero.becerra.flores@gmail.com.

954140370 – 2609412

DEDICATORIA

A mi padre Demetrio que está en el cielo, que siempre me apoyo y aconsejo en todos los aspectos de mi vida. A mí Madre y mis hermanas por alentarme constantemente y su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por permitirme haber llegado a estas instancias de mi profesión y a quien siempre le estaré agradecido por todos los logros obtenidos y por haber.

A mi madre, por todo su apoyo e insistencia en que logre dar este gran paso en mi carrera, y que con poco me dio mucho en la vida.

A mis hermanas a quienes siempre les estaré agradecido por sus consejos y enseñanzas y por ser grandes ejemplos a seguir.

Al ingeniero Ricardo Proaño por su paciencia y sus consejos para lograr sacar este proyecto.

Y por último a alguien muy especial como mi padre que está en cielo que fue la persona que influyó en mi para ser un profesional y que me brindo todo su apoyo en vida y que ahora guía mis pasos desde arriba para ser un hombre de bien.

	Pág.
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
PRÓLOGO	9
LISTA DE TABLAS.....	10
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	18
1.1. GENERALIDADES	18
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. Objetivo general	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	20
2.1. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	20
2.1.1. Definición	20
2.1.2. Clasificación de subestaciones	20
2.1.2.1. Según su función.....	20
2.1.2.2. Según su emplazamiento.....	22
2.2. ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA SUBESTACIÓN.....	24
2.2.1. Equipos de patio	24
2.2.2. Barras y conductores	25
2.2.3. Obras civiles	25
2.2.4. Estructuras de soporte	27
CAPÍTULO III: CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	30
3.1. SISTEMA ESTRUCTURAL	30
3.2. GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA	30
3.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	31
3.3.1. Montantes	31
3.3.2. Diagonales	32

3.3.3.	Cierres y arriostres.....	33
3.3.4.	Elementos redundantes	34
3.4.	DISEÑO DE ELEMENTOS.....	35
3.5.	SOFTWARE DE ANÁLISIS Y DISEÑO.....	35
3.5.1.	PLS TOWER (Versión 17.50)	35
3.5.2.	SAP 2000 (Versión 21.1)	36
3.6.	CONTROL DE DEFORMACIONES	37
3.7.	MATERIALES.....	38
3.7.1.	Acero.....	38
3.7.2.	Perfiles	39
3.7.3.	Tornillos y accesorios.....	39
3.7.4.	Condiciones generales para conexiones atornilladas según el AISC 360. .40	
3.7.5.	Platinas	41
3.7.6.	Pernos de anclaje	41
3.7.7.	Soldadura.....	41
3.8.	SOLICITACIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS	41
3.8.1.	Peso propio.....	42
3.8.2.	Cargas de conductores	42
3.8.3.	Cargas de viento	46
3.8.4.	Cargas de sismo	49
3.8.4.1.	Factor de peligro sísmico (Z).....	49
3.8.4.2.	Factor de uso o importancia (U).....	49
3.8.4.3.	Parámetro de suelo (S).....	50
3.8.4.4.	Factor de amplificación sísmica (C).....	50
3.8.4.5.	Coefficiente de reducción sísmica (R).....	51
3.8.5.	Cargas de montaje y mantenimiento	51
3.9.	COMBINACIONES DE CARGA	51
	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL SEGÚN LA NORMA ASCE 10.....	55
4.1.	TAMAÑOS MÍNIMOS	55
4.2.	RELACIONES DE ESBELTEZ	56
4.2.1.	Condiciones de extremos.....	57

4.3.	CAPACIDAD A COMPRESIÓN.....	59
4.4.	CAPACIDAD A TRACCIÓN.....	61
4.5.	CAPACIDAD A CORTANTE.....	63
4.6.	CAPACIDAD AL APLASTAMIENTO.....	64
4.7.	CAPACIDAD DE RUPTURA.....	64
4.8.	CAPACIDAD A FLEXOCOMPRESIÓN.....	66
4.9.	CAPACIDAD A FLEXOTRACCIÓN.....	68
4.10.	SOLDADURA.....	69
4.11.	PLACAS BASES.....	69
4.12.	PERNOS DE ANCLAJES.....	69
	CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	71
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	71
5.2.	SISTEMA ESTRUCTURAL PÓRTICO - 220 kV.....	76
5.3.	MODELO ESTRUCTURAL PÓRTICO - 220 kV.....	76
5.3.1.	Isométrico de estructuras.....	76
5.3.2.	Identificación de estructuras.....	77
5.3.2.1.	<i>Identificación de estructuras de pórticos patio - 220 kV.....</i>	<i>78</i>
5.3.2.2.	<i>Identificación de estructuras de pórtico patio - 220 kV (existente).....</i>	<i>79</i>
5.4.	MODELAMIENTO EN PLS TOWER PÓRTICO-220 kV.....	80
5.4.1.	Datos generales.....	81
5.4.2.	Componentes.....	82
5.4.2.1.	<i>Acero.....</i>	<i>82</i>
5.4.2.2.	<i>Grapas.....</i>	<i>82</i>
5.4.2.3.	<i>Aislador.....</i>	<i>83</i>
5.4.3.	Geometría.....	83
5.4.3.1.	<i>Nudos.....</i>	<i>84</i>
5.4.4.	Secciones.....	86
5.4.5.	Grupos.....	88
5.4.5.1.	<i>Etiqueta de grupo.....</i>	<i>88</i>
5.4.5.2.	<i>Descripción de grupo.....</i>	<i>89</i>
5.4.5.3.	<i>Tipo de ángulo.....</i>	<i>89</i>
5.4.5.4.	<i>Tamaño de ángulo.....</i>	<i>89</i>

5.4.5.5.	Tipo de material.....	89
5.4.5.6.	Tipo de elemento.....	89
5.4.5.7.	Tipo de Grupo	89
5.4.6.	Miembros	93
5.4.6.1.	Etiqueta de miembro	94
5.4.6.2.	Etiqueta de grupo	94
5.4.6.3.	Etiqueta de sección	94
5.4.6.4.	Código de simetría	95
5.4.6.5.	Nudo de origen.....	95
5.4.6.6.	Nudo final	95
5.4.6.7.	Código de excentricidad.....	95
5.4.6.8.	Código de restricción.....	95
5.4.6.9.	Coefficientes de longitud no arriostrado.....	95
5.4.6.10.	Tipo de perno	96
5.4.6.11.	Número de pernos.....	96
5.4.6.12.	Número de perforaciones.....	96
5.4.6.13.	Número de planos de corte	96
5.4.6.14.	Lado conectado	97
5.4.6.15.	Distancia corta al borde (f)	97
5.4.6.16.	Distancia larga+ al borde (g)	97
5.4.6.17.	Distancia al extremo (e).....	97
5.4.6.18.	Distancia entre pernos (s)	98
5.4.7.	Copia de secciones.....	98
5.4.8.	Aisladores	99
5.4.9.	Cargas	99
5.4.9.1.	Carga Muerta	101
5.4.9.2.	Cargas de conexión.....	102
5.4.9.3.	Carga de montaje y mantenimiento.....	103
5.4.9.4.	Carga de sismo	103
5.4.9.5.	Carga de viento	106
5.5.	DISEÑO Y VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL PÓRTICO-220 kV.....	107
5.5.1.	Modelo estructural.....	107

5.5.2.	Revisión de deformaciones máximas	108
5.5.3.	Verificación estructural – Pórtico 1 – 220 kV	111
5.5.4.	Verificación estructural de planchas bases.....	113
5.5.4.1.	<i>Geometría de la plancha</i>	113
5.5.4.2.	<i>Revisión aplastamiento del concreto</i>	114
5.5.4.3.	<i>Revisión de la plancha</i>	114
5.5.5.	Verificación estructural de soldadura.....	115
5.5.5.1.	<i>Materiales</i>	115
5.5.5.2.	<i>Solicitaciones</i>	116
5.5.5.3.	<i>Geometría de conexión</i>	116
5.5.5.4.	<i>Esfuerzos</i>	116
5.5.5.5.	<i>Revisión espesor de soldadura</i>	116
5.5.6.	Diseño de pernos de anclaje.....	117
5.5.6.1.	<i>Propiedades de los materiales</i>	118
5.5.6.2.	<i>Geometría de los elementos de fijación</i>	118
5.5.6.3.	<i>Distancias de borde</i>	119
5.5.6.4.	<i>Cálculo de hef</i>	120
5.5.6.5.	<i>Cálculo de Pernos</i>	120
5.6.	SISTEMA ESTRUCTURAL SOPORTE DE EQUIPO - 220 kV	126
5.6.1.	Geometría de soporte	127
5.6.2.	Identificación de estructuras	127
5.7.	MODELAMIENTO EN SAP 2000 AISLADOR POSTE-220 kV.....	128
5.7.1.	Cargas en las estructuras de soporte	128
5.7.1.1.	<i>Cargas de conexión</i>	128
5.7.1.2.	<i>Carga de montaje y mantenimiento</i>	129
5.7.1.3.	<i>Carga de sismo</i>	129
5.7.1.4.	<i>Carga de viento</i>	132
5.8.	DISEÑO Y VERIFICACIÓN AISLADOR POSTE-220 kV	133
5.8.1.	Modelo estructural.....	133
5.8.2.	Fuerzas máximas en los elementos.....	135
5.8.3.	Diseño de elementos de soporte de equipo.....	135
5.8.3.1.	<i>Revisión estructural de montantes</i>	136

5.8.3.2.	<i>Revisión estructural de diagonales</i>	137
5.8.3.3.	<i>Revisión estructural de cierre</i>	138
5.8.4.	Verificación estructural de planchas bases de soporte.....	139
5.8.4.1.	<i>Geometría de la plancha</i>	139
5.8.4.2.	<i>Revisión de la plancha</i>	140
5.8.4.3.	<i>Verificación estructural de soldadura</i>	140
5.8.4.4.	<i>Materiales</i>	141
5.8.4.5.	<i>Solicitaciones</i>	141
5.8.4.6.	<i>Geometría de conexión</i>	141
5.8.4.7.	<i>Esfuerzos</i>	141
5.8.4.8.	<i>Revisión espesor de soldadura</i>	142
5.8.5.	Diseño de pernos de anclaje.....	142
5.8.5.1.	<i>Propiedades de los materiales</i>	143
5.8.5.2.	<i>Geometría de los elementos de fijación</i>	143
5.8.5.3.	<i>Distancias de borde</i>	144
5.8.5.4.	<i>Cálculo de hef</i>	145
5.8.5.5.	<i>Cálculo de esfuerzos</i>	145
5.8.6.	Diseño de placa base.....	150
	CONCLUSIONES.....	154
	RECOMENDACIONES.....	157
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
	ANEXOS.....	160

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el diseño de estructura metálicas aplicado a subestaciones eléctricas. Sin embargo, en Perú aún no se ha desarrollado una norma nacional que abarque requisitos mínimos en cuanto al diseño de estructuras metálicas en subestaciones eléctricas. Por lo tanto, este trabajo expondrá criterios, pautas generales y metodología para el diseño de estructuras metálicas de pórticos y soportes de equipos, para lo cual se utilizarán normas nacionales e internacionales enfocadas para subestaciones eléctricas.

Para cumplir con los objetivos, se ha decidido dividir el trabajo en tres partes. La primera parte el cual abarca el capítulo I y II, aquí se describe de manera general los conceptos de los elementos que componen una subestación, así como su función y la importancia de los elementos estructurales que lo conforman. La segunda parte abarca los capítulos III y IV, aquí se explica con detalle cuales son las solicitaciones que deben cumplir los elementos estructurales tomando como referencia las normas de subestaciones eléctricas, concreto y estructuras metálicas como el ACI 318S-14, ANSI/AISC 360-10, ASCE 10, CNE 2011, etc. También se detalla los criterios de diseño, combinaciones de cargas (en servicio y ultimas) y cargas aplicadas para el modelamiento usando software de análisis estructural como el PLS TOWER para pórticos y SAP 2000 para soportes. Como parte final las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los resultados finales del modelamiento y diseño.

Con respecto al campo de aplicación del presente trabajo, se está desarrollando el diseño de las estructuras de pórticos y soportes de equipos de la Subestación Piura Oeste perteneciente al proyecto Ampliación 19, dado la demanda creciente de la energía en la zona norte del Perú.

ABSTRACT

This work deals with the design of steel structures applied to electrical substations. However, Peru has not yet developed a national standard that covers minimum requirements regarding the design of steel structures in electrical substations. Therefore, this work will expose criteria, general guidelines and methodology for the design of steel structures for gantries and equipment supports, for which national and international standards focused on electrical substations will be used.

To meet the objectives, it has been decided to divide the work into three parts. The first part, which covers chapter I and II, describes in a general way the concepts of the elements that make up a substation as well as their function and the importance of the structural elements that make it up. The second part covers chapters III and IV, here the requirements that structural elements must meet are explained in detail, taking as reference the standards for electrical substations, concrete and steel structures such as ACI 318S-14, ANSI / AISC 360-10, ASCE 10, CNE 2011, etc. It also details the design criteria, load combinations (in service and last) and applied loads for modeling using structural analysis software such as PLS TOWER for frames. As a final part the conclusions and recommendations according to the final results of the modeling and design.

Regarding the field of application of this work, the design of the gantry structures and equipment supports of the Piura Oeste Substation belonging to the Extension 19 project is being developed, given the growing demand for energy in the northern part of Perú.

PRÓLOGO

Las subestaciones eléctricas tienen una gran importancia en el desarrollo de un país, convierten la energía de alto voltaje a niveles manejables. Luego de su transformación, la electricidad puede ser canalizada de forma segura a hogares, edificios y demás estructuras. Para suministrar el voltaje adecuado, estas subestaciones necesitan alcanzar una buena interacción con todos sus componentes, sobre todo con los equipos de patio, por eso es de suma importancia el diseño de las estructuras que soportaran estos equipos, deben cumplir con su función de soporte ante cargas permanentes eventuales que ocurrirán durante toda su etapa de funcionamiento y tomando en consideración el aspecto económico y constructivo.

Por lo tanto, uno de los objetivos principales de este trabajo es el de presentar una guía que sirva de ayuda para diseñar de forma práctica tomando en consideraciones todas las solicitudes exigidas por las normas nacionales e internacionales.

Msc. Luis Ricardo Proaño Tataje

Asesor

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla Nº 1 Resistencias al corte y a la tensión de pernos ASTM A394 tipo 0	40
Tabla Nº 2 Viento, hielo y temperatura para las áreas de carga 1, 2 y 3	47
Tabla Nº 3 Selección de Coeficiente de forma	48
Tabla Nº 4 Factores de suelo	50
Tabla Nº 5 Periodos “TP” y “TL”	51
Tabla Nº 6 Solicitaciones según el ACI 318-14.....	70
Tabla Nº 7 Identificación de elementos en columnas C1, C2, C3 - patio 220 kV.....	78
Tabla Nº 8 Identificación de elementos en vigas V1, V2 - patio 220 kV.....	79
Tabla Nº 9 Identificación de elementos en columnas CE1 - CE3 - Pórtico 1 - patio 220 kV	79
Tabla Nº 10 Identificación de elementos en columnas CE2 - Pórtico 1 - patio 220 kV	80
Tabla Nº 11 Identificación de elementos en vigas VE1 - VE2 - Pórtico 1 - patio 220 kV	80
Tabla Nº 12 Resumen de coeficientes RLX, RLY, y RLZ.....	96
Tabla Nº 13 Cargas debido las tensiones mecánicas, viento, cortocircuito y sismo en conductores de pórticos	102
Tabla Nº 14 Parámetros sísmicos para el diseño de pórticos	104
Tabla Nº 15 Parámetros para el cálculo de la presión del viento	106
Tabla Nº 16 Desplazamientos máximos de columna C1 - Pórtico 1 - 220 kV.....	109
Tabla Nº 17 Desplazamientos máximos de columna C2 - Pórtico 1 - 220 kV.....	110
Tabla Nº 18 Desplazamientos máximos de columna C3 - Pórtico 1 - 220 kV.....	110
Tabla Nº 19 Desplazamientos máximos de viga V1 - Pórtico 1 - 220 kV	110
Tabla Nº 20 Desplazamientos máximos de viga V2 - Pórtico 1 - 220 kV.....	111
Tabla Nº 21 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Columna C1	111
Tabla Nº 22 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Columna C2	112
Tabla Nº 23 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Columna C3	112
Tabla Nº 24 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Viga V1	112
Tabla Nº 25 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Viga V2	112
Tabla Nº 26 Cargas para cálculo de planchas bases - Pórtico 1 - Patio 220 kV.....	113
Tabla Nº 27 Cargas para cálculo de pernos de anclaje - Pórtico 1 - Patio 220 kV .	117
Tabla Nº 28 Cargas por pernos de anclaje - Pórtico 1 - Patio 220 kV	120
Tabla Nº 29 Cargas de tensiones mecánicas, viento, cortocircuito y sismo en conductores de equipos	129
Tabla Nº 30 Parámetros sísmicos para el diseño de soportes de equipos	130
Tabla Nº 31 Desplazamientos máximos de soporte de equipo – aislador poste	135
Tabla Nº 32 Fuerza de compresión máxima	135
Tabla Nº 33 Fuerza de tensión máxima	135

Tabla N° 34 Cargas para cálculo de planchas bases – Soporte de equipo	139
Tabla N° 35 Cargas para cálculo de pernos de anclaje – Soporte de equipo Aislador poste.....	142
Tabla N° 36 Cargas en cada perno	145
Tabla N° 37 Dimensiones de placa base de soporte de aislador poste	150
Tabla N° 38 Momentos y esfuerzos máximos en placa base.....	152
Tabla N° 39 Revisión de placa	153

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1 Subestaciones de maniobra.....	21
Figura N° 2 Subestaciones elevadoras	21
Figura N° 3 Subestaciones reductoras	22
Figura N° 4 Subestación de intemperie.....	22
Figura N° 5 Subestación de interior.....	23
Figura N° 6 Subestación blindada	23
Figura N° 7 Vista electromecánica de un patio de llaves con sus equipos	25
Figura N° 8 Barras y conductores	25
Figura N° 9 Obras civiles en subestaciones.....	27
Figura N° 10 Pórtico tipo Dead End	28
Figura N° 11 Pórtico tipo Box	28
Figura N° 12 Estructuras de soportes de equipos.....	29
Figura N° 13 Arrostramientos típicos en torres	31
Figura N° 14 Ubicación típica de Montantes	32
Figura N° 15 Ubicación típica de diagonales.....	33
Figura N° 16 Ubicación típica de cierres y arriostres	34
Figura N° 17 Ubicación típica de elementos redundantes	34
Figura N° 18 Estructura de grandes subestaciones modeladas en PLS TOWER	36
Figura N° 19 Estructura de soportes modelados en SAP 2000	37
Figura N° 20 Esquema de conexionado entre estructuras de pórticos – Vista en corte	43
Figura N° 21 Esquema de conexionado entre estructuras de pórticos – Vista en planta.....	43
Figura N° 22 Esquema de conexionado entre equipos – Vista en corte	44
Figura N° 23 Convenciones y puntos de aplicación de cargas en vigas de pórticos.	45
Figura N° 24 Convenciones y puntos de aplicación de cargas en equipos.....	45
Figura N° 25 Ubicación de las zonas de carga en el Perú	48
Figura N° 26 Modelo con diagonales escalonadas	57
Figura N° 27 Modelo con diagonales cruzadas.....	57
Figura N° 28 Condiciones de extremo de miembros (Elaboración: ASCE 10-15)	58
Figura N° 29 Denominación de w y t en perfiles L y U	60
Figura N° 30 Secciones de posibles fallas en perfiles.....	63
Figura N° 31 Bloque de cortante	66
Figura N° 32 Vista de la Subestación Piura 220/60/10 kV	71
Figura N° 33 Alcance del proyecto en el patio de 220 kV – SE. Piura Oeste	72
Figura N° 34 Celda de acople 220 kV a reubicar – SE. Piura Oeste.	73

Figura N° 35 Zona para ampliación de barras y reubicación de campo de acople 220 kV.	73
Figura N° 36 Alcance del proyecto en el patio de 60 kV – SE. Piura Oeste	74
Figura N° 37 Zonas a intervenir en el patio de 60 kV.....	74
Figura N° 38 Ubicación de pórtico para el análisis y diseño	75
Figura N° 39 Ubicación de equipo para el análisis y diseño del soporte.....	75
Figura N° 40 Isométrico de estructuras de pórtico 1 – 220 kV	77
Figura N° 41 Ventana de dialogo de datos generales.....	81
Figura N° 42 Ventana de propiedades de perfiles y pernos	82
Figura N° 43 Ventana de propiedades de grapas	82
Figura N° 44 Ventana de propiedades de aisladores invertidos	83
Figura N° 45 Convención estándar de denominación de nudos	84
Figura N° 46 Asignación de nudos primarios y secundarios en vigas tipo 1 y 2	85
Figura N° 47 Asignación de nudos primarios y secundarios en columnas tipo 1, 2 y 3	86
Figura N° 48 Seccionamiento en columnas tipo 1, 2 y 3.....	87
Figura N° 49 Seccionamiento en vigas tipo 1 y 2.....	87
Figura N° 50 Propiedades de las secciones.....	88
Figura N° 51 Asignación de grupos para columna C1	90
Figura N° 52 Asignación de grupos para columna C2	90
Figura N° 53 Asignación de grupos para columna C3	91
Figura N° 54 Asignación de grupos para columna V1 y V2	91
Figura N° 55 Asignación de grupos para columna existente CE1	91
Figura N° 56 Asignación de grupos para columna existente CE2.....	92
Figura N° 57 Asignación de grupos para columna existente CE3.....	92
Figura N° 58 Asignación de grupos para vigas existentes VE1 y VE2.....	92
Figura N° 59 Ventana de despliegue para agregar miembros	93
Figura N° 60 Generación de miembros por simetría	94
Figura N° 61 Planos de cortes simples y dobles	97
Figura N° 62 Distancias del agujero del perno	98
Figura N° 63 Modelo final en PLS TOWER.....	98
Figura N° 64 Tabla de asignación de aisladores de suspensión.....	99
Figura N° 65 Esquema de condensación nudos	100
Figura N° 66 Tabla de asignación de clamps en nudos condensados.....	100
Figura N° 67 Factores de cargas muerta en servicio y última.....	101
Figura N° 68 Etiquetas de nudos para cargas de conexionado	102
Figura N° 69 Disposición típica de cargas de montaje y mantenimiento en pórticos	103
Figura N° 70 Espectro sísmico de diseño en pórticos.....	104
Figura N° 71 Vector de casos de cargas para combinaciones por sismo	105
Figura N° 72 Vector de casos de cargas para combinaciones por viento.....	107
Figura N° 73 – Modelo estructural Pórtico 1 – 220 kV	108

Figura N° 74 Desplazamientos máximos Pórtico 1 – 220 kV	108
Figura N° 75 – Ventana de resultados de desplazamiento de nudos en PLS TOWER	109
Figura N° 76 Geometría de placa base	113
Figura N° 77 Diagrama de cargas sobre de placa base.....	115
Figura N° 78 Ensamble típico de perno típico	117
Figura N° 79 Detalle típico de fijación al pedestal	119
Figura N° 80 Detalle de refuerzo suplementario	123
Figura N° 81 Disposición física de equipo aislador poste – 220 kV	127
Figura N° 82 Disposición cargas de montaje y mantenimiento en soportes de equipos	129
Figura N° 83 Espectro sísmico de diseño en soportes.....	130
Figura N° 84 a) Fuerza sísmica horizontal en soporte (E_x, y), b) Fuerza sísmica vertical en soporte(E_z)	131
Figura N° 85 a) Fuerza sísmica horizontal en equipo (E_x, y), b) Fuerza sísmica vertical en equipo (E_z)	132
Figura N° 86 Fuerza de viento en soporte ($W_{x,y}$)	133
Figura N° 87 Modelo estructural – Aislador poste 220 kV	134
Figura N° 88 Desplazamiento máximo Aislador poste – 220 kV	134
Figura N° 89 Geometría de placa base	139
Figura N° 90 Diagrama de cargas sobre de placa base.....	140
Figura N° 91 Ensamble típico de perno típico de soporte	142
Figura N° 92 Detalle típico de fijación al pedestal	144
Figura N° 93 Geometría de la placa base	150
Figura N° 94 Propiedades de elementos Shell-frame de placa base en SAP 2000.....	151
Figura N° 95 Modelo estructural de la placa base.....	151
Figura N° 96 Diagrama de momentos resultantes envolventes a) M11, b) M22	152
Figura N° 97 Diagrama de esfuerzos cortantes combinación máxima a) S13, b) S23	152

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

A_{eff}	:	Área efectiva del miembro, en m^2
a	:	Lado largo del perfil angular, en m
A	:	Área bruta, en m^2
A_v	:	Área neta mínima al corte
A_{net}	:	Área neta, en m^2
b	:	Lado largo del perfil angular, en m.
C	:	Factor de amplificación sísmica del RNE E.030
C_a	:	Capacidad a compresión
d	:	Diámetro de perno, en mm
e	:	Distancia al extremo del agujero del perno
Ex, y, z	:	Fuerza sísmica sobre estructura
F_a	:	Esfuerzo de compresión de diseño, en MPa
F_y	:	Esfuerzo de fluencia del material de acero, en MPa
F_u	:	Esfuerzo último de rotura de material de acero, en MPa
F_{CR}	:	Esfuerzo crítico, en MPa
f	:	Distancia corta al borde del agujero del perno
F_t	:	Esfuerzo de tracción de diseño.
F_{EXX}	:	Resistencia nominal de la soldadura, en MPa
H	:	Altura de columna de pórtico, en m
K	:	Constante de presión para cálculo de presión de viento

kV	:	Medida de tensión eléctrica que equivale a 1000 voltios.
KL/r	:	Coefficiente de esbeltez efectiva
$L_{x,y,z}$:	Longitudes no arriostradas en los ejes x, y, z
L	:	Longitud de viga de pórtico, en m
M_{yc}	:	Momento de fluencia en la fibra extrema en compresión
$M_{x,y}$:	Momentos máximos alrededor de los ejes x e y
$M_{x,y}$:	Momentos máximos alrededor de los ejes x e y
M_e	:	Momento crítico elástico
$M_{ax,ay}$:	El momento M_a que provoca el pandeo lateral
n_h	:	Número de agujeros de pernos.
n_a	:	Número de ángulos en la sección transversal
n_s	:	Número de planos de corte
n_{bear}	:	Número de ángulos en la sección transversal.
n_b	:	Número de pernos conectados.
P	:	Compresión, tensión axial
P_y	:	Compresión axial en la fluencia
$P_{ex,ey}$:	Carga crítica de Euler
$RL_{x,y,z}$:	Coefficiente de Longitud no arriostrada en los ejes x, y, z
R	:	Coefficiente de reducción sísmica
S_a	:	Pseudo aceleración sísmica del RNE E.030
S	:	Parámetro de suelo del RNE E.030
S_f	:	Factor de forma para el cálculo de presión de viento
t	:	Espesor de aleta de perfil, en m
T_a	:	Capacidad a tensión axial

U	:	Factor de uso o importancia del RNE E.030
V_n	:	Resistencia al cortante de pernos
w	:	Espesor de aleta de perfil, en m
Z	:	Factor de peligro sísmico del RNE E.030
ACI	:	American Concrete Institute
ASCE	:	American Society of Civil Engineers
CNE	:	Código Nacional de Electricidad
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Las subestaciones eléctricas tienen una gran importancia ya que, en toda instalación industrial, comercial, así como doméstica es indispensable el uso de la energía eléctrica, la continuidad de servicio y calidad de la energía es esencial para el uso de los diferentes equipos, ya sea industriales o domésticos. Por esto es requerido contar con una subestación que suministre la energía eléctrica a una potencia y voltaje apropiado.

De acuerdo con la implantación eléctrica determinada para una subestación eléctrica, se hace necesario disponer dentro del patio de maniobra unas estructuras cuya función es la de servir de soporte a los conductores que conforman las barras y templas superiores y a los equipos que conforman los circuitos de conexión para las salidas de línea o para equipos de transformación o compensación. Estas estructuras pueden ser de varios tipos dependiendo del tipo de material como de concreto, acero, madera o mixtas.

Sin embargo, las más utilizadas a nivel mundial son las estructuras metálicas debido a las ventajas que presenta frente a otros materiales como facilidad de transporte, fabricación inmediata, rapidez de montajes, durabilidad, menor peso, fácil acceso a sitios de montaje, buena resistencia, ductilidad e incluso pueden ser desmontadas.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se propone plantear una metodología de análisis y diseño para este tipo de estructuras estableciendo metodologías de análisis, criterios de diseño a seguir y cálculo teniendo en cuenta las normativas nacionales e internacionales, aplicándolas en la subestación Piura-Oeste del proyecto Ampliación 19.

Como parte de aplicación de esta propuesta, se modelará un pórtico y una estructura de soporte de equipo considerando la acción del sismo, viento, peso y tensión de los conductores.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Presentar la metodología, fundamentos generales y resultados del diseño y análisis de los elementos estructurales que componen las estructuras metálicas de pórticos y soporte de equipos y aplicarlos en estructuras de subestaciones específicamente orientado a la ampliación Subestación Piura Oeste 220 kV / 60 kV / 10 kV.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Definir las cargas sobre las estructuras, combinaciones de cargas en servicio y últimas, límites para el control de deformaciones y la descripción de los materiales a utilizar.
- b) Presentar una metodología para el análisis y diseño utilizando códigos nacionales e internacionales.
- c) Presentar los diseños incluido los modelos y análisis de los elementos estructurales que conforman las estructuras de los pórticos y de soportes de equipos con apoyo de software de análisis estructural.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

2.1.1. Definición

Una subestación eléctrica se puede definir como un conjunto de equipos, máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de maniobrar y modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión y corriente) y de permitir el suministro de la misma al sistema y líneas de transmisión existentes.

La primera subestación eléctrica fue construida en 1882 en Nueva York, aunque fue a partir de 1930 cuando la introducción de los transformadores de distribución permitió a las subestaciones controlar la energía eléctrica con mayor precisión, lo que favoreció una distribución más eficiente y una mayor flexibilidad en la gestión de la red eléctrica. Una subestación puede estar asociada con una central generadora, controlando directamente el flujo de potencia al sistema, con transformadores de potencia convirtiendo la tensión de suministro a niveles más altos o más bajos, o puede conectar diferentes rutas de flujo al mismo nivel de tensión. Algunas veces una subestación desempeña dos o más de estas funciones.

2.1.2. Clasificación de subestaciones

Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar dependiendo de su función o según su emplazamiento.

2.1.2.1. Según su función.

- Subestaciones de maniobra: Su función es unir algunas líneas de transporte con otras de distribución, con el propósito de dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio; el nivel de tensión es uno solo, por lo tanto, no se utilizan transformadores de potencia que eleven o reduzcan el voltaje.

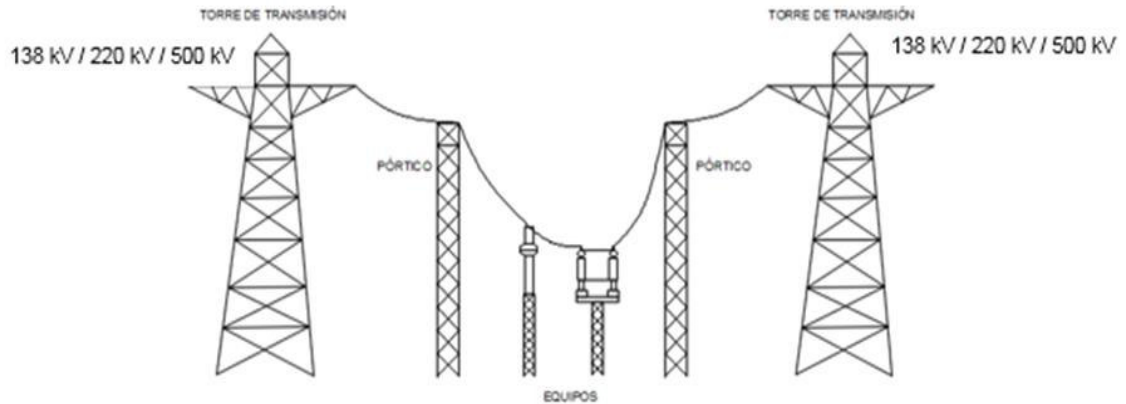


Figura N° 1 Subestaciones de maniobra

- Subestaciones elevadoras: Son subestaciones que normalmente se encuentran en las centrales generadoras alejadas de los centros de consumo y sirven para elevar la tensión a niveles en los que resulte económica la transmisión de la energía eléctrica.

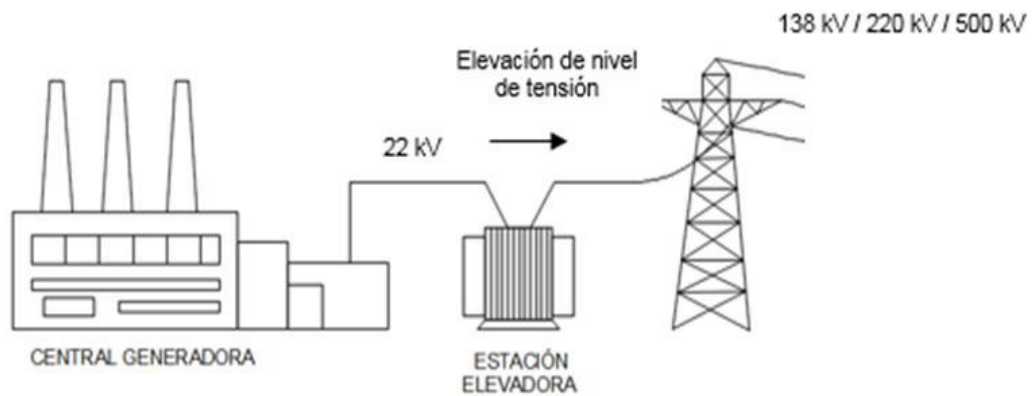


Figura N° 2 Subestaciones elevadoras

- Subestaciones reductoras: Son subestaciones que reducen la tensión de transmisión y de subtransmisión a tensiones menores con el fin de facilitar la distribución de la energía al territorio que sirve el sistema eléctrico.

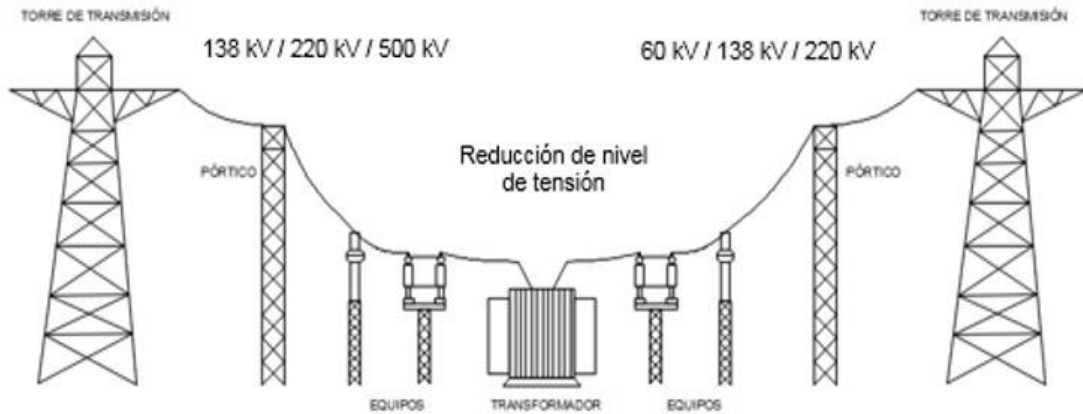


Figura N° 3 Subestaciones reductoras

2.1.2.2. Según su emplazamiento

- Subestación de intemperie: Sus elementos constitutivos se instalan a las condiciones ambientales. Sus componentes están diseñados para operar al aire libre y por ende soportar los embates del clima.



Figura N° 4 Subestación de intemperie

- Subestación de interior: Sus elementos constitutivos se instalan en el interior de edificios apropiados y están protegidos frente a agentes atmosféricos.



Figura N° 5 Subestación de interior

- Subestación blindada: Las instalaciones de maniobra disponen de blindaje metálico, tienen aislamiento por gas. Constan de celdas individuales y compactas. Se montan en disposición independiente en interiores. Suele ser empleada en ciudades de alta contaminación o cuando requiera reducir el espacio requerido.



Figura N° 6 Subestación blindada

2.2. ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA SUBESTACIÓN

Los elementos más importantes que conforman una subestación eléctrica son las siguientes:

2.2.1. Equipos de patio

Son elementos electromecánicos de alta tensión utilizados para realizar la maniobra, protección y medida de los circuitos y barrajes de una subestación. Entre los principales equipos que conforman una subestación son los siguientes:

- Transformador: Tiene la función de transferir la energía eléctrica en un circuito a otro que son por lo general de diferente tensión.
- Interruptor de potencia: El interruptor de potencia es un dispositivo electromecánico cuya función principal es la de conectar y desconectar circuitos eléctricos bajo condiciones normales o de falla.
- Seccionadores: Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien mantenimiento. La misión de estos aparatos es la de aislar tramos de circuitos de una forma visible.
- Transformador de corriente: Es el encargado de reducir el valor de la corriente para alimentar equipos de medida como voltímetros, amperímetros, etc. Se conecta en serie con el circuito que hace la medición.
- Transformador de tensión: Es el encargado de reducir el valor del voltaje para alimentar equipos de medida como voltímetros, amperímetros, etc. Se conecta en serie con el circuito que hace la medición.
- Pararrayos: Los pararrayos son elementos de protección de los equipos de las subestaciones contra sobretensiones.

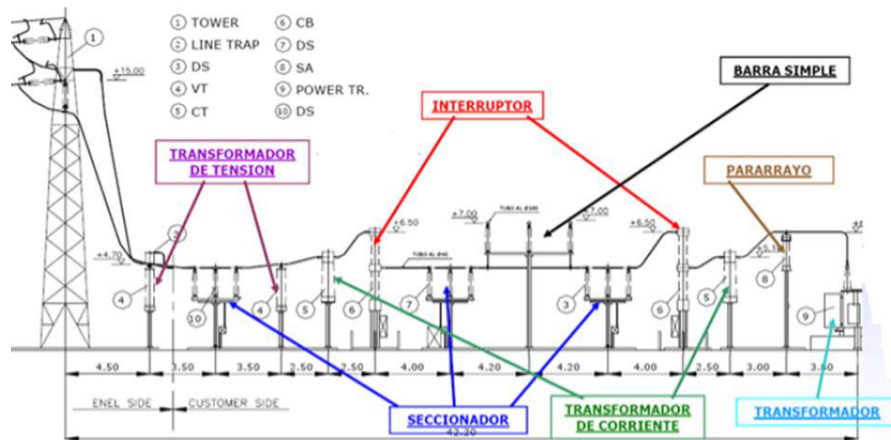


Figura N° 7 Vista electromecánica de un patio de llaves con sus equipos

2.2.2. Barras y conductores

Conecta y se encarga de la transmisión de la energía eléctrica a través de las diferentes secciones de la instalación.

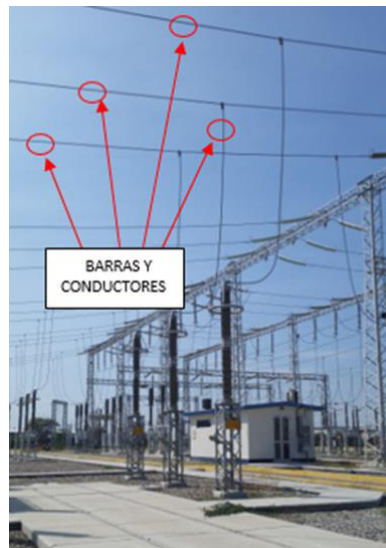


Figura N° 8 Barras y conductores

2.2.3. Obras civiles

Las necesidades de obras civiles se derivan del diseño eléctrico, fundamentalmente: tipo de subestación, configuración, etapa de desarrollo, disposición física, llegadas y salidas de líneas, niveles de aislamiento, etc. Por lo tanto, en todo proyecto de diseño de subestación hay que realizar los siguientes diseños civiles:

- **Cimentaciones de pórticos y equipos:** Las cimentaciones de las estructuras de soporte de conductores y equipos representan generalmente la principal obra civil de una subestación. Las acciones de las cargas debido al tiro de conductores y al sismo o viento, determinan que son estructuras que se diferencian de las cimentaciones de edificaciones por tener una fuerte excentricidad de la carga. Pueden incluso generarse cargas de arrancamiento que deben ser correctamente controladas.
- **Cárcamos y ductos:** Para el transporte de cables y conductores a través del patio de la subestación, es necesario la construcción de estructuras que los transporten como son los denominados cárcamos o canaletas que por lo general son estructuras de concreto armado con una sección en forma de canal rectangular y cubierto encima por tapas de concreto o acero. El trazado tanto en patios como en edificios, se debe ajustar los requerimientos eléctricos y a la disposición de equipos y gabinetes.
- **Drenajes:** El sistema de drenajes debe garantizar la recolección del aporte de aguas de lluvias de toda área de la subestación y de las áreas aferentes a ella. Por criterio general, se utilizan trincheras drenantes o filtros al interior de los patios, cunetas, sumideros, colectores para recoger, transportar y disponer en los sitios adecuados todo el sistema de drenajes.
- **Vías:** Las vías internas son aquellas que permiten el acceso a las diferentes áreas de la subestación desde la puerta de entrada principal, tales como zonas de patio y edificaciones, su función principal es la del transporte de los equipos los pesados y para tener acceso a los mismos cuando se realicen las actividades de mantenimiento en la etapa de operación de la subestación.
- **Edificaciones:** En las subestaciones requiere un edificio para el control general y, dependiendo del diseño eléctrico, pueden requerirse casetas de relés o de control auxiliar en los patios. Adicionalmente se pueden necesitar otras edificaciones como porterías, casetas para planta de tratamiento de aguas, etc.

- Obras complementarias: Dentro de las obras complementarias de una subestación se agrupan las actividades de paisajismo, los cerramientos, los acabados de patio, la iluminación exterior y, en general aquellas obras que como su nombre lo indica, complementan los diseños técnicos de la subestación bajo los criterios de seguridad y ornamentación.



Figura N° 9 Obras civiles en subestaciones

2.2.4. Estructuras de soporte

De acuerdo con la implantación eléctrica determinada para una subestación, es necesario disponer dentro del patio de maniobra unas estructuras cuya función es la servir de soporte a los conductores que conforman las barras y templas superiores y a los equipos que conforman los circuitos de conexión para las salidas de línea o para equipos de transformación o compensación reactiva.

Según su función se pueden dividir 2 tipos de estructuras de soporte:

Pórticos: Son estructuras de mediana a gran altura semejante a las torres de transmisión y cuya función es la de soportar a los conductores que conforman las barras y templas superiores, así como también los cables de guarda para el apantallamiento de la subestación y en ocasiones equipos electromecánicos.

Se pueden dividir en dos tipos:

Tipo Dead End: Son estructuras sin cierre en sus extremos, pueden admitir una sola bahía o varias bahías. La primera estructura *Dead End* dentro de la subestación está diseñada para soportar los conductores de la línea de transmisión.



Figura N° 10 Pórtico tipo Dead End

Tipo Box: La estructura tipo caja (marcos espaciales de una o varias bahías) se puede usar para soportar conductores de bus rígidos, interruptores y otros equipos.



Figura N° 11 Pórtico tipo Box

Soportes de equipos: Su función es la de servir de soporte a los equipos que conforman los circuitos de conexión para las salidas de línea o para equipos de transformación o compensación reactiva.



Figura N° 12 Estructuras de soportes de equipos

Estas estructuras serán diseñadas para soportar en forma segura las cargas verticales, transversales y longitudinales debido a las conexiones y las posibles combinaciones que puedan presentarse simultáneamente incluyendo la combinación más crítica de cargas con sus respectivos factores de sobrecarga.

CAPÍTULO III: CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

3.1. SISTEMA ESTRUCTURAL

Las estructuras metálicas son de amplia utilización en los proyectos de torres de líneas, subestaciones y torres de telecomunicaciones dado a su rapidez en fabricación, fácil montaje, estos se dividen a su vez en:

- Estructuras metálicas en celosía: Estructuras ensambladas por elementos simples de acero como perfiles angulares.
- Estructuras metálicas en alma llena: Estructuras compuestas por elementos de acero tipo I, H, C entre otros.

Sin embargo, las estructuras en celosía son las de mayor confiabilidad para estructuras de grandes luces y alturas debido a su fácil fabricación, montaje, buena disponibilidad en el mercado y su buen comportamiento ante agentes atmosféricos. Por lo tanto, el sistema estructural estará conformado por elementos tipo celosía atornillados.

La base del diseño estructural en celosía plana es la formación de triángulos con los perfiles para impedir los desplazamientos de los nodos, siendo así el triángulo la base de cualquier celosía.

3.2. GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

Es necesario definir correctamente la geometría de las estructuras para desarrollar un buen análisis estructural, que el costo sea el adecuado y que tenga facilidad constructiva. Existen diferentes estudios e investigaciones desarrolladas alrededor del mundo, han estado enfocadas a determinar las condiciones geométricas y estructurales para la correcta modelación de las torres en celosía, en la Figura N° 13 se presenta los arrojamientos típicos de torres basado en el Eurocódigo 3 Parte 3-1: Towers, Masts and Chimneys.

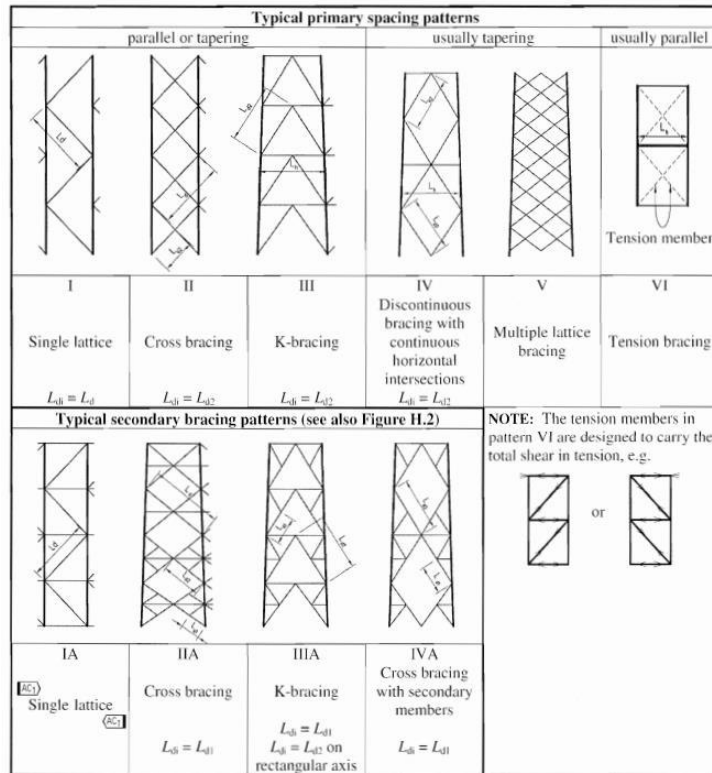


Figura N° 13 Arrostramientos típicos en torres

3.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Los elementos estructurales, están compuestos por diferentes tipos de perfiles que según su función de la estructura, son identificados, analizados y diseñados de una forma específica, como se muestra a continuación:

3.3.1. Montantes

Son los elementos que soportan tensión y compresión y que tienen un punto intermedio a lo largo del elemento continuo. Las cargas viajan longitudinalmente hasta ser entregadas, a las columnas adyacentes en el caso de las vigas o a la cimentación en el caso de las columnas, en la Figura N° 14 se esquematizan los elementos tipo viga en una columna y las cuerdas en una viga típica:

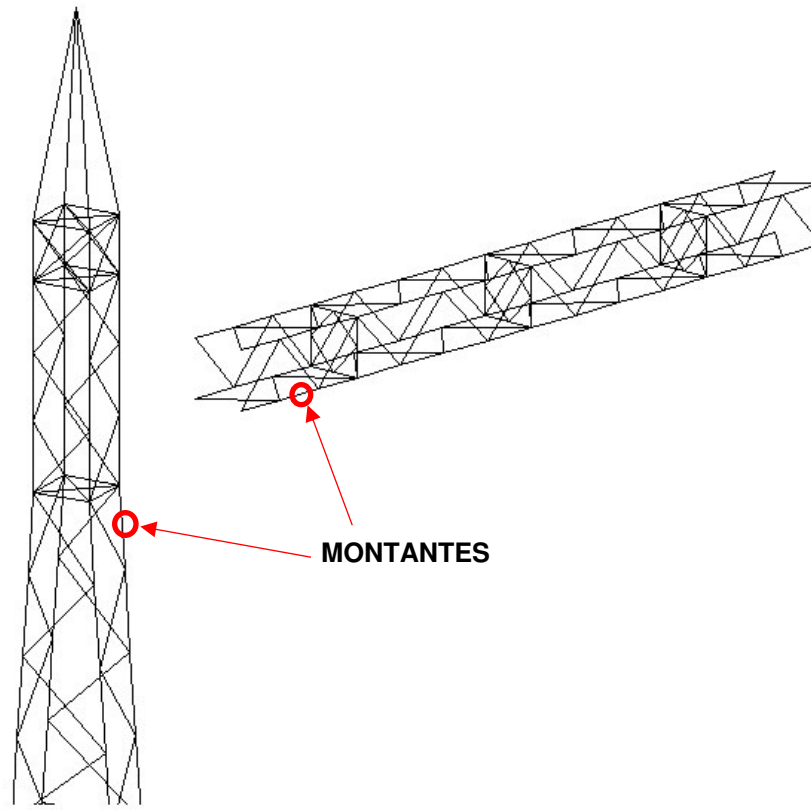


Figura N° 14 Ubicación típica de Montantes

3.3.2. Diagonales

Son los elementos que se conectan los montantes en forma oblicua, trianguladas normalmente con dos puntos de apoyo – isostática – que representa un conjunto cerrado de esfuerzos, lo que la hace estructuralmente independiente autosustentable y se debe conectar al resto de la estructura para que reciba las cargas.

En este tipo de estructuras las barras trabajan predominantemente a compresión y tracción presentando comparativamente flexiones pequeñas. En la Figura N° 15 se presentan la ubicación típica de estos perfiles.

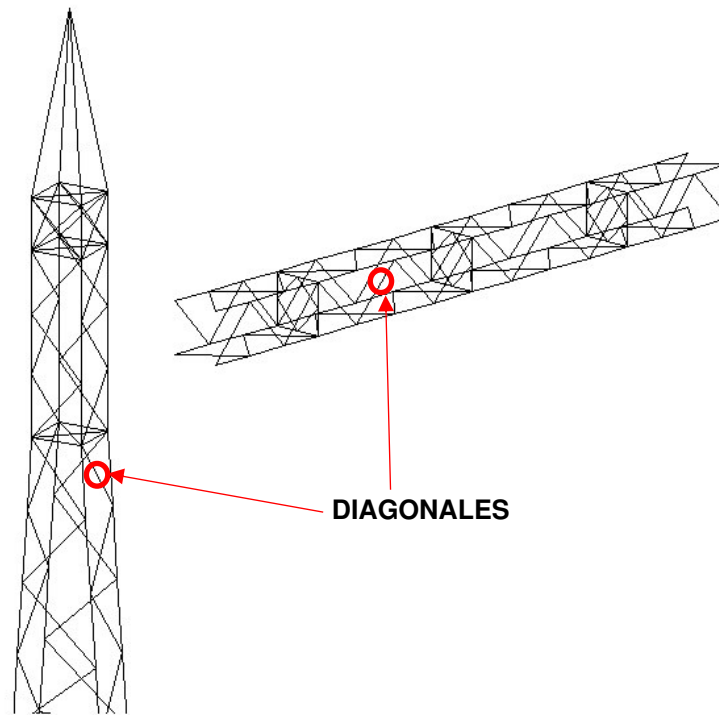


Figura N° 15 Ubicación típica de diagonales

3.3.3. Cierres y arriostres

A lo largo del sentido longitudinal de las estructuras, es necesario ubicar cada cierta distancia algunos planos transversales, los cuales reducen eficientemente la esbeltez de los montantes y a su vez, proporcionan rigidez a la estructura.

Estos planos están compuestos por elementos periféricos ubicados en las caras definidas por los montantes, llamados cierres. En el centro de los planos, se ubican diagonales que dan mayor rigidez al plano en sí mismo y reducen la esbeltez de los cierres, llamados arriostres.

En la Figura N° 16 se presentan dos configuraciones típicas, en diamante y x, conformados por cierres y arriostres.

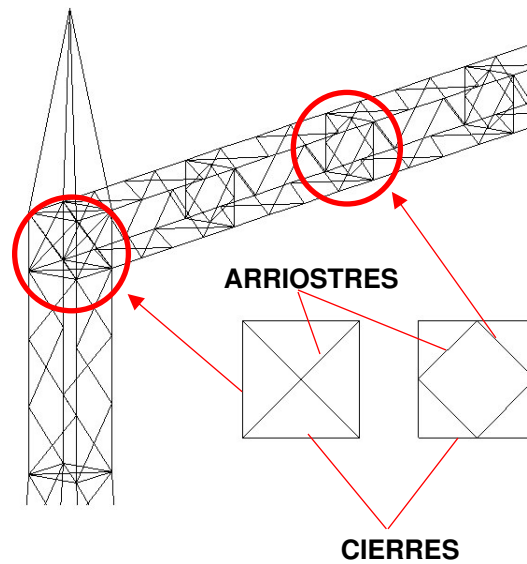


Figura N° 16 Ubicación típica de cierres y arriostres

3.3.4. Elementos redundantes

Los elementos redundantes se emplean para reducir la relación de esbeltez de miembros comprimidos, utilizando perfiles de dimensiones mínimas en búsqueda economía. Igualmente, durante la modelación no se representan directamente, sino que su presencia se simula como factores de reducción de esbeltez de los elementos principales. En la Figura N°17 se presenta un castillete típico como ejemplo: en la izquierda el modelo estructural sin redundantes y en la derecha un isométrico de la estructura como finalmente se fabrica:



Figura N° 17 Ubicación típica de elementos redundantes

3.4. DISEÑO DE ELEMENTOS.

Las estructuras tipo celosía se diseñan de acuerdo con lo indicado en la norma ASCE 10. Las estructuras menores en alma llena se diseñan de acuerdo con lo indicado en la norma ANSI / AISC 360 – Specification for Structural Steel Buildings.

Para elementos con inclinación menor a 45° se realizará la verificación a flexión considerando una carga de montaje de 1,5 kN en el punto medio.

3.5. SOFTWARE DE ANÁLISIS Y DISEÑO.

3.5.1. PLS TOWER (Versión 17.50)

PLS TOWER es uno de los varios programas desarrollados por Power Line Systems para el análisis y diseño de torres de celosía de acero utilizadas en líneas eléctricas o instalaciones de comunicación. Se pueden modelar tanto torres autoportantes como torres arriostradas. PLS TOWER se inició como un programa hecho en lenguaje FORTRAN a mitad de los años 70 y ha sido continuamente mejorado desde entonces. Ahora es utilizado por centenas de organizaciones en más de ochenta países y es probablemente el programa de torres más ampliamente usado en el mundo. El programa realiza comprobaciones de diseño de estructuras bajo cargas especificadas por el usuario. Para las estructuras de energía eléctrica, también puede calcular los vientos máximos permitidos y los tramos de peso y diagramas de interacción entre las diferentes relaciones de vientos permitidos y los tramos de peso.

PLS TOWER utiliza conceptos clásicos del análisis por elementos finitos (métodos matriciales) para determinar las fuerzas axiales y esfuerzos en cada componente de la torre bajo diversos casos de cargas. Estas fuerzas son luego comparadas con los valores admisibles de acuerdo con las especificaciones de diseño particulares. El modelo matemático creado por PLS TOWER es una colección de nudos interconectados por miembros rectos o curvos (elementos). PLS TOWER utiliza barras rectas para modelar miembros angulares y aisladores de 2 partes capaces de soportar tanto tracción como compresión. Utiliza fusibles estructurales diseñados para soportar sólo tracción. Los fusibles estructurales son asimismo usados para modelar tensores (o cabos) en el análisis lineal.

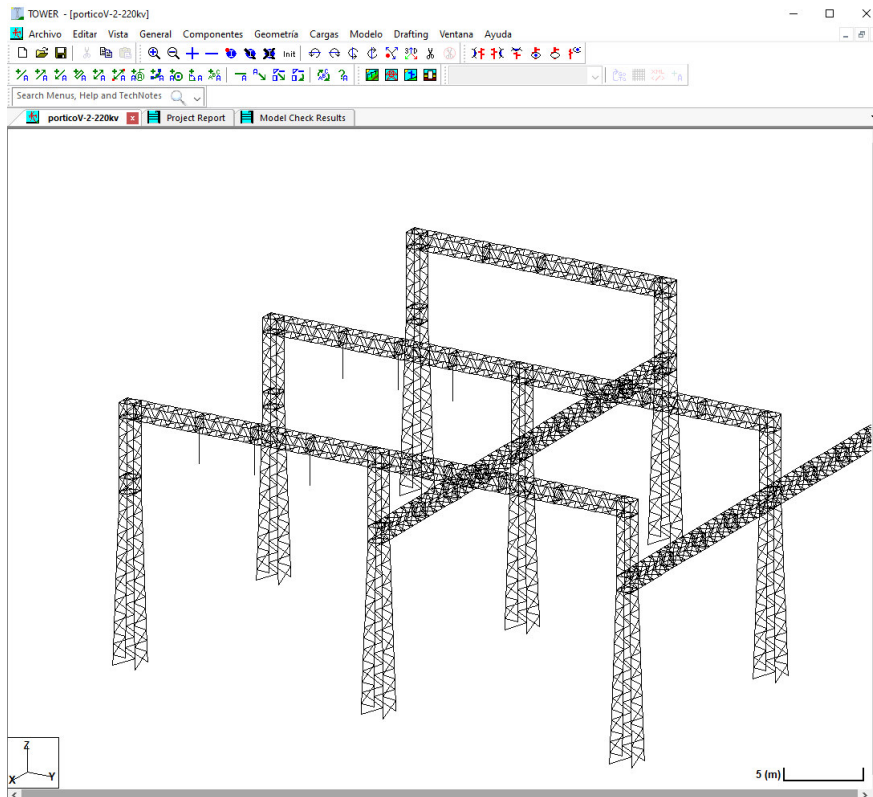


Figura N° 18 Estructura de grandes subestaciones modeladas en PLS TOWER

3.5.2. SAP 2000 (Versión 21.1)

Para el análisis y diseño estructural de los soportes de equipos, se realiza el modelo matemático con la ayuda del Software SAP2000 Versión 21.1, utilizando el método de elementos finitos. Este software evalúa las cargas sobre los elementos que componen el soporte, teniendo en cuenta las diferentes combinaciones de carga. Es uno de los programas estructurales con mayor reputación debido principalmente a la excelente fiabilidad de sus resultados, buena interoperabilidad con otros softwares, interfaz amigable y fácil de aprender.

Esto permite generar el reporte de las fuerzas resultantes tanto en los elementos como en los apoyos, al igual que el diseño de estos elementos y los desplazamientos máximos para cargas en servicio.

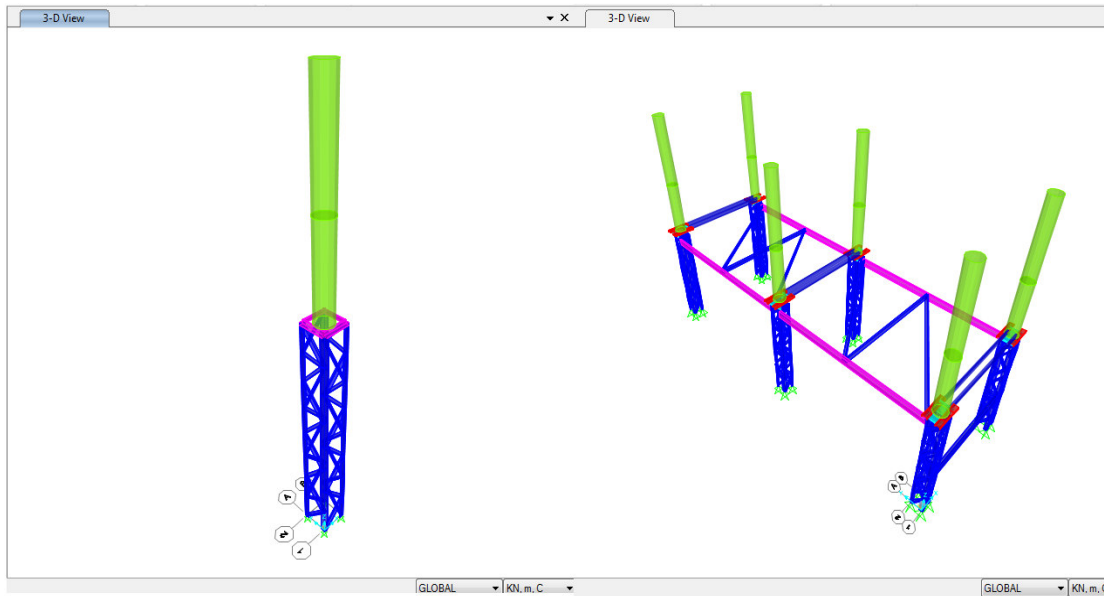


Figura N° 19 Estructura de soportes modelados en SAP 2000

3.6. CONTROL DE DEFORMACIONES

Las deflexiones y rotaciones de los miembros de las estructuras en subestaciones pueden afectar el funcionamiento mecánico de los equipos eléctricos soportados, reducir los espacios eléctricos y causar un esfuerzo imprevisible en estructuras, aisladores, conectores y conductores de bus rígidos. Por estas razones, las deflexiones estructurales deben limitarse a magnitudes que no sean perjudiciales para el funcionamiento mecánico y eléctrico de la subestación.

En las columnas se evalúan las deflexiones en el plano horizontal, en las vigas y escalerillas se evalúan las deflexiones verticales y horizontales relativas a sus puntos de apoyo en las columnas, ya que evaluar deformaciones absolutas sería sobrevalorar los datos.

Según la norma ASCE 113, se especifica los límites de deflexiones para estructuras verticales y horizontales para las combinaciones de carga en servicio, el cual considera que dichas deformaciones no deben exceder los siguientes límites:

Deformaciones máximas verticales:

- $L/200$ para vigas con o sin equipos.
- $L/200$ para voladizos de soportes de equipos.

Deformaciones máximas horizontales:

- $L/200$ para vigas con o sin equipos.
- $L/100$ para vigas sin equipos.
- $H/100$ para columnas de pórticos.
- $H/100$ para soportes de equipos.

3.7. MATERIALES

3.7.1. Acero

El tipo de acero a emplearse en los elementos que conforman los pórticos estructurales depende de los requerimientos y condiciones de suministro y fabricación de cada proyecto.

En los elementos se emplea acero estructural al carbono o acero de alta resistencia y baja aleación, laminados en caliente, y con una composición química que favorece las propiedades mecánicas y físicas del diseño estructural, garantizando esencialmente resistencia y ductilidad, además de cumplir con ciertas condiciones de funcionalidad, soldabilidad, seguridad y economía. En algunos casos puede emplearse acero laminado en frío para la fijación de equipos a la estructura.

Mecánicamente se caracteriza para efectos de diseño mediante dos valores:

- Esfuerzo de fluencia, F_y
- Esfuerzo último de rotura, F_u

Los tipos de acero estructural más utilizados son las calidades estadounidenses ASTM A36 y ASTM A572 Gr50.

3.7.2. Perfiles

Se emplean perfiles con las características geométricas, físicas, mecánicas y funcionales apropiadas que garantizan el óptimo comportamiento de la estructura, sus elementos y conexiones entre miembros. Para este proyecto según la recomendación de norma ASCE 113 se utilizarán perfiles y ángulos en ASTM A572 Gr50 ($F_y = 345$ MPa y $F_u = 450$ MPa).

3.7.3. Tornillos y accesorios

La relación entre el tipo de acero que posee el tornillo y el diámetro del mismo condicionan su correcto comportamiento mecánico.

Para el diseño de las conexiones se utilizan las características de resistencia al corte y a tensión para cada diámetro de tornillo. Para ambos casos, se utiliza la resistencia del acero del tornillo, relacionándola con el área bruta o área del vástago y el área neta o área reducida en la porción roscada.

En las estructuras en celosía para transmisión, es común el uso de estándares estadounidenses como ASTM A394 tipos 0 y 1, ASTM A325 o las europeas DIN 8.8 y DIN 5.6.

En este proyecto se tomará las recomendaciones del ASCE 113 es decir se utilizarán tornillos en acero ASTM A394 Tipo 0 con propiedades y resistencias definidas de acuerdo a la norma ASTM A394, tal como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla N° 1 Resistencias al corte y a la tensión de pernos ASTM A394 tipo 0

Diámetro (pulg.)	Dist. al borde (mm)	Dist. entre perforaciones (mm)	Resistencia al corte		Resistencia a tensión (kN)
			Rosca incluida	Rosca excluida	
1/2	20	40	30,92	40,03	46,71
5/8	25	50	49,60	62,72	74,29
3/4	30	60	74,06	90,08	109,87
7/8	35	70	102,98	122,77	152,13
1	40	80	135,23	160,36	199,50

Fuente: ASTM A394 – Standard Specification for Steel Transmission Tower bolts, Zinc-Coated and Bare

Las propiedades químicas y mecánicas de los accesorios del tornillo estarán definidas según las siguientes normas:

- Tuercas: ASTM A563 y sus dimensiones de acuerdo con la norma ANSI-B18.2.2.
- Arandelas: ASTM F436 y sus dimensiones de acuerdo con la norma ANSI-B18.2.2 y ANSI B18.21.1.

3.7.4. Condiciones generales para conexiones atornilladas según el AISC 360.

- Holguras máximas en perforaciones:

Imperiales

-1/16" para tornillos que conecten elementos de la estructura.

-1/8" para pernos de anclaje en placas base.

Milimétricos

-2 mm para tornillos que conecten elementos de la estructura.

-3 mm para pernos de anclaje en placas base.

3.7.5. Platinas

Las platinas se utilizan principalmente como elementos de unión en los nudos estructurales entre varios perfiles, lo que genera concentración de tornillos. Por lo tanto, estos elementos se dimensionan con base en distancias mínimas y máximas entre perforaciones, para evitar tanto su desgarrar por tracción, como pandeo por compresión, respectivamente.

Para placas bases se utilizan platinas que permitan la unión entre los perfiles de los montantes y los pernos de anclaje.

Las planchas y platinas que forman parte de las estructuras de pórticos se diseñan en acero ASTM A36 ($F_y = 250$ MPa y $F_u = 400$ MPa) según el ASCE 113.

3.7.6. Pernos de anclaje

Los pernos de anclaje son de acero ASTM F1554 Gr. 55, con $F_y=380$ MPa y $F_u=517$ MPa siguiendo las recomendaciones del ASCE 113, con un diámetro mínimo de 3/4" para pórticos y 5/8" para soportes de equipos y serán diseñados de acuerdo a la norma ACI 318. Se emplearán pernos del tipo T invertida con 2 arandelas, 5 tuercas y platinas de 100x100mm. Se galvanizarán por inversión en caliente de acuerdo con las normas ASTM A123, ASTM A143 y ASTM A153.

3.7.7. Soldadura

En la soldadura de los conjuntos y plancha base se deben utilizar electrodos de la serie E70XX acorde con lo especificado en las normas AWS D1.1 y AWS D1.3, considerando un espesor de filete mínimo de 3mm.

3.8. SOLICITACIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Para realizar al análisis y diseño de pórticos y soportes de equipos se deben tener en cuenta las cargas externas a las que estarán sometidas las estructuras metálicas en forma permanente y/o instantánea. Estas cargas dependen de varios factores y se definen de acuerdo con tensiones de temblas y barrajes, la región geográfica, el clima,

actividad sísmica del lugar, velocidad máxima de viento. Por lo tanto, las estructuras metálicas se ven sometidas a los siguientes casos de cargas: Tensión mecánica y cortocircuito de conductores, peso propio, viento, sismo, hielo, montaje y mantenimiento.

3.8.1. Peso propio

Son aquellas cargas producto del peso de la estructura (perfiles, platina, tornillería y galvanizado), los equipos, mandos de operación, cajas de agrupamiento y demás accesorios conectados a dicha estructura.

3.8.2. Cargas de conductores

Las estructuras de soporte suelen estar sometidos a cargas por efecto de la tensión estática y electrodinámicas (cortocircuito) de los conductores, con base a la disposición física, las alturas de conexión, niveles de corriente de cortocircuito, variaciones de temperatura del conductor, condiciones ambientales y meteorológicas del emplazamiento, entre otros.

El cálculo de tensiones mecánicas y flechas en los conductores para diferentes condiciones de carga y temperatura es de gran importancia en el diseño de subestaciones eléctricas porque proporciona los datos necesarios para la verificación de acercamientos eléctricos y para el diseño de las estructuras metálicas de soporte de barraje y equipos. Asimismo, proporciona los datos iniciales para obtener las tablas de tendido para el montaje de conductores en las subestaciones.

El objetivo inicial es obtener una tensión mecánica mínima con la base en el control de las deflexiones a la temperatura máxima, de forma tal que se cumplan las separaciones mínimas permitidas entre las fases y las distancias eléctricas de seguridad.

El cálculo de esfuerzos por corto circuitos se realizó de acuerdo a la metodología simplificada planteada por IEC 60865.

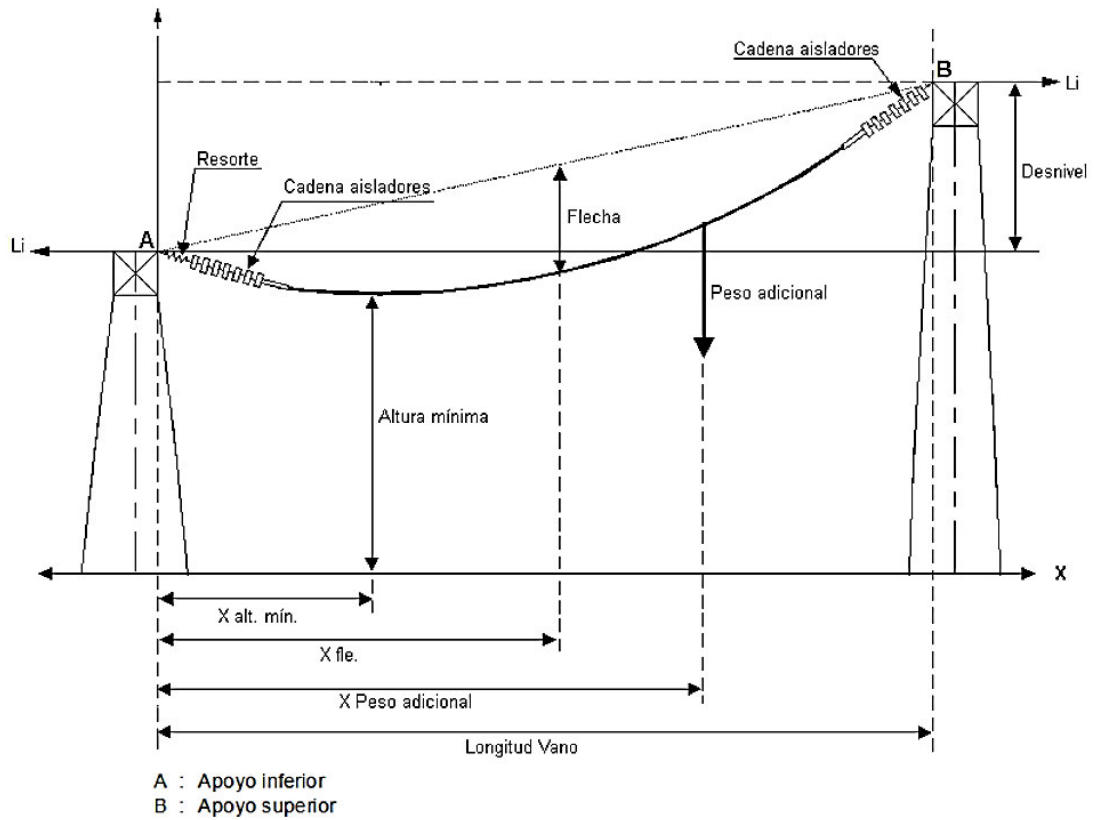


Figura N° 20 Esquema de conexionado entre estructuras de pórticos – Vista en corte

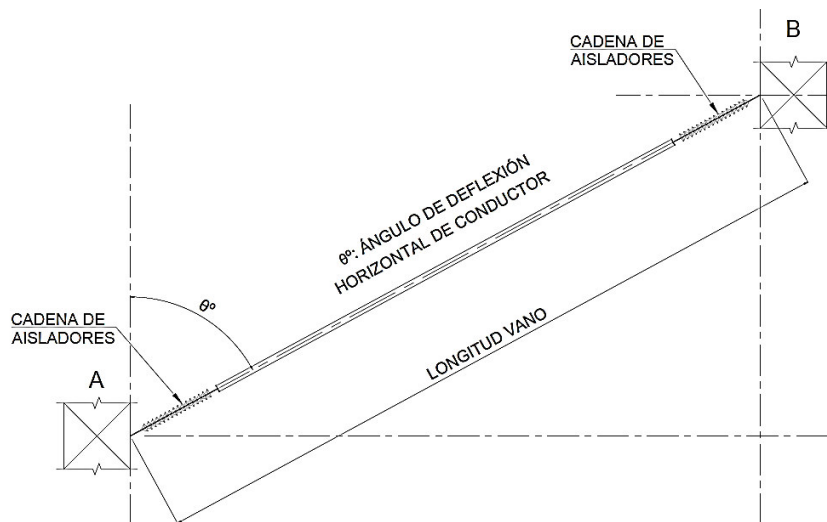


Figura N° 21 Esquema de conexionado entre estructuras de pórticos – Vista en planta

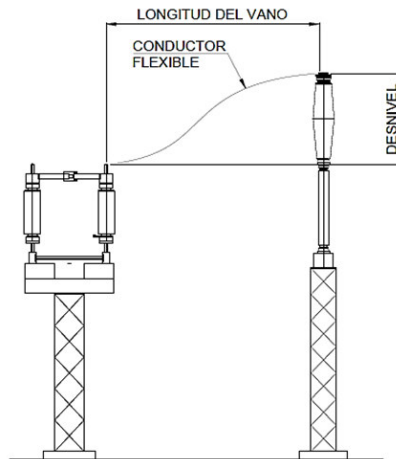


Figura N° 22 Esquema de conexionado entre equipos – Vista en corte

A continuación, se describen las cargas a las que está sometida el conductor y que son necesarias para el cálculo de flechas y tensiones:

- Carga por peso propio: Está conformado por el peso del conductor, de los dispositivos de amortiguamiento, cadena de aisladores, herrajes y de las cargas concentradas (conectores, conductores de derivación) que se tengan en el vano bajo estudio.
- Carga de sismo: La carga de sismo que puede presentarse sobre los conductores eléctricos puede determinarse mediante las fórmulas del capítulo 3.8.
- Carga de viento: La carga de viento se supone actuando horizontalmente y en ángulo recto con el cable. La presión del viento impacta transversalmente el área expuesta del cable, afectando de esta manera la tensión del cable y la forma de la catenaria.
- Carga de hielo: Cuando hay presencia de hielo, este se acumula en la superficie del cable afectando de esta manera la tensión del cable. Tiene un doble efecto, el primero aumenta el peso del cable y el segundo aumenta el diámetro de la superficie expuesta al viento.

- Carga de Cortocircuito: Carga dinámica generada en los conductores por la ocurrencia de un cortocircuito, transmitida a la estructura como fuerzas en los puntos de conexión.

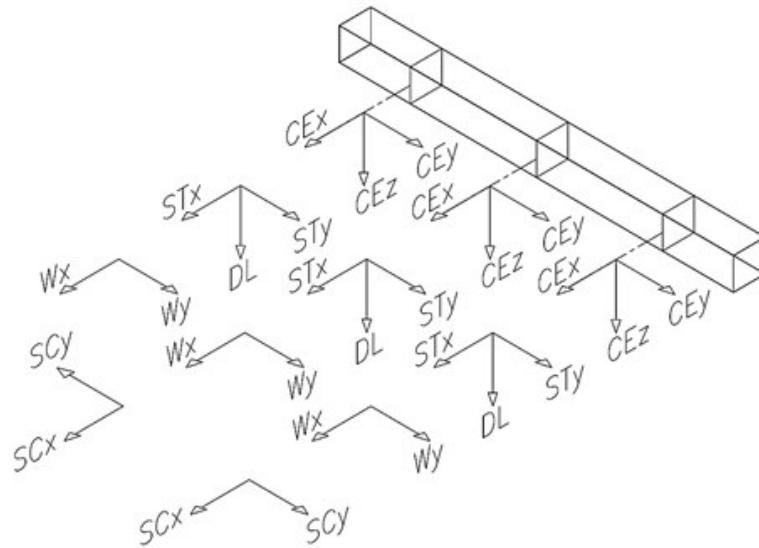


Figura N° 23 Convenciones y puntos de aplicación de cargas en vigas de pórticos.

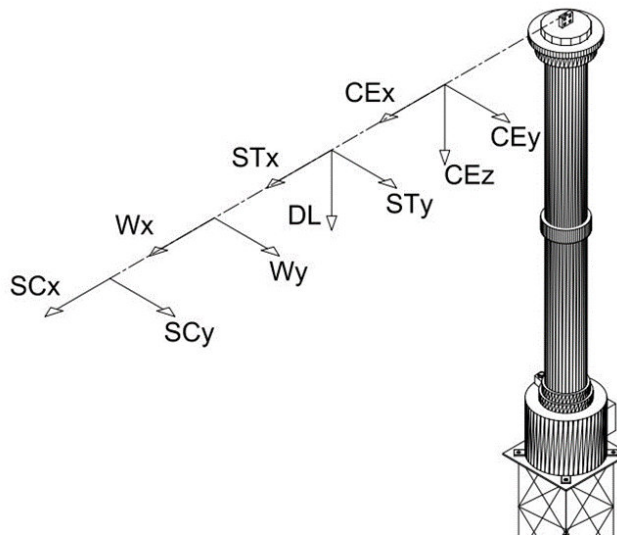


Figura N° 24 Convenciones y puntos de aplicación de cargas en equipos.

Donde:

CE_x = Carga sísmica longitudinal debido al conductor.

CE_y = Carga sísmica transversal debido al conductor.

CE_z = Carga sísmica vertical debido al conductor.

ST_x = Carga longitudinal máxima de conexión estática.

ST_y = Carga transversal máxima de conexión estática.

DL = Carga vertical máxima de conexión estática.

W_x = Carga longitudinal adicional de conexión por efecto de viento.

W_y = Carga transversal adicional de conexión por efecto de viento.

SC_x = Carga longitudinal adicional de conexión por efecto de corto circuito.

SC_y = Carga transversal adicional de conexión por efecto de corto circuito

3.8.3. Cargas de viento

Las cargas de viento en las estructuras de las subestaciones, equipos y conductores se deben aplicar en la dirección que genera la carga máxima. Para las estructuras de subestaciones que soportan cargas de cable, los vientos longitudinales (en la dirección de los cables) también pueden producir una carga significativa de la estructura y deben considerarse en el cálculo de la carga.

De acuerdo al código nacional de electricidad C.N.E. (Suministro 2011) se deberá utilizar la siguiente fórmula para calcular las cargas de viento en las áreas proyectadas:

$$F = K V^2 S_f A$$

Donde:

F = Fuerza de viento en la dirección del viento.

V = Velocidad de viento básica. Se obtiene de la Figura N° 25 y Tabla N° 2.

K = Constante de presión.

$K = 0,613$ para las elevaciones hasta 3000 m.s.n.m.

$K = 0,455$ para las elevaciones mayores 3000 m.s.n.m.

S_f = Factor de forma. Ver Tabla N° 3.

A = Área sólida (neta) expuesta al viento.

La carga de viento se obtiene de la siguiente de la Figura N° 25 y Tabla N° 2

Tabla N° 2 Viento, hielo y temperatura para las áreas de carga 1, 2 y 3

Zona de carga	Área 0 elevación menor de 3 000	Área 1 elevación 3 000-4 000	Área 2 elevación 4 001-4 500	Área 3 elevación a partir de
Caso de sólo viento				
Velocidad horizontal	26 m/s (94 km/h)	29 m/s (104 km/h)	31,5 m/s (113 km/h)	33,5 m/s (120 km/h)
Temperatura °C	10 °C	5 °C	0 °C	-5 °C
Caso de sólo hielo				
Grosor radial del hielo	No hay	6 mm	25 mm	50 mm
Temperatura	0 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C
Caso combinado de hielo y viento				
Velocidad horizontal del viento	No hay	3 mm	12 mm	25 mm
Temperatura	14 m/s (50 km/h)	14,5 m/s (52 km/h)	15,5 m/s (56 km/h)	17 m/s (61 km/h)
	5 °C	0 °C	-5 °C -	-10 °C

Fuente: Código Nacional de Electricidad-Suministro 2011



Figura N° 25 Ubicación de las zonas de carga en el Perú

Tabla N° 3 Selección de Coeficiente de forma

Tipo de estructura	Coeficiente de forma S_f
Estructuras cilíndricas y componentes	1,0
Estructuras niveladas planas (no celosía) y componentes	1,6
Estructuras en celosía	3,2 (componentes cuadrados o rectangulares). 2,0 (superficies cilíndricas).

Fuente: Código Nacional de Electricidad-Suministro 2011

3.8.4. Cargas de sismo

Las estructuras metálicas se deben diseñar para que resistan y presenten un buen desempeño ante fuerzas sísmicas. La carga sísmica sobre las estructuras se calcula utilizando el espectro sísmico de diseño sin embargo debido a que en el Perú no existe una normativa para el cálculo de un espectro de diseño para estructuras de subestaciones se utilizará el espectro de la norma E030, haciendo una analogía con otras normas como el ASCE 113 y otros documentos técnicos de diferentes países de la región el amortiguamiento crítico será de 5%. Este porcentaje de amortiguamiento crítico obedece al comportamiento de las estructuras en los materiales típicamente usados como son el concreto, el acero, el aluminio, etc. Si se quiere obtener un valor de amortiguamiento más exacto es necesario hacer unas pruebas de vibración del equipo y su soporte pudiendo dar valores que oscilen entre 2% al 8%. De acuerdo con el numeral 4.6.2 del RNE E.030, la aceleración espectral del sismo está dada por la siguiente expresión:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

Donde:

3.8.4.1. Factor de peligro sísmico (**Z**)

Se entiende como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, lo que corresponde a un periodo de retorno de 475 años. Se utilizará el parámetro sísmico más desfavorable $Z = 0,50$ indicado en la PR-20.

3.8.4.2. Factor de uso o importancia (**U**)

Factor de mayoración de los valores de cálculo de las fuerzas sísmicas según su elevado nivel de ocupación. Considerando que el proyecto es caracterizado como esencial, es decir, su función no debería interrumpirse después de ocurrido un sismo severo, se usará un coeficiente de importancia de $U = 1,5$ para una categoría A2, como se especifica en la Tabla N°5 del R.N.E - E.030

3.8.4.3. Parámetro de suelo (*S*)

El factor de amplificación del suelo *S* depende de las condiciones locales indicadas en el estudio de mecánica de suelos. La Tabla N° 4 muestra distintos valores de factor de suelo para diferentes zonas, según el R.N.E E.030.

Tabla N° 4 Factores de suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma técnica E.030-Diseño Sismorresistente

3.8.4.4. Factor de amplificación sísmica (*C*)

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo. Este valor está definido por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 T < T_p & \quad C = 2,5 \\
 T_p < T < T_L & \quad C = 2,5 \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T > T_L & \quad C = 2,5 \frac{(T_p \cdot T_L)}{T^2}
 \end{aligned}$$

Donde:

T = es el período fundamental, concordado con el numeral 4.6.1 del R.N.E E.030.

T_p = período que define la plataforma del factor *C*.

T_L = período que define el inicio de la zona del factor *C* con desplazamiento constante.

C = factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración del suelo.

Tabla N° 5 Periodos " T_p " y " T_L "

Periodos " T_p " y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma técnica E.030-Diseño Sismorresistente

3.8.4.5. Coeficiente de reducción sísmica (R)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección del análisis.

Para las estructuras de acero tipo celosía según el ítem 3.1.7.3 del ASCE 113 el coeficiente de reducción sísmica R para pórticos es 3. Para el caso de estructuras de soporte en voladizo su valor es 2. En ocasiones estos valores también son tomados de las especificaciones técnicas del proyecto, pero en ningún caso debe ser mayor al indicado por el ASCE 113.

El coeficiente sísmico vertical se considera como $2/3$ ZUS según el NTP E030, sin embargo, el ASCE 113 considera un valor de 80% del coeficiente sísmico.

3.8.5. Cargas de montaje y mantenimiento

Para considerar el peso del personal de mantenimiento de los conductores y cables de guarda cuando se sube a una torre se debe considerar una carga mínima de 1,5 kN aplicada en dirección vertical, esta carga es equivalente al peso de un hombre con herramientas. La recomendación para la carga de trabajadores se proporciona en el Manual de prácticas ASCE 74.

3.9. COMBINACIONES DE CARGA

La base fundamental del diseño de estructuras es utilizar factores de sobrecarga para incorporar así factores de seguridad, las estructuras se diseñan incrementando las

cargas nominales con los factores de sobrecarga y su diseño se hace para obtener elementos resistentes a la falla por fluencia y pandeo lateral, fundamentalmente.

Los factores de carga recomendados en esta sección fueron seleccionados en función de las características únicas de las estructuras típicas de subestaciones eléctricas. A continuación, se ilustran factores de sobrecarga de utilización frecuente propuestos por algunos códigos de diseño como la norma ASCE 113, el ASCE 7, y las especificaciones técnicas del cliente:

- (A) $1,2 DL + 1,3 ST + 1,2 ML$
- (B) $1,1 DL + 1,1 ST + 1,0 SC$
- (C1) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,3 Wx$
- (C2) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,3 Wx$
- (D1) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,3 Wy$
- (D2) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,3 Wy$
- (E1) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex + 0,3 Ey + 1,0 Ez$
- (E2) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex + 0,3 Ey + 1,0 Ez$
- (E3) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex - 0,3 Ey + 1,0 Ez$
- (E4) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex - 0,3 Ey + 1,0 Ez$
- (E5) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex + 0,3 Ey - 1,0 Ez$
- (E6) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex + 0,3 Ey - 1,0 Ez$
- (E7) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex - 0,3 Ey - 1,0 Ez$
- (E8) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex - 0,3 Ey - 1,0 Ez$
- (F1) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex + 1,0 Ey + 1,0 Ez$
- (F2) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex + 1,0 Ey + 1,0 Ez$
- (F3) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex - 1,0 Ey + 1,0 Ez$
- (F4) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex - 1,0 Ey + 1,0 Ez$
- (F5) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex + 1,0 Ey - 1,0 Ez$
- (F6) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex + 1,0 Ey - 1,0 Ez$
- (F7) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex - 1,0 Ey - 1,0 Ez$
- (F8) $1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex - 1,0 Ey - 1,0 Ez$

Para el cálculo de deflexiones máximas en servicio se pueden considerar las siguientes combinaciones:

- (1) $DL + ST + ML$
- (2) $DL + ST + SC$
- (3A) $DL + ST + 0,60 SC + Wx$
- (3B) $DL + ST + 0,60 SC - Wx$
- (4A) $DL + ST + 0,60 SC + Wy$
- (4B) $DL + ST + 0,60 SC - Wy$
- (5A) $DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex + 0,21 Ey + 0,70 Ez$
- (5B) $DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex + 0,21 Ey + 0,70 Ez$
- (5C) $DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex - 0,21 Ey + 0,70 Ez$
- (5D) $DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex - 0,21 Ey + 0,70 Ez$
- (5E) $DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex + 0,21 Ey - 0,70 Ez$
- (5F) $DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex + 0,21 Ey - 0,70 Ez$
- (5G) $DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex - 0,21 Ey - 0,70 Ez$
- (5H) $DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex - 0,21 Ey - 0,70 Ez$
- (6A) $DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex + 0,70 Ey + 0,70 Ez$
- (6B) $DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex + 0,70 Ey + 0,70 Ez$
- (6C) $DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex - 0,70 Ey + 0,70 Ez$
- (6D) $DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex - 0,70 Ey + 0,70 Ez$
- (6E) $DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex + 0,70 Ey - 0,70 Ez$
- (6F) $DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex + 0,70 Ey - 0,70 Ez$
- (6G) $DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex - 0,70 Ey - 0,70 Ez$
- (6H) $DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex - 0,70 Ey - 0,70 Ez$

Donde:

DL = Carga vertical debida al peso propio de estructura, conductores, equipos y herrajes.

ST = Carga debida a las tensiones estáticas de los conductores.

ML = Carga debida al montaje y mantenimiento de la estructura.

SC = Carga debida a las tensiones de cortocircuito de los conductores.

W = Carga debida al viento sobre estructura, equipo y conductores.

E = Carga debida al sismo sobre estructura, equipo y conductores.

x, y, z = Direcciones horizontales x, y o vertical z.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL SEGÚN LA NORMA ASCE 10

La norma ASCE 10-15 es una referencia principal para los ingenieros estructurales que diseñan estructuras de transmisión eléctrica enrejadas de acero, así como para otros ingenieros, inspectores y funcionarios de servicios públicos involucrados en la industria de transmisión de energía eléctrica.

Esta norma proporciona requisitos para el diseño, fabricación y prueba de miembros y conexiones para estructuras de transmisión eléctrica enrejadas de acero. Estos requisitos, que cubren estructuras arriostradas y autoportantes, son aplicables a perfiles de acero laminado en caliente y conformado en frío. La norma especifica los criterios de diseño para los componentes de la estructura (miembros, conexiones y tensores) para resistir cargas factorizadas de diseño en tensiones que se aproximan a la deformación, pandeo o fractura. Esta nueva edición, que reemplaza la norma ASCE 10-97 anterior, presenta cambios menores en los requisitos de diseño e introduce nuevas secciones sobre miembros redundantes, ángulos soldados, pernos de anclaje con placas base en tuercas niveladoras y empalmes de miembros angulares de postes. Los temas incluyen: carga, geometría y análisis; diseño de miembros, incluidos miembros de compresión, miembros de tensión y vigas; diseño de conexiones, incluidos sujetadores, distancias mínimas y orificios de fijación; detallado y fabricación; prueba de estructura a gran escala; miembros estructurales y

A continuación, se detalla los criterios y solicitaciones que deben cumplir los miembros diseñados bajo la norma ASCE 10-15.

4.1. TAMAÑOS MÍNIMOS

Según la norma ASCE 10 “Design of Latticed Steel Transmission Structures”, se sugieren espesores mínimos de 1/8” para miembros estructurales como montantes, diagonales, cierres; y 3/16” para placas de conexión.

4.2. RELACIONES DE ESBELTEZ

Los factores que afectan la capacidad a la compresión de un miembro angular son la esbeltez medida por su coeficiente L/r y las condiciones en sus extremos.

La esbeltez general de un ángulo es definida por sus tres coeficientes; L_x / r_x ; L_y / r_y y L_z / r_z , en donde L_x , L_y , y L_z son las longitudes no arriostradas, que controlan el pandeo potencial del ángulo en sus ejes locales x-x, y-y y z-z, respectivamente, y r_x , r_y y r_z , son los correspondientes radios de giro. Las longitudes no arriostradas son calculadas a partir de la longitud física del miembro entre sus nudos de extremo, L , por:

$$L_x = RL_x \times L$$

$$L_y = RL_y \times L$$

$$L_z = RL_z \times L$$

Donde RL_x , RL_y y RL_z son coeficientes de longitudes no arriostradas, las cuales dependen de la presencia de miembros rompetramos conectados a las caras del ángulo, entre sus nudos extremos.

Si el coeficiente de esbeltez general de un miembro, L/r , no muestra ningún subíndice, representa al mayor de los tres coeficientes de esbeltez descritos más arriba.

Para la determinación de las fracciones de longitud RL_x , RL_y y RL_z , se utilizan las figuras 3.2 del ASCE 10. Los factores de longitud efectiva se definen a partir de la longitud requerida para generar el pandeo en las direcciones principales de la sección del elemento.

Los casos más generales y que son aplicados en este caso, se muestran en las siguientes figuras:

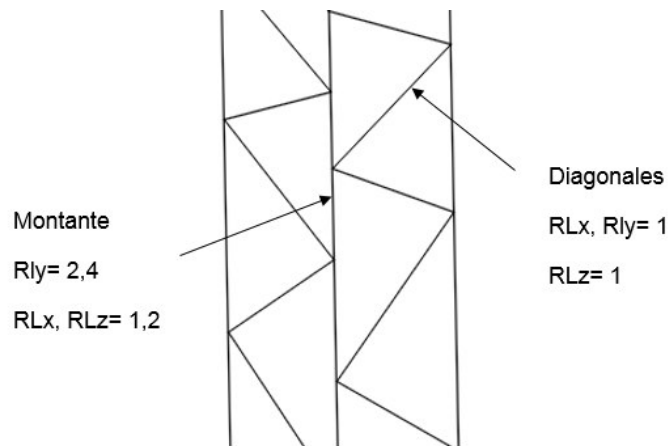


Figura N° 26 Modelo con diagonales escalonadas

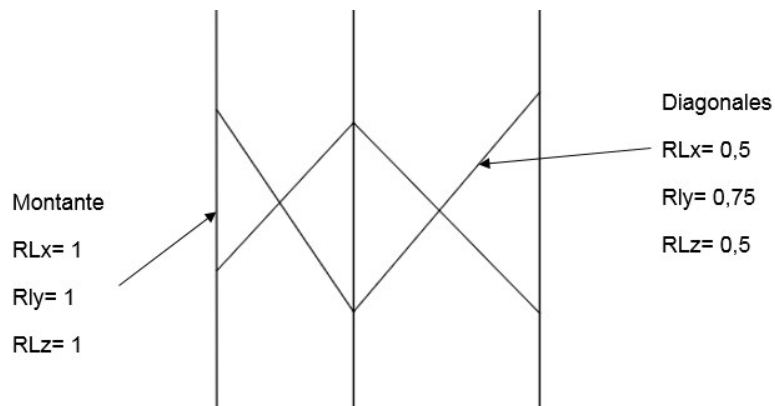


Figura N° 27 Modelo con diagonales cruzadas

4.2.1. Condiciones de extremos

El coeficiente de esbeltez determinante L/r del miembro es ajustado por un factor K , para tener en cuenta una de las condiciones de extremos, estas condiciones de extremos dependen del tipo de conexión del elemento en sus extremos y del tipo del elemento analizado (si el elemento es corto o largo).

- Miembros cortos: Son definidos como aquellos que poseen un valor L/r menor o igual a 120 y sus capacidades están basadas por el efecto de excentricidad en la conexión.

- Miembros Largos: Son definidos como aquellos que poseen un valor L/r mayor a 120 y sus capacidades están basadas por el efecto de restricción en la conexión.

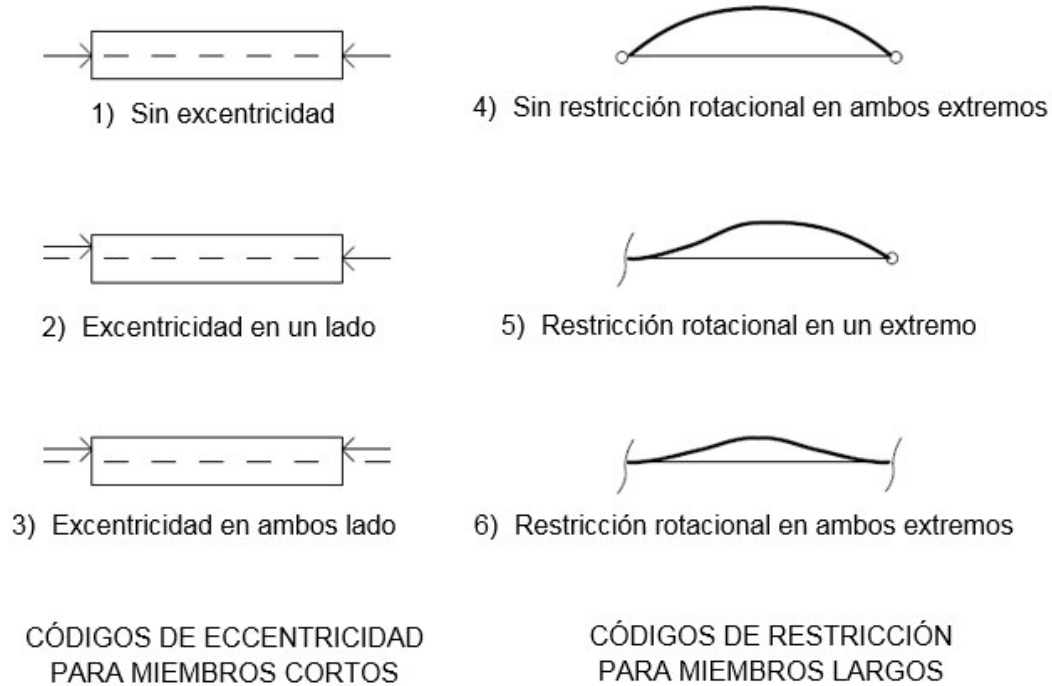


Figura N° 28 Condiciones de extremo de miembros (Elaboración: ASCE 10-15)

El coeficiente de esbeltez efectiva KL/r es calculado, como sigue para miembros cortos:

- $KL/r = L/r$ cuando el código de excentricidad es 1 (Sin excentricidad: Miembro con pernos en ambas caras en los extremos).
- $KL/r = 30+0,75L/r$ cuando el código de excentricidad es 2 (Excentricidad en un lado: Miembro empernado en ambas caras en un extremo y en el otro extremo una sola cara empernada).

- $KL/r = 60 + 0,50L/r$ cuando el código de excentricidad es 3 (Excentricidad en ambos lados: Miembro emperrado en una sola cara en ambos extremos).

Para miembros largos, la esbeltez efectiva se calcula como:

- $KL/r = L/r$ cuando el código de excentricidad es 4 (Sin restricción rotacional en ambos extremos: Emperrado con un solo perno en ambos extremos).
- $KL/r = 28,6 + 0,762L/r$ cuando el código de excentricidad es 5 (Restricción rotacional en un extremo: Emperrado con un solo perno en un extremo y 2 o más pernos en el otro).
- $KL/r = 46,2 + 0,615L/r$ cuando el código de excentricidad es 6 (Restricción rotacional en ambos extremos: Miembro emperrado con 2 o más pernos en ambos extremos).

Los límites de relaciones de esbeltez según el ASCE 10 para miembros que soportan un esfuerzo de compresión calculado serán las siguientes:

- (KL/r) máx. = 150 para miembros montantes.
- (KL/r) máx. = 200 para otros miembros.
- (KL/r) máx. = 250 para miembros redundantes.
- (KL/r) máx. = 500 para miembros solo a tracción.
- (KL/r) mín. = 300 para miembros solo a tracción.

4.3. CAPACIDAD A COMPRESIÓN

La capacidad a compresión de los elementos, es dependiente de su esbeltez general y de la esbeltez de su sección transversal. Por lo tanto, primero es necesario verificar el pandeo local del elemento (esbeltez de su sección transversal) y luego el pandeo global. El valor de F_{cr} es calculado a partir de las siguientes ecuaciones.

$$F_{cr} = F_y \quad \text{Cuando} \quad \frac{w}{t} < \left(\frac{w}{t}\right)_{lim}$$

$$F_{cr} = \left[1,667 - 0,667 \frac{w/t}{(w/t)_{lim}}\right] F_y \quad \text{Cuando} \quad \left(\frac{w}{t}\right)_{lim} \leq \frac{w}{t} \leq \frac{144\Psi}{\sqrt{F_y}}$$

$$F_{cr} = \frac{0,0332\pi^2 E}{(w/t)^2} \quad \text{Cuando} \quad \frac{w}{t} > \frac{144\Psi}{\sqrt{F_y}}$$

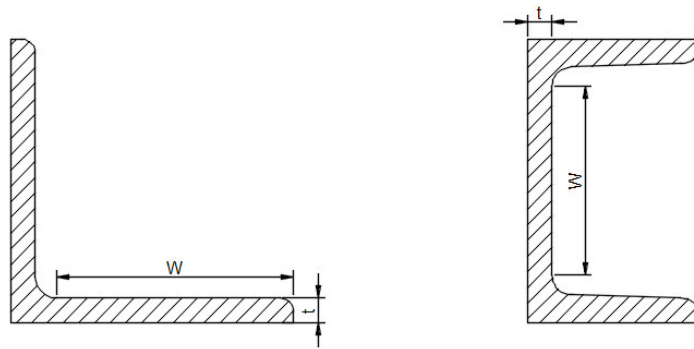


Figura N° 29 Denominación de w y t en perfiles L y U

Donde

$$\left(\frac{w}{t}\right)_{lim} = \frac{80\Psi}{\sqrt{f_y}}$$

w/t = Relación entre w = ancho efectivo de aleta y t = espesor de la aleta, no debe exceder 25.

Donde $\Psi = 1$ para F_y en ksi y 2,62 para F_y en MPa.

Según el capítulo 3.6 de la norma ASCE 10, el esfuerzo de compresión de diseño F_a se calcula según lo siguiente:

$$F_a = \left[1 - 0,5 \left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^2\right] F_{cr} \quad \text{Cuando} \quad \frac{KL}{r} \leq C_c$$

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad \text{Cuando } \frac{KL}{r} > C_c$$

$$C_c = \pi \sqrt{\frac{2E}{F_y}}$$

Donde:

F_y = Esfuerzo de fluencia mínima garantizada.

E = Módulo de elasticidad

L = longitud sin arriostramiento

r = radio de giro

K = coeficiente de longitud efectiva

C_c = coeficiente de cedencia

La capacidad a la compresión es calculada por:

$$C_a = F_a \times A$$

Donde

F_a = Esfuerzo de compresión de diseño.

A = Área bruta de la sección transversal del miembro.

4.4. CAPACIDAD A TRACCIÓN

La capacidad a tracción de un miembro, basada en el desgarramiento de este a través de su área neta es calculada como:

$$R_t = F_t A_{net}$$

Donde:

F_t = Esfuerzo de tracción de diseño.

A_{net} = Área neta.

El área neta A_{net} es algunas veces definida por:

$$A_{net} = A_{eff} - h \times t \times n_h$$

Donde:

A_{eff} = Área efectiva del miembro.

h = Diámetro del agujero del perno.

t = Espesor del elemento.

n_h = Número de agujeros de pernos.

Para $n_h > 0$

$F_t = F_y$ si la conexión se da en ambos lados del perfil angular.

$F_t = 0.9 F_y$ si la conexión se da solo en el lado largo o el lado corto del perfil angular.

$A_{eff} = A$ si la conexión se da en ambos lados o el lado largo.

$A_{eff} = A - (b-a) t n_a$ si la conexión se da solo en el lado corto.

Donde:

b = Lado largo del perfil angular.

a = Lado corto del perfil angular.

n_a = Número de ángulos en la sección transversal del miembro.

A = Área bruta de la sección transversal del miembro.

Si hay una serie de agujeros dispuestos en una línea diagonal o en zig zag, el ancho neto de un miembro es determinado normalmente al reducir a partir de su ancho bruto, la suma de los diámetros de todos los agujeros en la serie y adicionando, por cada espacio en la línea de perforaciones, la cantidad $(S^2/4g)$, en donde "S" (paso) es la separación longitudinal (medida en forma paralela al miembro) y "g" (gramil) es la separación transversal (medida perpendicular al miembro) entre dos agujeros consecutivos. A continuación, se presentan distintos tipos de secciones de fallas en los perfiles angulares.

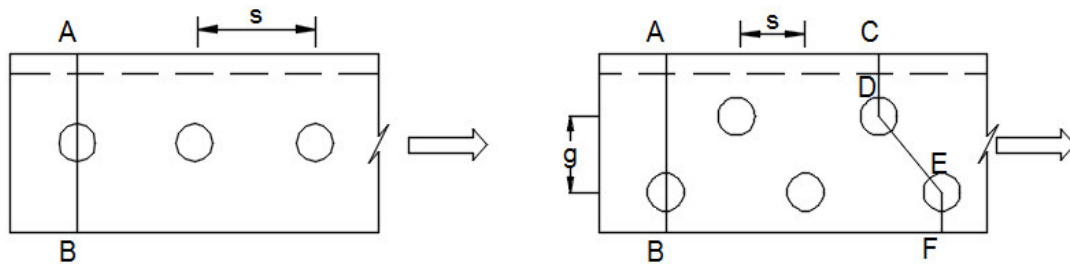


Figura N° 30 Secciones de posibles fallas en perfiles

4.5. CAPACIDAD A CORTANTE

La resistencia de diseño por cortante de un miembro es calculada como sigue:

$$R_c = V_n n_b n_s$$

Donde:

V_n = Resistencia al cortante de pernos según Tabla N° 1 para pernos ASTM A394.

n_b = Número de pernos conectados.

n_s = Número de planos de corte.

4.6. CAPACIDAD AL APLASTAMIENTO

Un posible modo de falla, que resulta de un aplastamiento excesivo es el desgarramiento cortante en el extremo de un elemento conectado. Su resistencia calculada depende de la separación entre los tornillos, de su distancia a los bordes, de la resistencia F_u especificada a tensión de las partes conectadas, así como de sus espesores. La capacidad al aplastamiento de la conexión de un miembro según el ASCE 10-15 es calculada de la siguiente forma.

$$R_a = 1.5 F_u d t n_b n_{bear}$$

Donde:

F_u = Esfuerzo último de rotura.

n_b = Número de pernos conectados.

n_{bear} = n_a (número de ángulos en la sección transversal) si $n_a = 1$ o 2 , o $n_a/2$ si $n_a=4$.

t = Espesor de la parte conectada.

d = Diámetro del perno.

4.7. CAPACIDAD DE RUPTURA

Las fallas por ruptura pueden ser un desgarramiento longitudinal en cuña en el extremo del miembro, fisuras entre los agujeros y el borde de un miembro, bloque de cortante, insuficiente resistencia al aplastamiento de los pernos, etc.

Para tomar en cuenta las posibles fallas mencionadas anteriormente, la ruptura es verificada de la siguiente forma:

$$R_r = \text{Mín} [R_a, R_b]$$

Donde R_d es la forma de verificar los requerimientos ASCE 10 para distancias a los extremos, bordes y de separación de pernos, y R_b es una verificación de bloque de cortante, solo llevada a cabo para los miembros conectados en un solo lado (“solo corto” o “solo largo”) con una sola fila de conectores.

R_d = es calculada como:

$$R_d = \frac{F_u}{1.2} dist t n_b n_{bear} \alpha$$

Donde:

$$dist = \text{Mín. } [e, (s-0.6d), (f/0.85)]$$

e = distancia al extremo del agujero del perno.

f = distancia corta al borde del agujero del perno.

$n_{bear} = n_a$ (número de ángulos en la sección transversal) si $n_a = 1$ o 2 , o $n_a/2$ si $n_a=4$.

$$\alpha = \text{Mín. } [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]$$

Con α_1 a α_3 determinados de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = e/1.3d$$

$$\alpha_2 = e/ (t+d/2)$$

$$\alpha_3 = 1$$

R_b , la capacidad de bloque de cortante de la conexión, es solo verificada para miembros conectados por un lado (“Solo largo” o “solo corto”) con una fila única de conectores $g=0$). En tales casos, se determina como:

$$R_b = 0.60 A_v F_u + A_t F_y$$

Donde:

A_v = Área neta mínima al corte en dirección de la fuerza.

$$= (e-h/2) t n_a \quad \text{para } n_b = 1$$

$$= \{(e-h/2) + (s-h) (n_b - 1)\} t n_a \quad \text{para } n_b > 1$$

A_t = Área neta mínima en tracción en dirección perpendicular a la fuerza.

$$= (f-h/2) t n_a$$

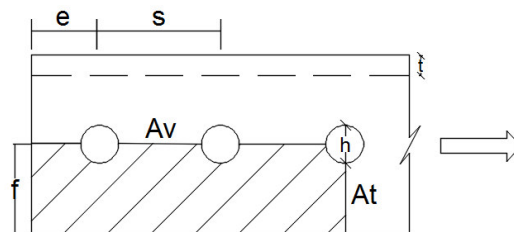


Figura N° 31 Bloque de cortante

4.8. CAPACIDAD A FLEXOCOMPRESIÓN

Los miembros sometidos tanto a compresión como a flexión axiales deben estar proporcionados para satisfacer las siguientes ecuaciones:

$$\frac{P}{C_a} + \frac{C_m M_x}{M_{ax}} \left[\frac{1}{1 - \frac{P}{P_{ex}}} \right] + \frac{C_m M_y}{M_{ay}} \left[\frac{1}{1 - \frac{P}{P_{ey}}} \right] \leq 1$$

$$\frac{P}{P_y} + \frac{M_x}{M_{ax}} + \frac{M_y}{M_{ay}} \leq 1$$

Donde:

P = Compresión axial.

C_a = La capacidad a la compresión.

P_y = Compresión axial en la fluencia = $F_y A$

$$P_{ex} = \pi^2 E I_{ex} / K_x L_x .$$

$$P_{ey} = \pi^2 E I_{ey} / K_y L_y$$

M_x, M_y = Momentos máximos alrededor de los ejes x e y.

M_{ax}, M_{ay} = El momento M_a que provoca el pandeo lateral alrededor de los ejes x e y.

El momento M_a que provoca el pandeo lateral está dado por el siguiente:

$$\text{Si } M_e \leq 0.5M_{yc} ; M_a = M_e$$

$$\text{Si } M_e \geq 0.5M_{yc} ; M_a = M_{yc} \left(1 - \frac{M_{yc}}{4M_e} \right)$$

Donde:

M_{yc} = Momento de fluencia en la fibra extrema en compresión; y

M_e = Momento crítico elástico.

Los valores de M_e vienen dados por lo siguiente

Para carga perpendicular en el ala:

$$M_e = \frac{0.66Eb^4t}{(KL)^2} \left[\sqrt{1 + \frac{0.78 (KL)^2 t^2}{b^4}} + 1 \right]$$

$$M_{yc} = F_y \frac{b^2 t}{3\sqrt{2}}$$

Para elementos restringidos sin desplazamiento lateral de un extremo con respecto al otro, y sin cargas transversales en el plano de flexión entre apoyos, $C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2)$. M_1 es el momento final más pequeño y (M_1 / M_2) es positivo cuando la flexión

está en curvatura inversa (S) y negativo cuando está en curvatura simple.

Si hay cargas transversales entre apoyos, $C_m = 1$ para miembros con extremos no restringidos y 0,85 si los extremos están restringidos.

4.9. CAPACIDAD A FLEXOTRACCIÓN

Los miembros sometidos tanto a compresión como a flexión axiales deben estar proporcionados para satisfacer las siguientes ecuaciones:

$$\frac{P}{T_a} + \frac{M_x}{M_{ax}} + \frac{M_y}{M_{ay}} \leq 1$$

$$T_a = \text{Mín. } [F_t A_{net}, 0.60 A_v F_u + A_t F_y]$$

Donde:

P = Tensión axial.

T_a = Capacidad a tensión axial.

M_x, M_y = Momentos máximos alrededor de los ejes x e y.

M_{ax}, M_{ay} = El momento M_a que provoca el pandeo lateral alrededor de los ejes x e y según ítem 4.9.

F_t = Esfuerzo de tracción de diseño ver ítem 4.4.

F_u = Esfuerzo último de rotura.

F_y = Esfuerzo de fluencia mínima garantizada

A_{net} = Área neta ver ítem 4.4.

A_v = Área neta mínima al corte en dirección de la fuerza ver ítem 4.7.

A_t = Área neta mínima en tracción en dirección perpendicular a la fuerza ver ítem 4.7.

4.10. SOLDADURA

El diseño de las soldaduras se realiza siguiendo las metodologías teóricas de la Norma AISC 360 tomando en consideración las solicitaciones que estarán presentes como cargas axiales, cortantes y momentos, sobre la sección de la soldadura.

$$\phi R_{ns} = \phi(0.60 F_{EXX} 0.707wL_w) \quad \text{Para } \phi=0,75$$

Donde:

F_{EXX} = Resistencia última nominal de la soldadura.

w = Tamaño de la soldadura.

L_w = Longitud efectiva de la soldadura.

4.11. PLACAS BASES

El diseño de las placas bases deberán cumplir con que los momentos máximos de compresión y tracción sean menores a momento máximo resistido por la placa.

$$M_p = 0.90f_y Z$$

Donde:

Z = Modulo plástico de la placa.

M_p = Momento máximo resistido por la placa.

4.12. PERNOS DE ANCLAJES

El diseño de pernos de anclajes cumplirá con las siguientes solicitaciones indicadas en la norma ACI 318-14:

Tabla N° 6 Solicitaciones según el ACI 318-14

ACERO	CONCRETO
Tracción directa en acero	Arrancamiento por Tracción en concreto
Cortante directa en acero	Deslizamiento por Tracción en concreto
Interacción Tracción-Cortante en acero	Desprendimiento lateral Tracción en concreto
Esbeltez acero (sólo para placa elevada)	Arrancamiento por Cortante en concreto
	Desprendimiento por Cortante en concreto

Fuente: ACI 318-14-Requisitos de Reglamento para Concreto Estructura

CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La subestación Piura Oeste 220 kV está ubicada a 33 msnm en el departamento de Piura, provincia de Piura, al noroeste del Perú, cuenta con cinco bahías de línea a nivel de 220 kV hacia las subestaciones: La Niña (x2), Pariñas, Cementos Piura y Talara, una bahía para reactor (21,95 Mvar) y 3 campos de transformación de 220/60/10 kV y una celda de acople de 220 kV. A nivel de 60 kV, cuenta con siete bahías de línea, además de 3 bahías de transformación, una bahía de compensación (20 Mvar) y una celda de acople de 60 kV.



Figura N° 32 Vista de la Subestación Piura 220/60/10 kV

Como parte de la ampliación de la subestación Piura Oeste en sus patios de 220 kV y 60 kV y que tendrán influencia en las obras de estructuras metálicas, se describe los siguientes alcances del proyecto:

Patio 220 kV

- Ampliación de barras e Implementación de una celda de transformación para conectar al nuevo transformador de potencia y se implementará en el espacio de la actual celda de acople.
- Reubicación de la celda de acople, para lo cual se reubicarán los transformadores de corriente e interruptor existentes y se implementarán nuevos equipos como seccionadores.

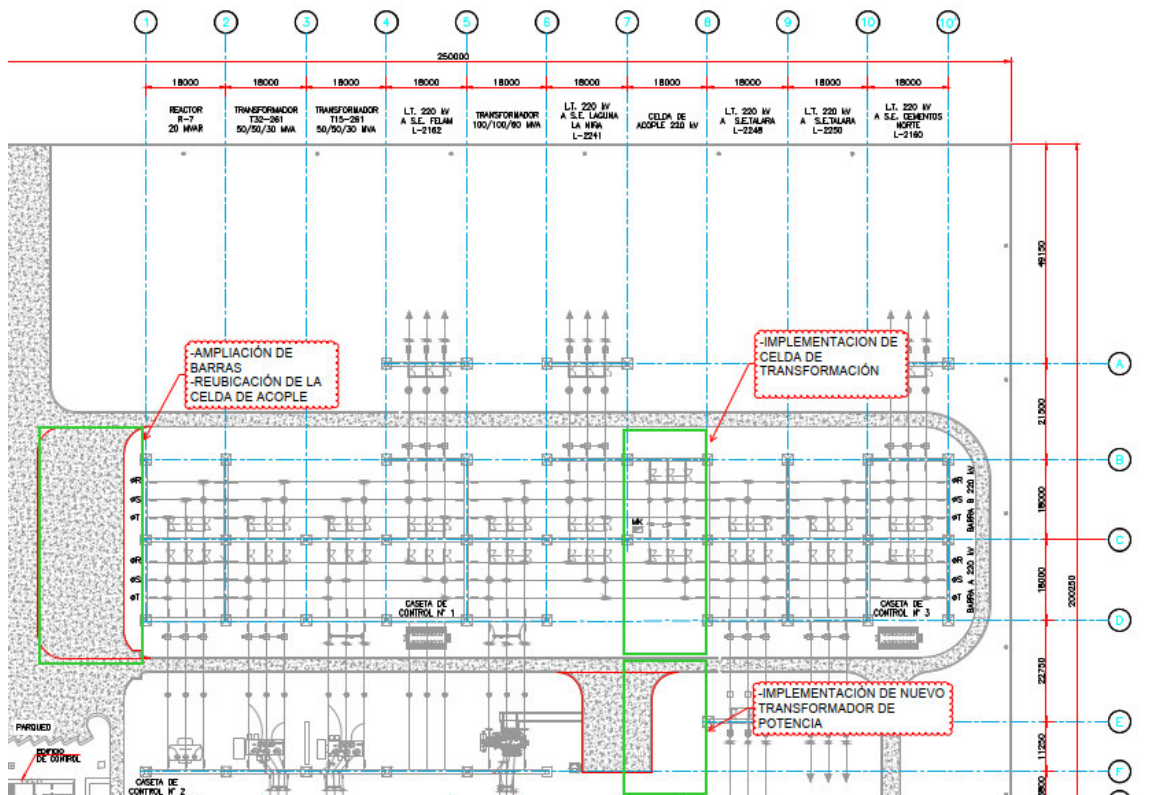


Figura N° 33 Alcance del proyecto en el patio de 220 kV – SE. Piura Oeste



Figura N° 34 Celda de acople 220 kV a reubicar – SE. Piura Oeste.



Figura N° 35 Zona para ampliación de barras y reubicación de campo de acople 220 kV.

Patio 60 kV

- Implementación de una celda de transformación para conectar al nuevo transformador de potencia (la cual se implementará en el espacio de la actual celda de compensación capacitiva).
- Repotenciación y ampliación de barras.



Figura N° 38 Ubicación de pórtico para el análisis y diseño

Para el caso de soporte de equipos se analizará el soporte correspondiente al aislador poste del patio de 220 kV:

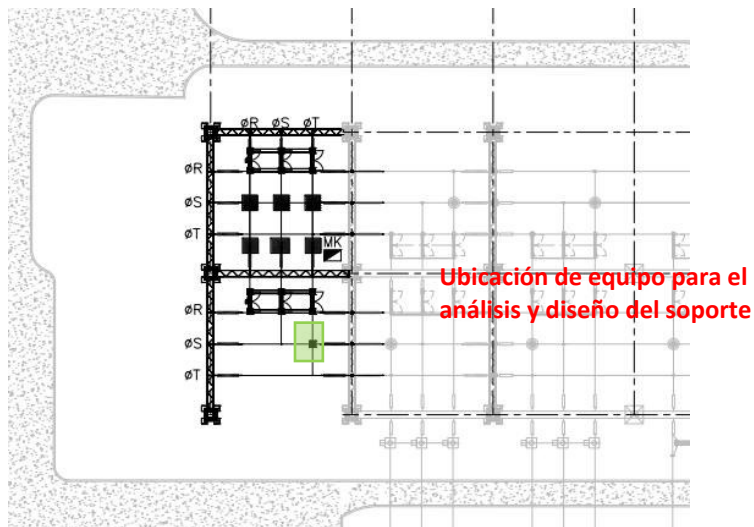


Figura N° 39 Ubicación de equipo para el análisis y diseño del soporte

5.2. SISTEMA ESTRUCTURAL PÓRTICO - 220 kV

El sistema de pórticos proyectado es reticulado, se constituyen en su totalidad por ángulos (celosías) de acero laminados en caliente, formando un enrejado espacial tronco piramidal de sección cuadrada o rectangular. La importancia de estas estructuras en el análisis es que las barras trabajan predominantemente a compresión y tracción presentando flexiones pequeñas y esto debido a que los nudos se encuentran articulados y las cargas son aplicadas en los nudos de las barras.

5.3. MODELO ESTRUCTURAL PÓRTICO - 220 kV

5.3.1. Isométrico de estructuras

Para la definición de la geometría final de los pórticos es decir la altura de las columnas, longitud de vigas, separación de las patas de los montantes, etc, se tomaron en consideración los diseños eléctricos planteados en los planos de disposición física (Ver Anexo B), el cual toma en consideración para su diseño lo siguiente:

- Altura de los conductores (barras y templeas) con respecto al terreno de acuerdo a lo establecido por el código nacional de electricidad.
- Distancias mínimas de separación entre las fases para barra y templeas.
- La deflexión de los conductores en los barrajes soportados por cadenas de aisladores.
- Dimensiones de los equipos.
- Altura del apantallamiento de la subestación.
- Longitud de campo el cual está determinada por la configuración de la subestación y por las distancias entre los equipos.

Tomando en consideración el diseño de la disposición física (Ver Anexo B), se muestran los isométricos de pórticos.

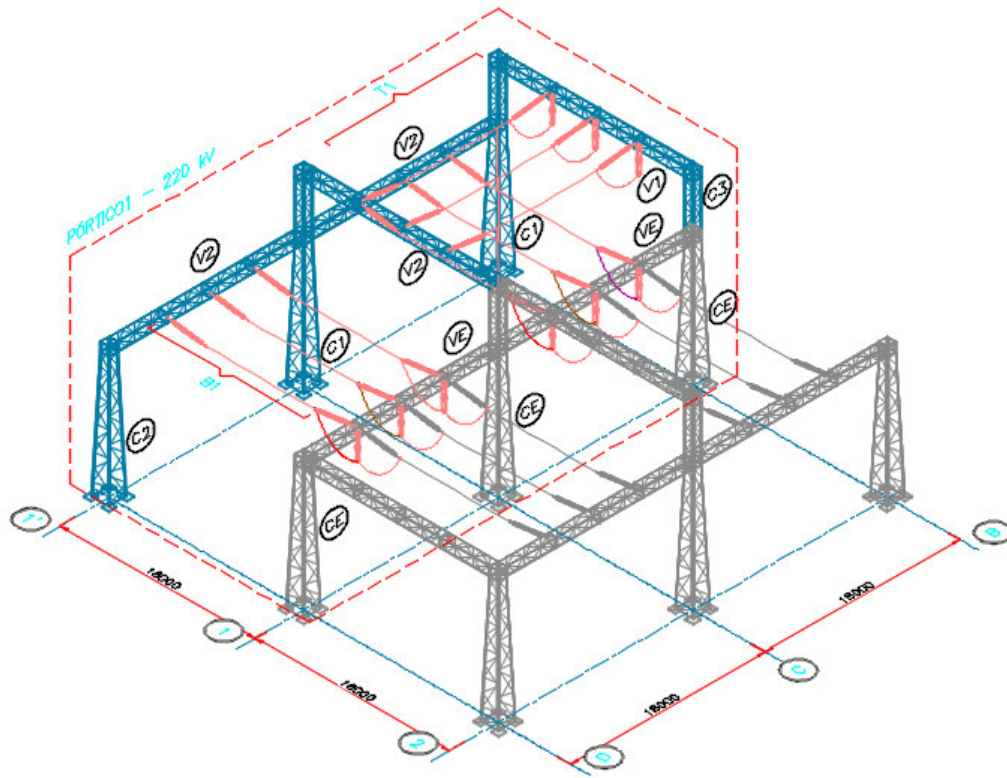


Figura N° 40 Isométrico de estructuras de pórtico 1 – 220 kV

5.3.2. Identificación de estructuras

Con base a los planos isométricos el siguiente paso es la definición de los elementos de las estructuras es decir identificar los tipos de elementos, los grupos de cada elemento, los perfiles angulares y la tornillería. Los perfiles angulares y tornillerías son escogidos tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Diseños hechos en otros proyectos para subestaciones con niveles de tensión de 200 kV y 60 kV el cual han tenido buen comportamiento ante las solicitaciones.
- Disponibilidad en el mercado.
- El diseño actual existente de los pórticos y vigas de la subestación Piura Oeste.

5.3.2.1. Identificación de estructuras de pórticos patio - 220 kV

El pórtico de análisis es de tipo anillo y está conformado por 3 columnas existentes CE, 2 columnas nuevas C1, 1 columna nueva C2, una columna nueva C3, 2 vigas existentes VE, 1 viga nueva V1 y 3 vigas nuevas V2.

El diámetro de pernos será como mínimo de 5/8" para todos los elementos, estarán conectados en ambos lados del ala para montantes y en un solo lado para las diagonales y cierres.

Para el análisis se utilizarán perfiles semejantes a los existentes y que sean perfiles estándares producidos en Perú, por lo tanto, para las montantes y cierres de columnas se utilizarán perfiles de 102x102x9.5 mm y 76x76x6.4 mm, y el resto el mínimo de 51x51x4.8mm. Para el caso de vigas serán 76x76x6.4 para elementos principales como montantes y el resto el mínimo de 51x51x4.8mm.

En el Anexo C se presenta las siluetas, geometrías e identificación de elementos estructurales de las columnas y vigas nuevas correspondientes al patio 220 kV.

Tabla N° 7 Identificación de elementos en columnas C1, C2, C3 - patio 220 kV

TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE				
MONTANTE	M1	L 102x102x9,5 mm	A572-50	10 Φ 15,9 mm	SIMPLE				
				6 Φ 15,9 mm	DOBLE				
	M2	L 102x102x9,5 mm	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE				
	M3	L 102x102x9,5 mm	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE				
DIAGONAL	M4	L 102x102x9,5 mm	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE				
	D1	L 51x51x4,8 mm	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE				
					D2	L 51x51x4,8 mm	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE
					D3	L 51x51x4,8 mm	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE
					D4	L 51x51x4,8 mm	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE
D5					L 51x51x4,8 mm	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE	
CIERRE	C1	L 76x76x6,4 mm	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE				
	C2	L 76x76x6,4 mm	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE				
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8 mm	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE				
	CD2	L 51x51x4,8 mm	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE				

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8 Identificación de elementos en vigas V1, V2 - patio 220 kV

TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 76x76x6,4	A572-50	6 Φ 15,9 mm	SIMPLE
				6 Φ 15,9 mm	DOBLE
	M2	L 76x76x6,4	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	D1	L 51x51x4,8	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	D2	L 51x51x4,8	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	C1	2L 51x51x4,8	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	C1A	C 5"x 9 lb/pie	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.2. Identificación de estructuras de pórtico patio - 220 kV (existente)

Se realiza el modelo estructural del pórtico correspondiente al tramo ubicado entre los ejes "1' a 2" y "B a D" (Ver Anexo B), de dicho pórtico las estructuras a verificar son las columnas ubicadas en los ejes "1-B" y "1-C".

En el Anexo C se muestra las siluetas y geometrías de las estructuras existentes.

Tabla N° 9 Identificación de elementos en columnas CE1 - CE3 - Pórtico 1 - patio 220 kV

TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	CE1-M1	L 100x100x10	A572-50	10 Φ 15,9 mm	SIMPLE
				6 Φ 15,9 mm	DOBLE
	CE1-M2	L 100x100x10	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
	CE1-M3	L 100x100x10	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	CE1-D1	L 60x60x5	A572-50	1 Φ 12,7 mm	SIMPLE
	CE1-D2	L 60x60x5	A572-50	1 Φ 12,7 mm	SIMPLE
	CE1-D3	L 50x50x5	A572-50	1 Φ 12,7 mm	SIMPLE
CIERRE	CE1-C1	L 75x75x6	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CE1-CD1	L 45x45x4	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 10 Identificación de elementos en columnas CE2 - Pórtico 1 - patio 220 kV

TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	CE2-M1	L 5x5x0.375	A572-50	10 Φ 15,9 mm	SIMPLE
				6 Φ 15,9 mm	DOBLE
	CE2-M2	L 5x5x0.375	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
	CE2-M3	L 5x5x0.375	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	CE2-M4	L 3.5x3.5x0.3125	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
	CE2-D1	L 2.25x2.25x0.25	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	CE2-D2	L 2.25x2.25x0.25	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	CE2-D3	L 2x2x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	CE2-D4	L 2.25x2.25x0.25	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	CE2-D5	L 2x2x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	CE2-C1	L 3x3x0.25	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CE2-C2	L 3x3x0.25	A572-50	2 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	CE2-CD1	L 1.75x1.75x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	CE2-CD2	L 1.75x1.75x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11 Identificación de elementos en vigas VE1 - VE2 - Pórtico 1 - patio 220 kV

TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	VE1-M1	L 3x3x0.25	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
	VE1-M2	L 3x3x0.25	A572-50	6 Φ 15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	VE1-D1	L 2x2x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
	VE1-D2	L 2x2x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	VE1-C1	2L 2x2x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	VE1-CD1	L 2x2x0.1875	A572-50	1 Φ 15,9 mm	SIMPLE

Fuente: Elaboración propia

5.4. MODELAMIENTO EN PLS TOWER PÓRTICO-220 kV

En este capítulo se indicarán los criterios y los pasos a seguir para una adecuada modelación de estructuras en el programa PLS TOWER, tomando como criterio los modelamientos de torres de transmisión y telecomunicación, pero enfocados en pórticos de subestaciones.

5.4.1. Datos generales

El menú de datos generales es usado para agregar información general del proyecto (título y notas), seleccionar las normas de diseño que se usaran para revisar los esfuerzos, chequeo por rotura y “Crossing Diagonal”. Para el presente proyecto se configuró de la siguiente manera.

- Para considerar los efectos P-delta el análisis debe ser “No lineal”.
- Para el chequeo de la resistencia de los miembros angulares, sus conexiones, verificación a ruptura, asignación del coeficiente de longitud no arriostrada de las diagonales cruzadas y verificación de ángulo de la patas con la vertical se harán con la normativa ASCE 10.
- El chequeo por climbing se hará con valores definidos, para este caso solo se verificará como una advertencia mas no como una restricción para el diseño ya que por lo general en estas estructuras el mantenimiento se hace usando las escalerillas. El ángulo mínimo del elemento con la horizontal para la verificación es de 45° con una carga de 1500 N como mínimo.
- En caso de las redundantes se verificará usando todo el esfuerzo que soporta de la estructura.

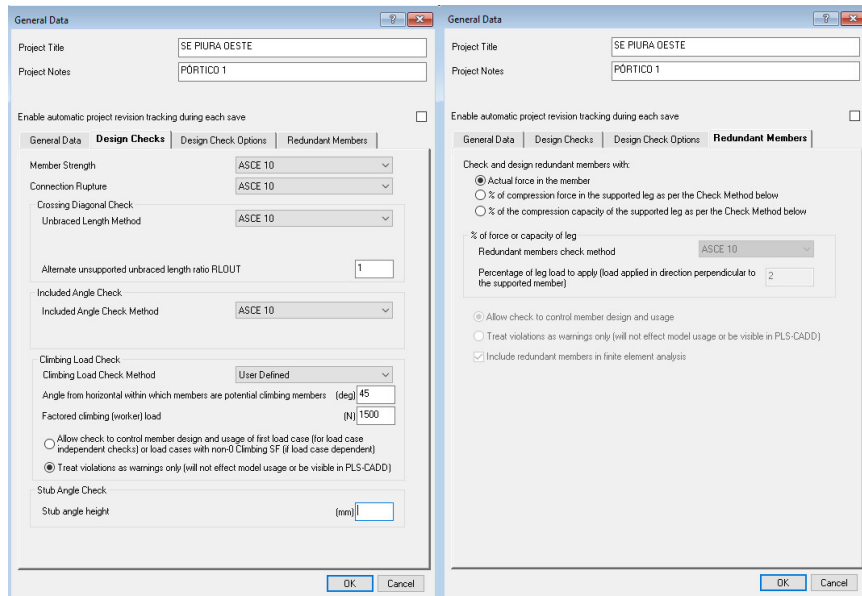


Figura N° 41 Ventana de dialogo de datos generales

5.4.2. Componentes

5.4.2.1. Acero

Se utilizará el A572-50 (Acero de alta resistencia) con $F_y = 345$ MPa, $F_u = 450$ MPa y un módulo de elasticidad de 199948 MPa.

El tipo de perno utilizado será como mínimo de 5/8", el diámetro de la perforación es de 1/8" y con una capacidad a cortante 49.60 kN de acuerdo a los criterios de diseño.

	Steel Material Label	Modulus of Elasticity (MPa)	Yield Stress F_y (MPa)	Ultimate Stress F_u (MPa)
1	A572-50	199948	344.737	448.158
	Bolt Label	Bolt Diameter (cm)	Hole Diameter (cm)	Ultimate Shear Capacity (kN)
1	5/8 A394 TYPE0 N	1.5875	1.905	49.5977

Figura N° 42 Ventana de propiedades de perfiles y pernos

5.4.2.2. Grapas

No tienen dimensiones físicas, es un simple punto de conexión. Para estructuras de pórticos de subestaciones se usa para cargar fuerzas sísmicas. La capacidad viene por defecto en el programa por lo que se dejará como esta.

	Label	Stock Number	Holding Capacity (N)
1	CLAMP	10000000	1e+07
2			
3			

Figura N° 43 Ventana de propiedades de grapas

5.4.2.3. Aislador

En los pórticos del eje B-B y 1-1 tendrán 9 equipos eléctricos suspendidos en sus vigas denominados aisladores de soporte de instalación invertida. Sus dimensiones y propiedades corresponden a lo indicado en el Anexo F.

	Label	Stock Number	Length (m)	Weight (N)	Wind Area (m ²)	Tension Capacity (N)
1	AM19-220KV	1000	2.3	1650	0.54	120000
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Figura N° 44 Ventana de propiedades de aisladores invertidos

5.4.3. Geometría

En el modelo se puede identificar que hay varias columnas y vigas iguales por lo tanto no es necesario modelar cada uno, bastara con modelar uno de cada uno y luego replicarlos usando la simetría de ejes xy.

El programa PLS TOWER tiene la posibilidad de definir los nudos y elementos por simetría, el cual tiene las siguientes opciones:

Simetría XY: A partir de la localización de un nudo o elemento se definen tres nudos o elementos adicionales con simetría con respecto a los ejes X e Y.

Simetría X: A partir de la localización de un nudo o elemento se definen tres nudos o elementos adicionales con simetría con respecto a los ejes X.

Simetría Y: A partir de la localización de un nudo o elemento se definen tres nudos o elementos adicionales con simetría con respecto a los ejes Y.

El programa por defecto adiciona un sufijo a cada nudo, P para nudos primarios y S para nudos secundarios, tal como se muestra en el siguiente esquema:

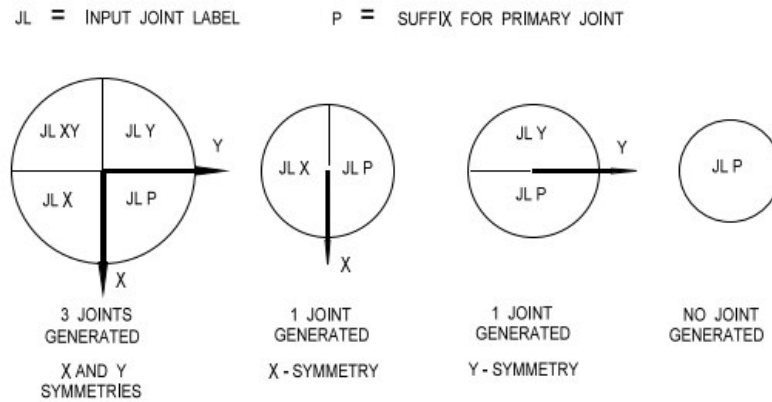


Figura N° 45 Convención estándar de denominación de nudos

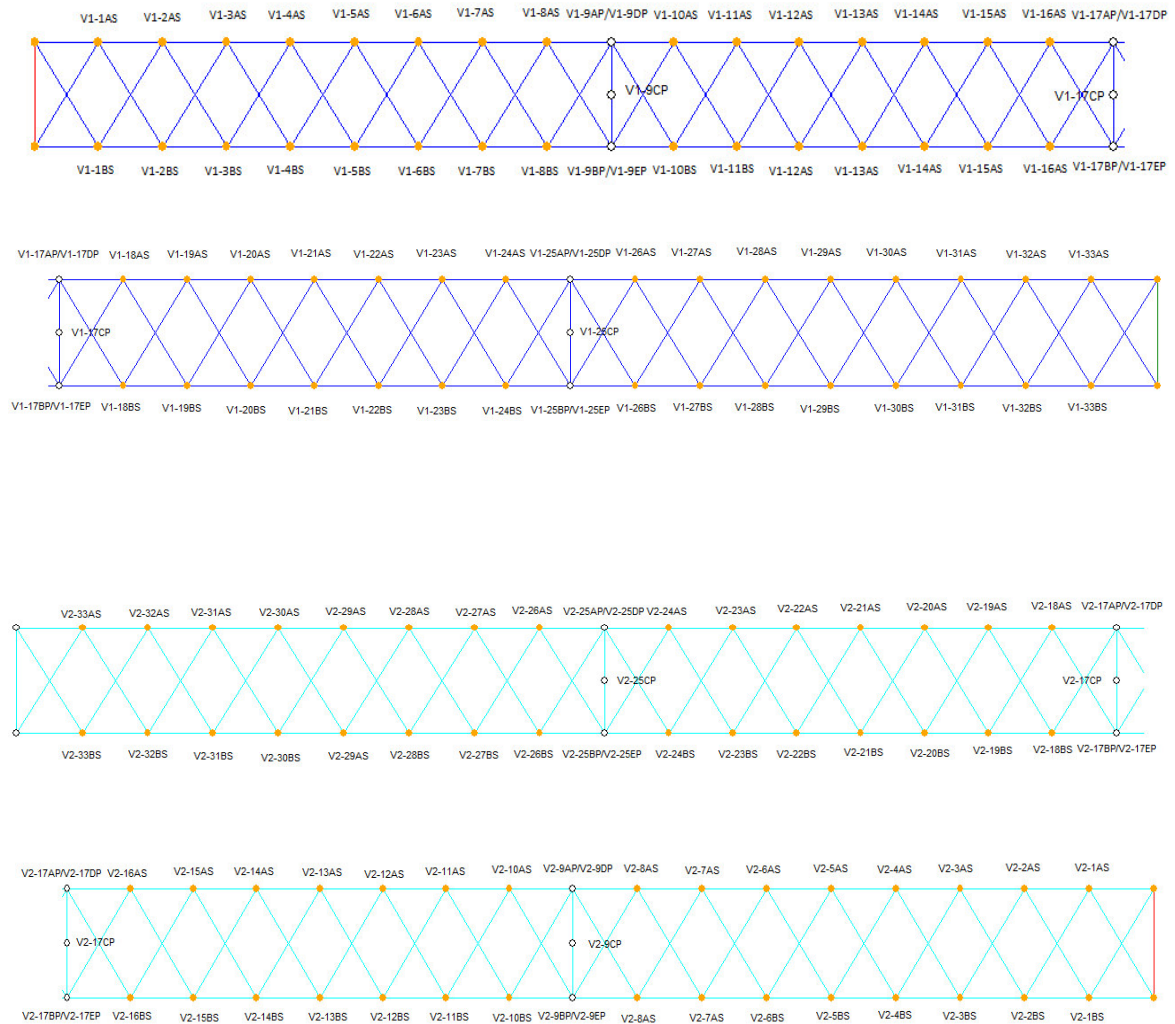
5.4.3.1. Nudos

Como primer paso para el armado del modelo se define los nudos, estos se subdividen en puntos primarios y secundarios.

Puntos primarios: Los nudos primarios son aquellos que deben ser localizados por sus coordenadas globales. La localización de estos nudos se define a criterio del usuario, la recomendación es definirlos en los puntos iniciales, finales de la silueta de la estructura, en los puntos de cambio de geometría en la silueta y en los puntos de aplicación de las cargas debido a cables, aisladores, equipos, entre otros. Para el caso de este proyecto los nudos primarios de las columnas estarán al inicio, final y en los puntos en donde estará los cierres (ver Figura N° 47); en el caso de vigas los puntos primarios estarán en los nudos de los cierres ya que las cargas estarán concentradas en esos elementos (ver Figura N° 46).

Puntos secundarios: Son nudos que se generan por interpolación o extrapolación entre las posiciones de dos nudos primarios o secundarios. La posición geométrica de un nudo secundario es descrita por su ubicación a lo largo de una línea que une nudos. La posición del nudo lo largo de esa línea recta es definida, sea por fracción o por su cota. En el proyecto todos los nudos que no sean primarios son definidos como secundarios (ver Figura N° 46 y Figura N° 47) y estos tendrán una distancia similar al de sus pórticos existentes es decir los nudos de las diagonales de las columnas

tendrán un espaciamiento de 1.40 m a 1.45 m y las diagonales de sus vigas estarán espaciadas a 1.00 m en su mayoría.



VIGA TIPO 2

Figura Nº 46 Asignación de nudos primarios y secundarios en vigas tipo 1 y 2

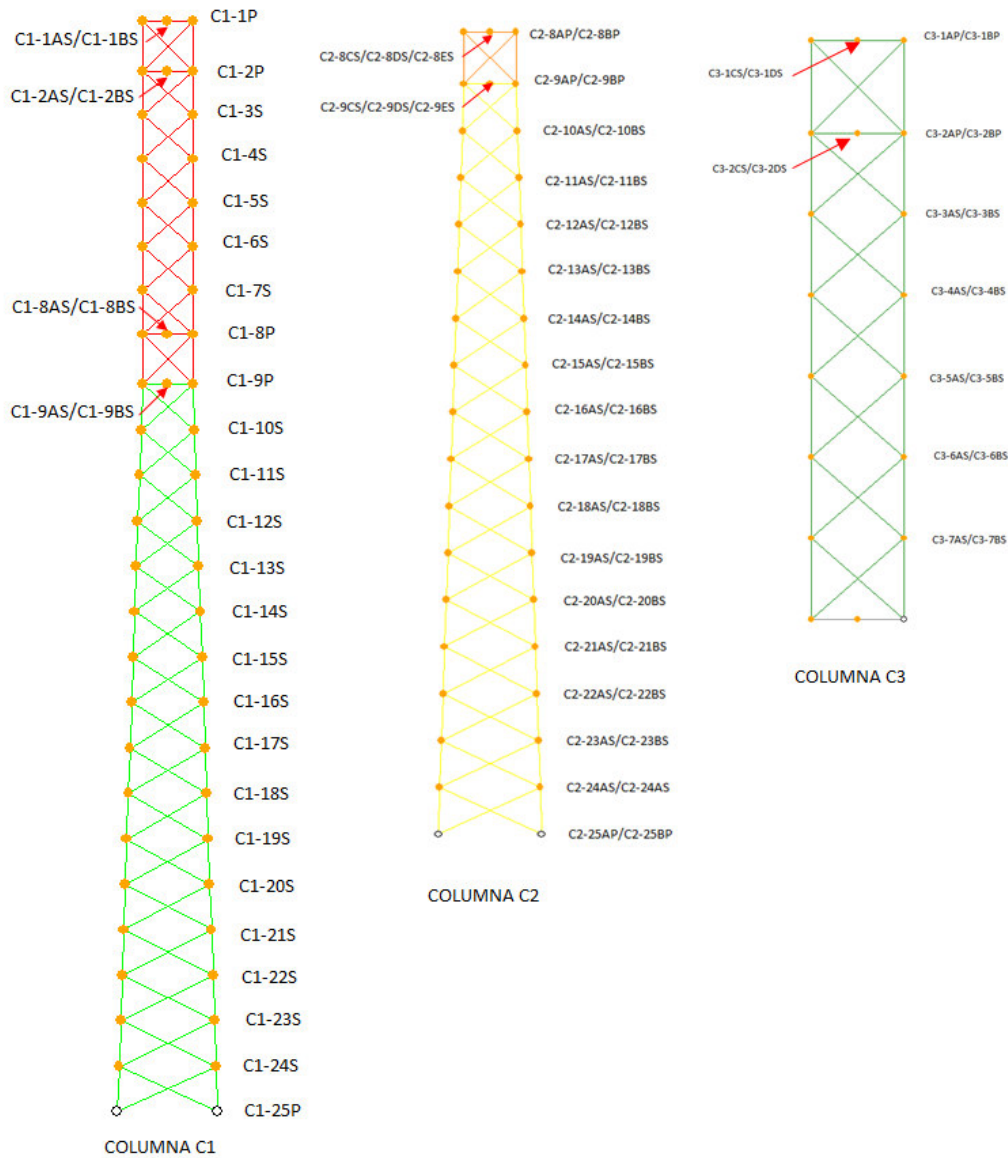


Figura N° 47 Asignación de nudos primarios y secundarios en columnas tipo 1, 2 y 3

5.4.4. Secciones

Los modelos de torre pueden ser divididos en secciones y es muy útil para asignar cargas u otros parámetros, en forma global, a todos los miembros en una sección. Esto también permite que se elija una sección como un módulo básico, el cual puede ser copiado fácilmente para construir el modelo de una estructura mayor, compuesta de subconjuntos modulares.

En este ejemplo las columnas se dividen en dos secciones el primero el tramo tronco piramidal al que se le denomina BODY y el tramo recto que recibe el nombre de CAGE (Ver Figura N° 48). Para el caso de vigas solo se le asigna un tipo de sección denominado BODY (Ver Figura N° 49).

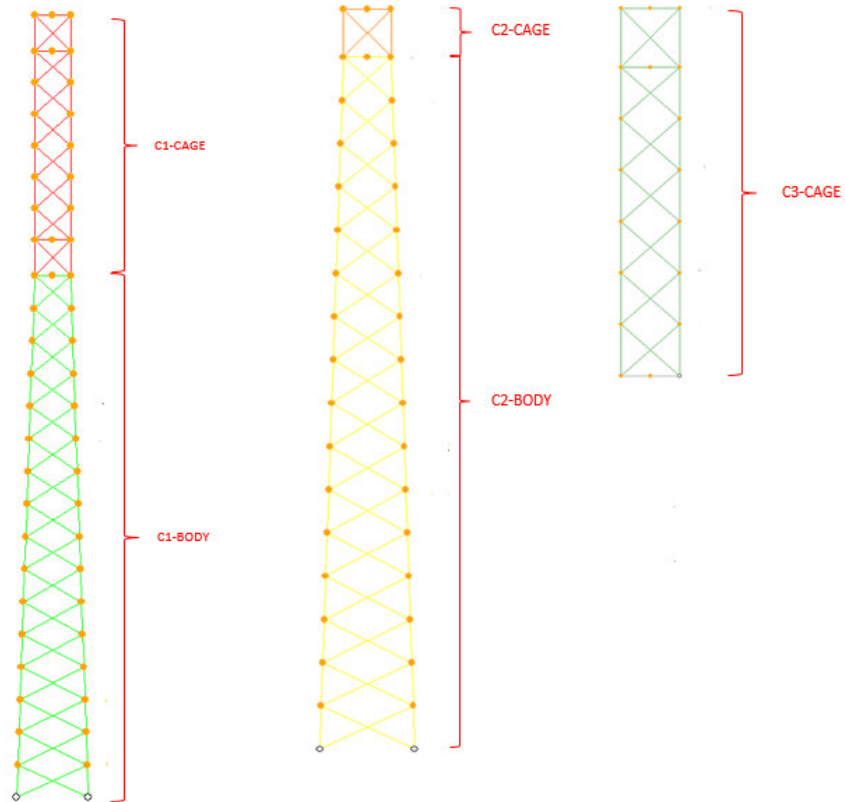


Figura N° 48 Seccionamiento en columnas tipo 1, 2 y 3

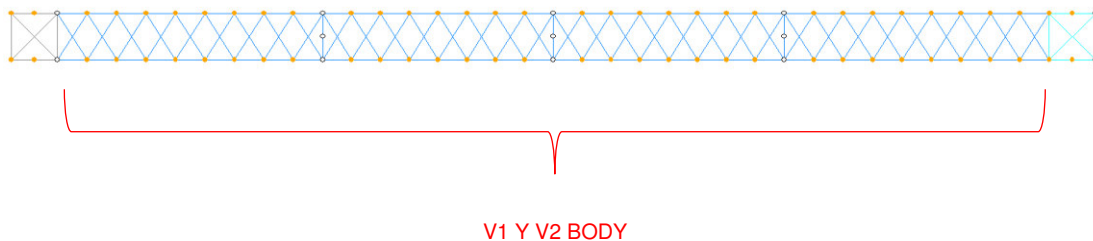


Figura N° 49 Seccionamiento en vigas tipo 1 y 2

Para considerar elementos no modelados, platinería, tornillería y galvanizado se le asigna unos factores de peso propio a todas las secciones, para el caso de este proyecto se le asigna un valor muy conservador de 1.35 para columnas y 1.25 para vigas. Para ajustar el cálculo de cargas de vientos por platinería y tornillería se ajusta los factores de área transversal y longitudinal en las caras con un valor de 1.20. Como no se utilizará ningún código predeterminado por el programa el factor de Área (CD From Code) será 0.








	Section Label	Section Color	Joint Defining Section Bottom	Dead Load Adjust. Factor	Transverse Drag x Area Factor For Face	Longitudinal Drag x Area Factor For Face	Transverse Area Factor (CD From Code)	Longitudinal Area Factor (CD From Code)
1	C1-BODY			1.350	1.200	1.200	0.000	0.000
2	C1-CAGE			1.350	1.200	1.200	0.000	0.000
3	C2-BODY			1.350	1.200	1.200	0.000	0.000
4	C2-CAGE			1.350	1.200	1.200	0.000	0.000
5	C3-CAGE			1.350	1.200	1.200	0.000	0.000
6	V1-BODY			1.250	1.200	1.200	0.000	0.000
7	V2-BODY			1.250	1.200	1.200	0.000	0.000

Figura N° 50 Propiedades de las secciones

5.4.5. Grupos

Los grupos lo conforman un conjunto de perfiles ya sean angulares o circulares y son a los que se les va asignar las mismas propiedades tanto geométricas como de calidad del material. Para definir un grupo es necesario definir las siguientes propiedades:

5.4.5.1. Etiqueta de grupo

Es el nombre con el cual serán agrupados los perfiles, empezando por el tipo de columna C# o viga V#; luego la abreviatura M (Montante), D (Diagonal), C (Cierre) o CD (Diagonal de cierre) y por último un número entero que indique su posición contada de abajo hacia arriba. Los nombres de los grupos son creados en base a las tablas 7, 8, 9, 10, 11 el cual sigue los mismos criterios mencionados anteriormente.

5.4.5.2. Descripción de grupo

Se indica una breve descripción del grupo, para este solo se colocará Montantes, Diagonales, Cierres y Diagonal de cierre según corresponda.

5.4.5.3. Tipo de ángulo

Hace referencia al tipo de perfil. Pueden ser perfiles simples, dobles, en milímetros, en unidades inglesas, etc. Como los perfiles usados estarán en unidades pulgadas se escogerá el de tipo SAE.

5.4.5.4. Tamaño de ángulo

Tamaño del ángulo para miembros en el grupo, se tomará los tamaños de las tablas 7, 8, 9, 10 y 11.

5.4.5.5. Tipo de material

Nombre del material para miembros en el grupo, será de material A572-50.

5.4.5.6. Tipo de elemento

Código describiendo cuál tipo de elemento debe ser utilizado para modelar los miembros en el grupo. Existen tres opciones:

- Beam (Viga): Son elementos que pueden soportar esfuerzos de tracción y compresión y que tienen un punto intermedio a lo largo del elemento continuo. Los montantes y elementos que soporten la conexión de un perfil serán tipo Beam.
- Truss (Cercha): Puede soportar esfuerzos de tracción y compresión y sus nudos son articulados. Las diagonales simples, diagonales cruzadas, cierres y redundantes serán de este tipo de elemento.
- T only y T only beam: Elementos que están diseñados solo para tensión no se recomienda su uso.

5.4.5.7. Tipo de Grupo

Código que indica el tipo general de los miembros en el grupo:

- Leg (Pata): Aplica para todos los montantes.
- Crossing diagonal (Diagonal Cruzada): Son las diagonales que están cruzadas con una conexión intermedia.
- Redundant (Redundante): Son elementos usados para rigidizar y mejorar la capacidad a la compresión de los elementos principales. No se tiene el caso en este proyecto
- Other (Otro): Para todos los elementos que no son Leg, Redundant y Crossing diagonal. Aplica para todas las diagonales (excepto crossing diagonal) y cierres.
- Fictitious (Ficticios): Utilizados para estabilizar modelos. No se recomienda su uso ni aplica para este proyecto.

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
1	C1-M1	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
2	C1-M2	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
3	C1-M3	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
4	C1-M4	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
5	C1-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
6	C1-C2	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
7	C1-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
8	C1-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
9	C1-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
10	C1-D4	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
11	C1-D5	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
12	C1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 51 Asignación de grupos para columna C1

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
1	C2-M1	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
2	C2-M2	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
3	C2-M3	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
4	C2-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
5	C2-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
6	C2-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
7	C2-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
8	C2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 52 Asignación de grupos para columna C2

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
1	C3-M1	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
2	C3-M2	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
3	C3-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
4	C3-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
5	C3-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
6	C3-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 53 Asignación de grupos para columna C3

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
36	V1-M1	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
37	V1-M2	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
38	V1-C1	CIERRE	DAE	2X2X0.1875	A572-50	Beam	Other
39	V1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
40	V1-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
41	V1-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
42	V2-M1	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
43	V2-M2	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
44	V2-C1	CIERRE	DAE	2X2X0.1875	A572-50	Beam	Other
45	V2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
46	V2-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
47	V2-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 54 Asignación de grupos para columna V1 y V2

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
28	CE1-M1	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
29	CE1-M2	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
30	CE1-M3	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
31	CE1-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
32	CE1-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	A572-50	Truss	Other
33	CE1-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	A572-50	Truss	Other
34	CE1-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
35	CE1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 55 Asignación de grupos para columna existente CE1

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
36	CE2-M1	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
37	CE2-M2	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
38	CE2-M3	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
39	CE2-M4	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
40	CE2-CE2	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
41	CE2-C2	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
42	CE2-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	A572-50	Truss	Other
43	CE2-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	A572-50	Truss	Other
44	CE2-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
45	CE2-D4	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	A572-50	Truss	Other
46	CE2-D5	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
47	CE2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
48	CE2-CD2	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 56 Asignación de grupos para columna existente CE2

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
49	CE3-M1	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
50	CE3-M2	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
51	CE3-M3	MONTANTE	SAE	4X4X0.375	A572-50	Beam	Leg
52	CE3-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Other
53	CE3-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	A572-50	Truss	Other
54	CE3-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	A572-50	Truss	Other
55	CE3-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Crossing Diagonal
56	CE3-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 57 Asignación de grupos para columna existente CE3

	Group Label	Group Description	Angle Type	Angle Size	Material Type	Element Type	Group Type
69	VE1-M1	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
70	VE1-M2	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
71	VE1-C1	CIERRE	DAE	2X2X0.1875	A572-50	Beam	Other
72	VE1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
73	VE1-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
74	VE1-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
75	VE2-M1	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
76	VE2-M2	MONTANTE	SAE	3X3X0.25	A572-50	Beam	Leg
77	VE2-C1	CIERRE	DAE	2X2X0.1875	A572-50	Beam	Other
78	VE2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
79	VE2-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other
80	VE2-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	A572-50	Truss	Other

Figura N° 58 Asignación de grupos para vigas existentes VE1 y VE2

5.4.6. Miembros

Luego de definir los nudos, secciones y grupos, se procede a modelar los pórticos. Se traza los miembros conectando los nudos creados en el ítem 5.4.3.1 y editando la información que solicita el programa (ver Figura N° 59). Muy similar a la forma de generar nudos, PLS TOWER también usa la simetría de los ejes coordenados para generar varios miembros a partir de uno solo (ver Figura N° 60).

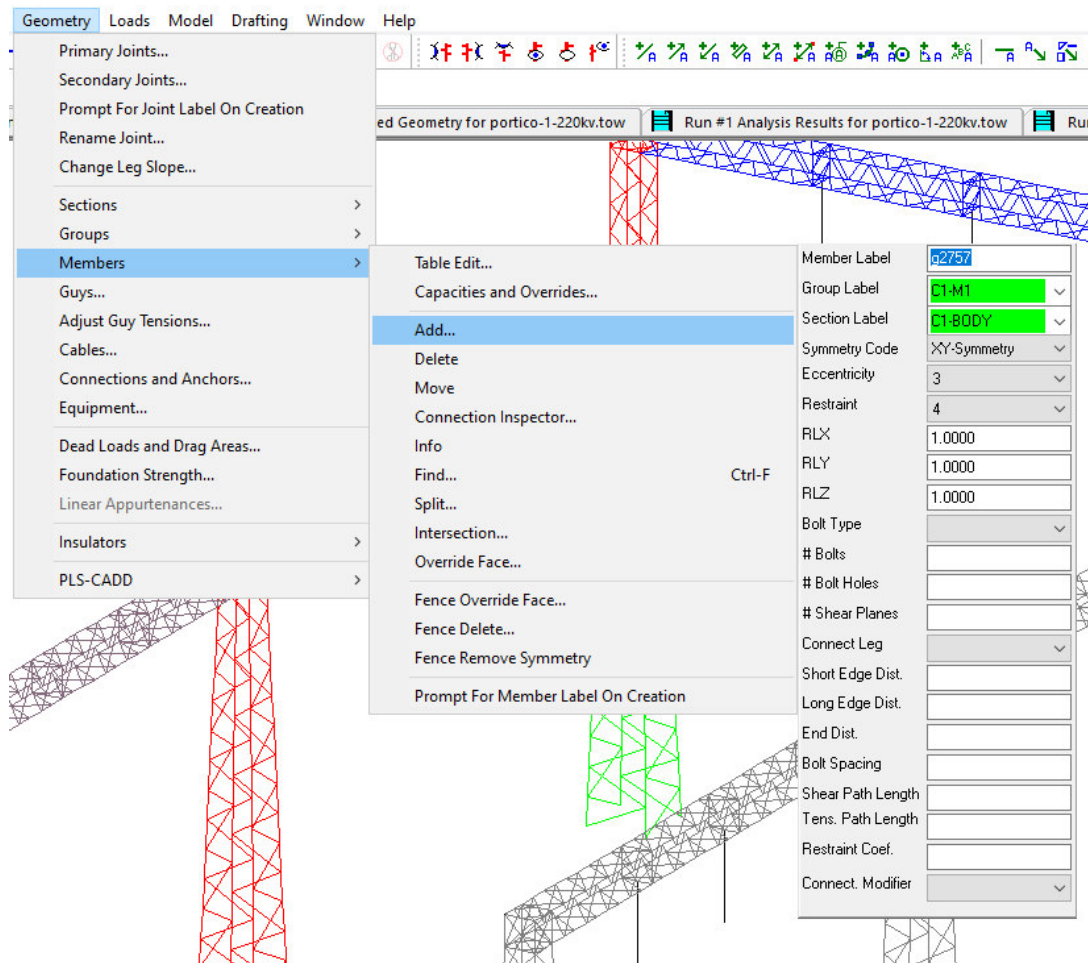


Figura N° 59 Ventana de despliegue para agregar miembros

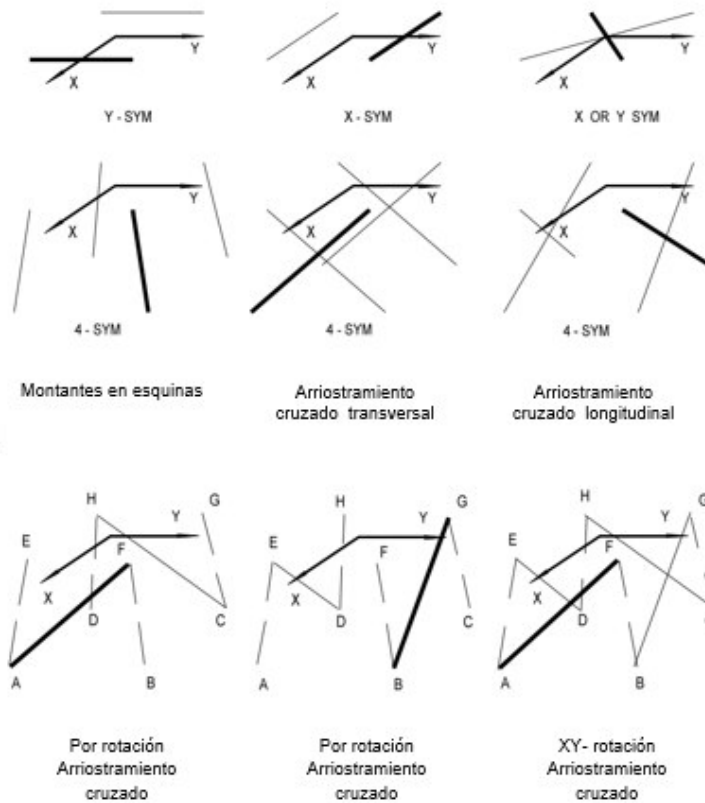


Figura N° 60 Generación de miembros por simetría

Cuando se inserta un miembro es necesario ingresarle la siguiente información:

5.4.6.1. Etiqueta de miembro

Descripción usada para para identificar uno a varios miembros. El programa lo configura por defecto pudiendo también editarlo.

5.4.6.2. Etiqueta de grupo

Los grupos creado en el ítem 5.4.5.7 podrán ser escogidos en esta pestaña.

5.4.6.3. Etiqueta de sección

Se seleccionará las secciones definidas en el ítem 5.4.4.

5.4.6.4. Código de simetría

Dependiendo de la simetría que se requiera (ver Figura N° 60) se selecciona de la lista de códigos disponibles de manera que facilite el modelamiento.

5.4.6.5. Nudo de origen

Es el nudo inicial del miembro y se encuentra en la lista de nudos disponibles.

5.4.6.6. Nudo final

Es el nudo final del miembro y se encuentra en la lista de nudos disponibles.

5.4.6.7. Código de excentricidad

Es el código usado para considerar los efectos de la excentricidad en las conexiones de extremos para miembros cortos.

La normativa ASCE-10 usa valores de 1, 2 y 3 para el cálculo de capacidad (ver ítem 4.2.1).

5.4.6.8. Código de restricción

Es el código usado para considerar los efectos de las restricciones en las conexiones de extremos para miembros largos.

La normativa ASCE-10 usa valores de 4, 5 y 6 para el cálculo de capacidad (ver ítem 4.2.1).

5.4.6.9. Coeficientes de longitud no arriostrado

Son los coeficientes mencionados en el ítem 4.2 las cuales dependen de la presencia de miembros redundantes conectados a las caras del ángulo, entre sus nudos extremos.

Para la determinación de las fracciones RLX, RLY, RLZ se utilizan las recomendaciones del ASCE-10. El programa permite colocar un valor para cada eje del miembro permitiendo que calcule las capacidades al pandeo en cada eje. A continuación, un resumen de los coeficientes utilizados en el modelo.

Tabla N° 12 Resumen de coeficientes RLX, RLY, y RLZ

COEFICIENTES DE LONGITUD ARRIOSTRADAS			
GRUPOS	RLX	RLY	RLZ
Montantes (M)	1.2	2.4	1.2
Diagonales simples (D)	1	1	1
Diagonales cruzadas (D)	0.5	0.75	0.5
Cierres (C)	1	2	1
Diagonal de cierre (CD)	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

5.4.6.10. Tipo de perno

Es el tipo de perno utilizado en todas las conexiones, para este proyecto los pernos tendrán un diámetro de 5/8" como mínimo en todos los elementos y de material A394 TYPE 0 (N).

5.4.6.11. Número de pernos

Es el número de pernos totales a usar para la conexión de sus extremos y utilizado para el cálculo de la resistencia de la conexión. Para este proyecto como una primera estimación se le asignaran a cada perfil un numero de pernos similares a los pórticos existente. En los miembros que no contienen una conexión con pernos en sus extremos se le asignara el valor de 0.

5.4.6.12. Número de perforaciones

El número de perforaciones es utilizado para calcular la resistencia a la falla por área neta del elemento. Cuando la perforación es en ambos lados de las alas, el valor es el total de perforaciones de ambas caras. En el proyecto los montantes tendrán un agujero en cada ala es decir en total 2 por elemento, el resto de elementos como diagonales y cierres tienen perforaciones solo en un lado del ala.

5.4.6.13. Número de planos de corte

Número de planos de corte a considerar por cada perno. Se usa el valor de 1 para cortante simple (diagonales, cierres) y 2 para cortante doble (montantes) ver Figura N° 61.

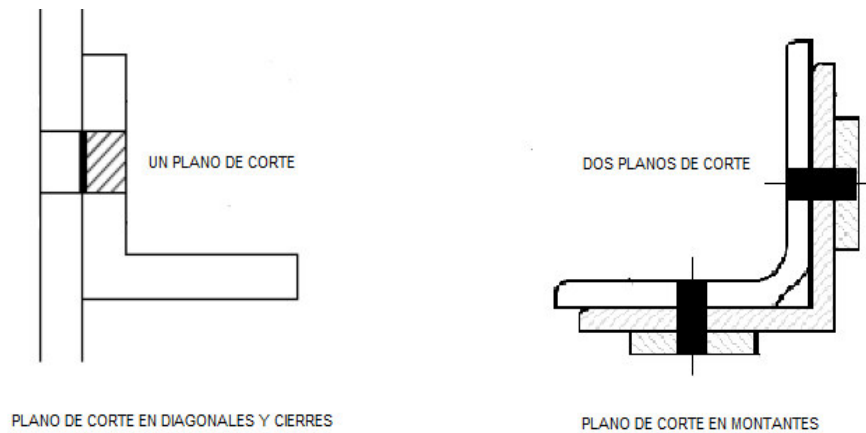


Figura N° 61 Planos de cortes simples y dobles

5.4.6.14. Lado conectado

Código para definir la conexión del perno en uno u otro lado del perfil o en ambos lados. Para montantes tendrá conexión doble por lo tanto le corresponde Both, y para el resto de perfiles con conexiones simples le corresponde Long only.

5.4.6.15. Distancia corta al borde (f)

Es la distancia al borde desde la línea central de los agujeros del perno más cercanos al borde. Para condiciones iniciales del modelo se considerará el valor mínimo de 2.4 cm para pernos de 5/8".

5.4.6.16. Distancia larga+ al borde (g)

Distancia al borde desde la línea central de los agujeros del perno más alejados del borde, para considerar una sola fila de pernos y que el programa calcule el bloque de cortante este valor debe ser "cero".

5.4.6.17. Distancia al extremo (e)

Distancia al extremo, del centro del agujero del perno al extremo del ángulo. Para condiciones iniciales del modelo se considerará el valor mínimo de 2.4 cm para pernos de 5/8".

5.4.6.18. *Distancia entre pernos (s)*

Es la separación entre pernos, se considerará el valor mínimo de 4.8 cm para pernos de 5/8".

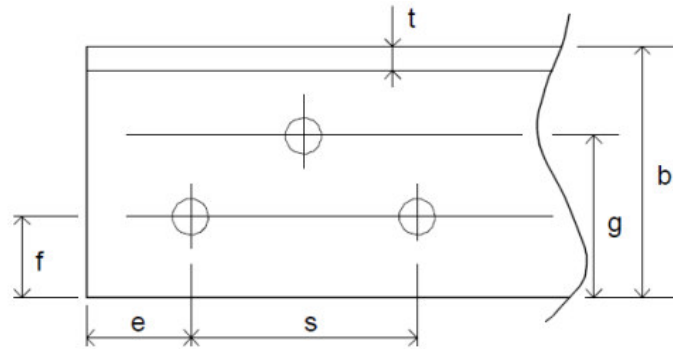


Figura N° 62 Distancias del agujero del perno

5.4.7. *Copia de secciones*

Las secciones creadas en el ítem 5.4.4 son copiadas para generar las secciones faltantes V2A, V2B, VE, CE. El nombre de las secciones, así como los grupos creados serán editados con sus perfiles y etiquetas correspondientes.

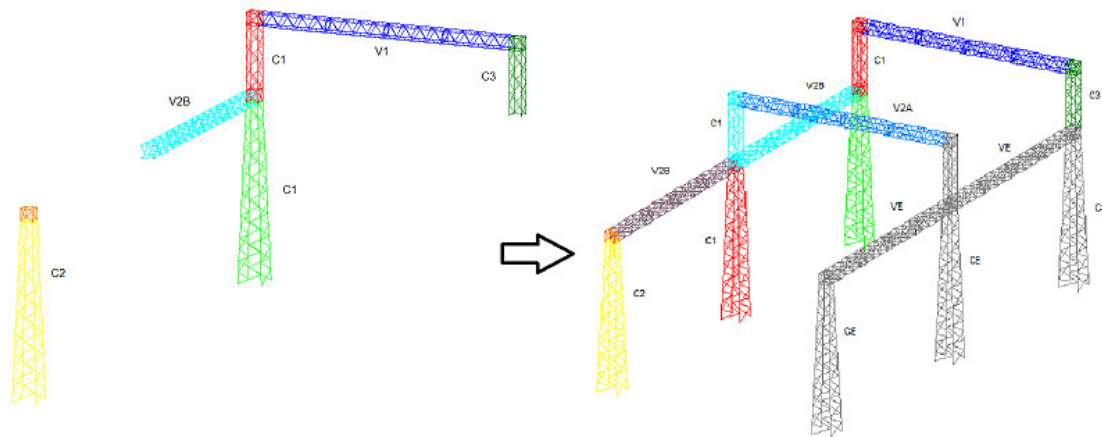
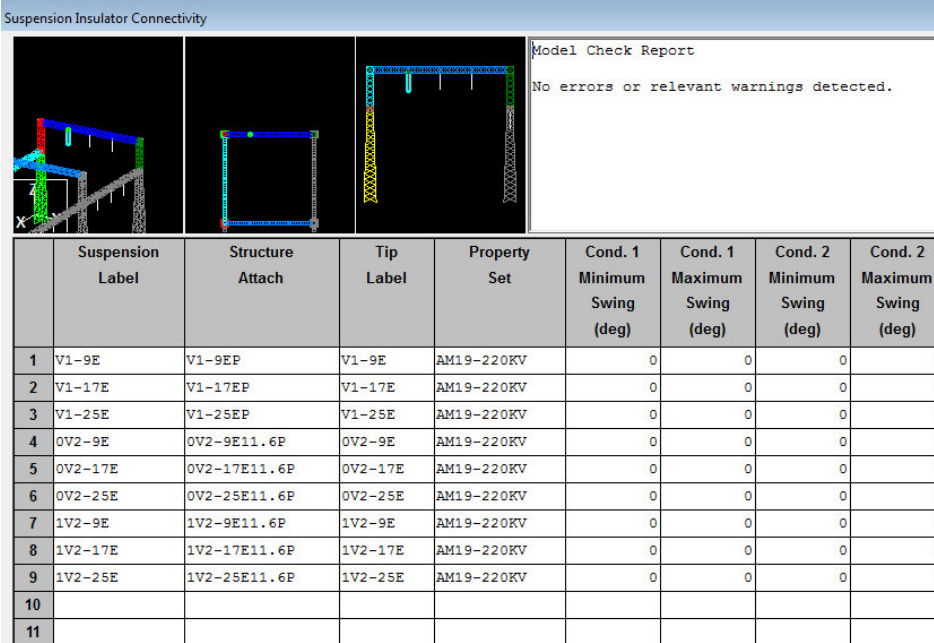


Figura N° 63 Modelo final en PLS TOWER

5.4.8. Aisladores

Aquí se asignan los aisladores definidos en el ítem 5.4.2.3, por tratarse de un equipo de suspensión vertical el tipo de aislador será de suspensión, en la pestaña Geometry/Insulators/Suspension se asignan a los nueve nodos la etiqueta y propiedades de los aisladores.



	Suspension Label	Structure Attach	Tip Label	Property Set	Cond. 1 Minimum Swing (deg)	Cond. 1 Maximum Swing (deg)	Cond. 2 Minimum Swing (deg)	Cond. 2 Maximum Swing (deg)
1	V1-9E	V1-9EP	V1-9E	AM19-220KV	0	0	0	0
2	V1-17E	V1-17EP	V1-17E	AM19-220KV	0	0	0	0
3	V1-25E	V1-25EP	V1-25E	AM19-220KV	0	0	0	0
4	0V2-9E	0V2-9E11.6P	0V2-9E	AM19-220KV	0	0	0	0
5	0V2-17E	0V2-17E11.6P	0V2-17E	AM19-220KV	0	0	0	0
6	0V2-25E	0V2-25E11.6P	0V2-25E	AM19-220KV	0	0	0	0
7	1V2-9E	1V2-9E11.6P	1V2-9E	AM19-220KV	0	0	0	0
8	1V2-17E	1V2-17E11.6P	1V2-17E	AM19-220KV	0	0	0	0
9	1V2-25E	1V2-25E11.6P	1V2-25E	AM19-220KV	0	0	0	0
10								
11								

Figura N° 64 Tabla de asignación de aisladores de suspensión

5.4.9. Cargas

Para asignar las cargas de sismo, tensiones mecánicas y cortocircuito primero es necesario definir los nudos que van a soportar cargas, para eso se le asignan clamps en geometry/insulators/clamp. Sin embargo, el programa permite asignar solo un máximo de 512 clamps, por lo que es necesario condensar esos nudos es decir algunos nudos tomarán los pesos asociados a él y los otros más cercanos con la finalidad de reducir el número de nudos de esa forma la cantidad será menor a 512. Con los nudos condensados se obtiene un valor de 456 el cual es menor al máximo permitido.

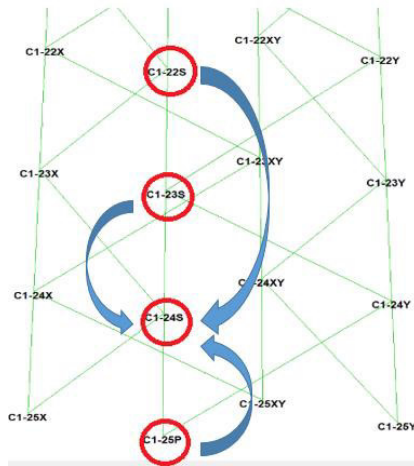


Figura N° 65 Esquema de condensación nudos

Clamp Insulator Connectivity

Model Check Report
No errors or relevant warnings detected.

	Clamp Label	Structure And Tip Attach	Property Set	Min. Required Vertical Load (uplift) (N)
1	C1-1P	C1-1P	CLAMP	No Limit
2	C1-2P	C1-2P	CLAMP	No Limit
3	C1-5S	C1-5S	CLAMP	No Limit
4	C1-8P	C1-8P	CLAMP	No Limit
5	C1-9P	C1-9P	CLAMP	No Limit
6	C1-14S	C1-14S	CLAMP	No Limit
7	C1-19S	C1-19S	CLAMP	No Limit
8	C1-24S	C1-24S	CLAMP	No Limit
9	C1-1Y	C1-1Y	CLAMP	No Limit
10	C1-2Y	C1-2Y	CLAMP	No Limit
11	C1-5Y	C1-5Y	CLAMP	No Limit
12	C1-8Y	C1-8Y	CLAMP	No Limit
13	C1-9Y	C1-9Y	CLAMP	No Limit
14	C1-14Y	C1-14Y	CLAMP	No Limit
15	C1-19Y	C1-19Y	CLAMP	No Limit
16	C1-24Y	C1-24Y	CLAMP	No Limit
17	C1-1XY	C1-1XY	CLAMP	No Limit
18	C1-2XY	C1-2XY	CLAMP	No Limit
19	C1-5XY	C1-5XY	CLAMP	No Limit
20	C1-8XY	C1-8XY	CLAMP	No Limit

Figura N° 66 Tabla de asignación de clamps en nudos condensados

Las cargas del PLS TOWER se definen por medio de un vector de cargas que se puede desplegar en la barra de herramientas "Loads"/ "Vector Loads (LCA File)" y el cual contiene las cargas a las cuales está sometida la estructura.

Las cargas asignadas en el vector son calculadas de la siguiente forma:

5.4.9.1. Carga Muerta

Las cargas muertas son calculadas de manera automática, el programa conoce el peso de todos los miembros usados en su modelo en cada sección de los pórticos. Sin embargo, debido a que el modelo generalmente no incluye el peso de la tornillería, galvanizado, elementos redundantes, etc, el peso de todos los elementos en el modelo es probablemente menor que el peso verdadero del pórtico. Por lo tanto, para estimar el peso verdadero del pórtico, se multiplican el peso de todos los elementos por un Factor de Ajuste de Carga Muertas. Estos factores son valores basados en la experiencia, en este caso se le asigna un factor de 1.35 para columnas y 1.25 para las vigas en los pórticos de 220 kV.

En el vector de cargas se colocó el factor de carga muerta para cargas en servicio y últimas para que el programa agregue el peso muerto a cada nudo con carga para cada combinación (ver Figura N° 68).

<input checked="" type="checkbox"/> Wind loads on insulators and insulator weights included in Point Loads Edit Loading Method Parameters Note that SF stands for Strength Factor, NOT Safety Factor					<input type="checkbox"/> Wind loads on insulators and insulator weights included in Point Loads Edit Loading Method Parameters Note that SF stands for Strength Factor, NOT Safety Factor						
	Load Case Description	Dead Load Factor	Wind Area Factor	SF for Pole Tower	SF for Wood Poles		Load Case Description	Dead Load Factor	Wind Area Factor	SF for Pole Tower	SF for Wood Poles
1	(1) DL + ST + ML	1	1	1	0	1	(A) 1,2 DL + 1,3 ST + 1,2 ML	1.2	1.3	1	0
2	(2) DL + ST + SC	1	1	1	0	2	(B) 1,1 DL + 1,1 ST + 1,0 SC	1.1	1.3	1	0
3	(3A) DL + ST + 0,60 SC + Wx	1	1	1	0	3	(C1) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC +	1.1	1.3	1	0
4	(3B) DL + ST + 0,60 SC - Wx	1	1	1	0		T + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
5	(4A) DL + ST + 0,60 SC + Wy	1	1	1	0		T + 0,75 SC +	1.1	1.3	1	0
6	(4B) DL + ST + 0,60 SC - Wy	1	1	1	0		T + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
7	(5A) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex	1	1	1	0		T + 0,75 SC	1.1	1.3	1	0
8	(5B) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0		T + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
9	(5C) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex	1	1	1	0		T + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
10	(5D) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0		T + 0,75 SC +	1.1	1.3	1	0
11	(5E) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex	1	1	1	0	10	(E4) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
12	(5F) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0	11	(E5) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC +	1.1	1.3	1	0
13	(5G) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex	1	1	1	0	12	(E6) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
14	(5H) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0	13	(E7) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC +	1.1	1.3	1	0
15	(6A) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex	1	1	1	0	14	(E8) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
16	(6B) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex	1	1	1	0	15	(F1) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC +	1.1	1.3	1	0
17	(6C) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex	1	1	1	0	16	(F2) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0
18	(6D) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex	1	1	1	0	17	(F3) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC +	1.1	1.3	1	0
19	(6E) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex	1	1	1	0	18	(F4) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC -	1.1	1.3	1	0

Factor de cargas muertas para cargas en servicio y última.

Figura N° 67 Factores de carga muerta en servicio y última

5.4.9.2. Cargas de conexión

Corresponden a las cargas sobre las estructuras por efecto de tensión estática y electrodinámica en conductores, las cuales son estimadas con base en la disposición física, las alturas de conexión, niveles de corriente de cortocircuito, variaciones de temperatura del conductor, condiciones ambientales y meteorológicas del emplazamiento, entre otros.

A continuación, se presenta la localización de las templas y barras de cada pórtico y sus valores de tensiones mecánicas.

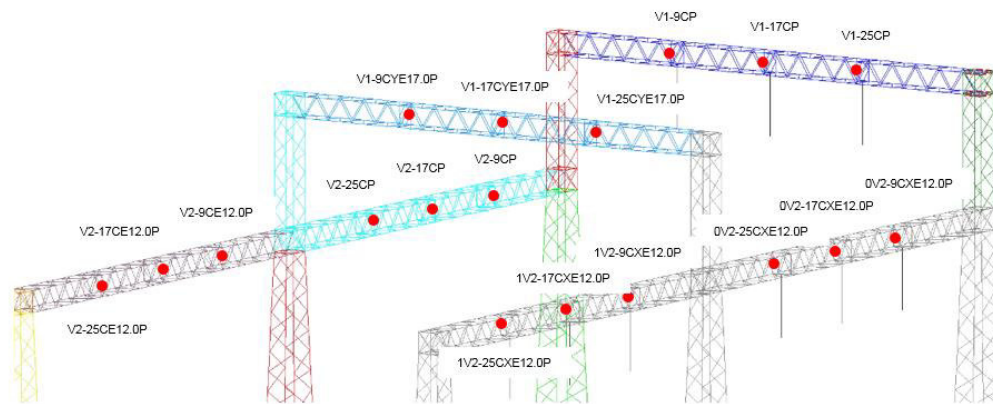


Figura N° 68 Etiquetas de nudos para cargas de conexionado

Tabla N° 13 Cargas debido las tensiones mecánicas, viento, cortocircuito y sismo en conductores de pórticos

Caso	Cargas de diseño [kN]									
	Estáticas			Viento		Cortocircuito		Sismo		
	DL	STx	STy	Wx	Wy	SCx	SCy	CEx	CEy	CEz
T1	1,422	6,558	0,00	0,331	0,372	5,657	0,318	0,933	0,933	0,746
B1	1,466	6,767	0,00	0,316	0,357	5,473	0,318	0,962	0,962	0,769

Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto los valores de cargas de tensión, viento y cortocircuito son tomados de la memoria de cálculo “Flechas, tensiones y árboles de carga” del proyecto. El valor de la fuerza sísmica se calcula multiplicando la carga DL del

conductor por el coeficiente sísmico horizontal y vertical 0,657 y 0,525 (ver ítem 3.8.4) respectivamente.

5.4.9.3. Carga de montaje y mantenimiento

Las cargas de mantenimiento considerada son de 1,50 kN según el ítem 3.8.5, esta carga es asignada en los nudos donde su aplicación puede generar una mayor deflexión y mayor carga concentrada, para este caso se le asigna los nudos donde se encuentran las templas y las barras (ver Figura N° 69).

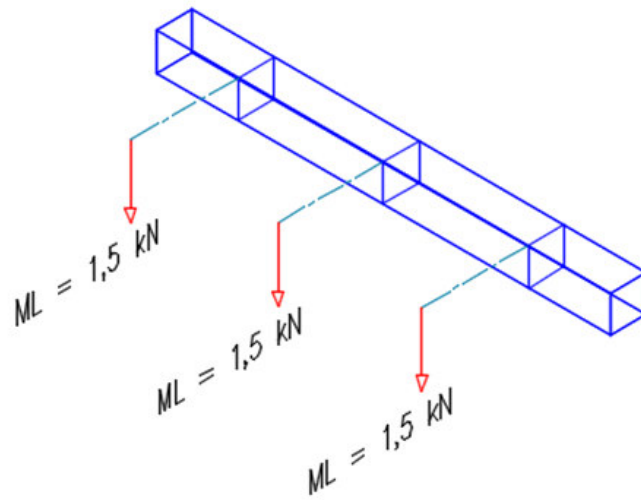


Figura N° 69 Disposición típica de cargas de montaje y mantenimiento en pórticos

5.4.9.4. Carga de sismo

La carga sísmica sobre las estructuras se calcula utilizando el espectro sísmico de diseño del proyecto la cual se indica en la Figura N° 70.

En la Tabla N° 14 se presenta los parámetros utilizados para la construcción del espectro de diseño, los cuales se toman según lo indicado en el ítem 3.8.4 y los estudios de suelos de la subestación existente.

Tabla N° 14 Parámetros sísmicos para el diseño de pórticos

Parámetros Sísmicos	Valor
Factor de Zona, Z	0,50 g
Factor de Suelo, S ₂	1,05
Período, TP	0,60
Período, TL	2,00
Factor de Importancia, U	1,50
Factor de Amplificación, C	2,50
Factor de Ductilidad, R	3
Coefficiente de amortiguamiento crítico, β	5%
Aceleración Espectral Horizontal, Sa	0,66 g
Aceleración Espectral Vertical, Sv	0,53 g

Fuente: Elaboración propia

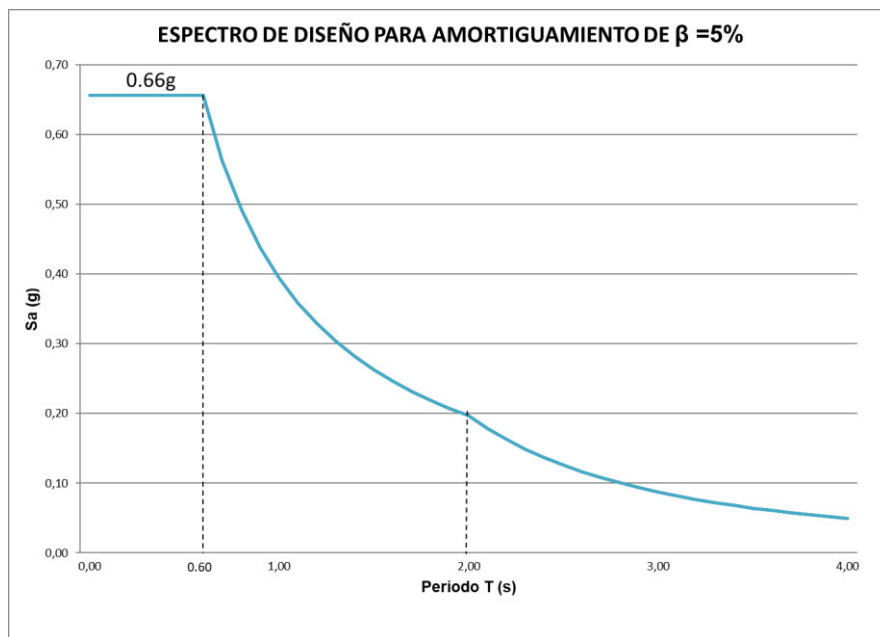


Figura N° 70 Espectro sísmico de diseño en pórticos

El coeficiente sísmico horizontal a utilizar de la Figura N° 70 en los diseños es 0,657g. El coeficiente sísmico vertical se considera de acuerdo a las especificaciones del proyecto como el 80% del coeficiente sísmico horizontal según ASCE 113, el cual da un valor de 0,525g. La carga que se presenta por sismo sobre los elementos del patio de llaves se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_{sismo} = Sa \times W_{estructura}$$

F_{sismo} = Fuerza de sismo es aplicado a los nudos condensados del pórtico (ver Anexo D).

Sa = Valor de espectro de aceleraciones de diseño (vertical u horizontal) para un periodo de vibración dado; este valor se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

$W_{estructura}$ = Peso del elemento sometido a los esfuerzos por sismo.

Para el caso de este proyecto el $W_{estructura}$ está asociado al peso de cada nudo del pórtico, el PLS TOWER proporciona el peso que soporta cada nudo como una fracción del peso total, estos pesos son multiplicados por el coeficiente sísmico horizontal y vertical del espectro de diseño para obtener la fuerza sísmica F_{sismo} y luego por medio de un programa se realiza las combinaciones en servicio y ultimas con otras cargas, luego son exportados como archivo LCA que el PLS TOWER importa para asignarles a cada nudo condensado como un vector de cargas (ver Figura N° 71).

Wind loads on insulators and insulator weights included in Point Loads

Edit Loading Method Parameters Note that SF stands for Strength Factor, NDT Safety Factor

	Load Case Description	Dead Load Factor	Wind Area Factor	SF for steel Pole and Tower	SF for Wood Poles	SF for Conc. Ult.	SF for Conc. First Crack	SF for Conc. Zero Tens.	SF for Guys and Cables	SF for Non Tubular Arms	SF for Braces	SF for Insuls.	SF for hardware	SF for Found.	Point Loads
6	(4B) DL + ST + 0,60 SC - W _y	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (18 points)
7	(5A) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex + 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
8	(5B) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex + 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
9	(5C) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex - 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
10	(5D) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex - 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
11	(5E) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex + 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
12	(5F) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex + 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
13	(5G) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex - 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
14	(5H) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex - 0,21	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
15	(6A) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex + 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
16	(6B) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex + 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
17	(6C) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex - 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
18	(6D) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex - 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
19	(6E) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex + 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
20	(6F) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex + 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
21	(6G) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex - 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
22	(6H) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex - 0,70	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1 Edit (492 points)
23															

Vector de cargas asociado a cada nudo condensado para cada combinación que involucre sismo.

Figura N° 71 Vector de casos de cargas para combinaciones por sismo

5.4.9.5. Carga de viento

De acuerdo con la sección 25 del Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011, la constante de presión y la velocidad del viento se definen en función de la altitud en la que se encuentra la ampliación de la SE Piura Oeste 220 kV / 60 kV / 10 kV el cual es menor a 3000 msnm. Por otra parte, el factor de forma es el correspondiente para estructuras metálicas en celosía. En la Tabla N° 15 se muestra los valores de los parámetros utilizados para el cálculo de la presión del viento.

Tabla N° 15 Parámetros para el cálculo de la presión del viento

Parámetro	Unidad	Valor
Altura sobre el nivel del mar	m	33
Constante de presión, K	-	0,613
Velocidad del viento, V	m/s	26
Factor de forma, Sf	-	3,2
Presión del viento, P	N/m ²	1326

Fuente: Elaboración propia

Las cargas de vientos sobre las estructuras en PLS TOWER pueden ser calculadas de forma manual o automática, dependiendo del código de diseño que se va a usar. Para este proyecto se usará el método manual utilizando la presión de viento de la Tabla N° 15 y el siguiente procedimiento:

- Se considera que la carga de viento actúa en una cara de la estructura y estos son definidos en PLS TOWER (Geometry\Member\Override Face...). El programa asignará las áreas transversal y longitudinal que recibirá la presión de viento definido en el vector de cargas.
- Para combinar las cargas de vientos en los conductores se usa una hoja de Excel que exportará las cargas combinadas a los nudos (Ver Figura N° 72).
- En el vector de carga se seleccionó “Wind on Face” e ingresar como presión básica de viento el valor de 1326 N/m².

- Se ingresó los coeficientes de forma, para tener en cuenta el porcentaje de elementos redundantes no modelados. (Geometry\Section\ Table Edit ...Trans/Long Drag x Area Factor for Face).

Wind loads on insulators and insulator weights included in Point Loads

Edit Loading Method Parameters Note that SF stands for Strength Factor, NOT Safety Factor

	Load Case Description	Dead Load Factor	Wind Area Factor	SF for Steel Tower	SF for Wood Poles	SF for Conc. Ult.	SF for Conc. First Crack	SF for Conc. Zero Tens.	SF for Guys and Cables	SF for Non Tubular Arms	SF for Braces	SF for Insuls.	SF for Hardware	SF For Found.	Point Loads	Wind/Ice Model	Trans. Wind Pressure (Pa)	Longit. Wind Pressure (Pa)
1	(1) DL + ST + ML	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (18 point)	Wind on Face	0	0
2	(2) DL + ST + SC	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (18 point)	Wind on Face	0	0
	(3A) DL + ST + 0,60 SC + Wx								1	0	0	1	0	1	Edit (18 point)	Wind on Face	0	1326
	(3B) DL + ST + 0,60 SC - Wx								1	0	0	1	0	1	Edit (18 point)	Wind on Face	0	-1326
	(4A) DL + ST + 0,60 SC + Wy								1	0	0	1	0	1	Edit (18 point)	Wind on Face	1326	0
	(4B) DL + ST + 0,60 SC - Wy								1	0	0	1	0	1	Edit (18 point)	Wind on Face	-1326	0
7	(5A) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex								1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
8	(5B) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
9	(5C) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
10	(5D) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
11	(5E) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
12	(5F) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
13	(5G) DL + ST + 0,60 SC + 0,70 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
14	(5H) DL + ST + 0,60 SC - 0,70 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
15	(6A) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
16	(6B) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
17	(6C) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
18	(6D) DL + ST + 0,60 SC - 0,21 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0
19	(6E) DL + ST + 0,60 SC + 0,21 Ex	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	Edit (492 point)	Wind on Face	0	0

Figura Nº 72 Vector de casos de cargas para combinaciones por viento

5.5. DISEÑO Y VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL PÓRTICO-220 KV

5.5.1. Modelo estructural

En la siguiente figura se muestra el modelo estructural de los pórticos 1 – 220 kV, identificándose las columnas y vigas que lo conforman.

Las estructuras identificadas en color rojo corresponden al pórtico existente obtenido de la información del proyecto existente.

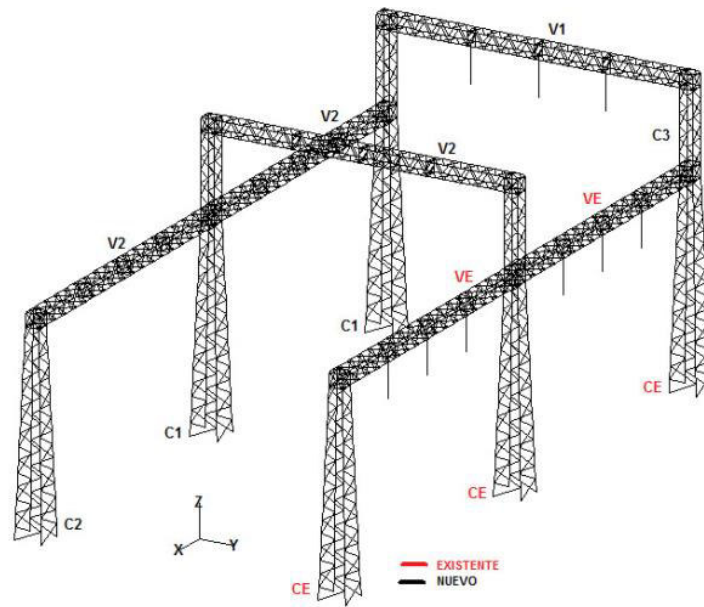


Figura N° 73 – Modelo estructural Pórtico 1 – 220 kV

5.5.2. Revisión de deformaciones máximas

En la siguiente figura se muestra la configuración deformada del pórtico 1 – 220 kV para todas las combinaciones de carga en servicio y se indica los puntos de máximo desplazamiento de las estructuras nuevas para la correspondiente verificación.

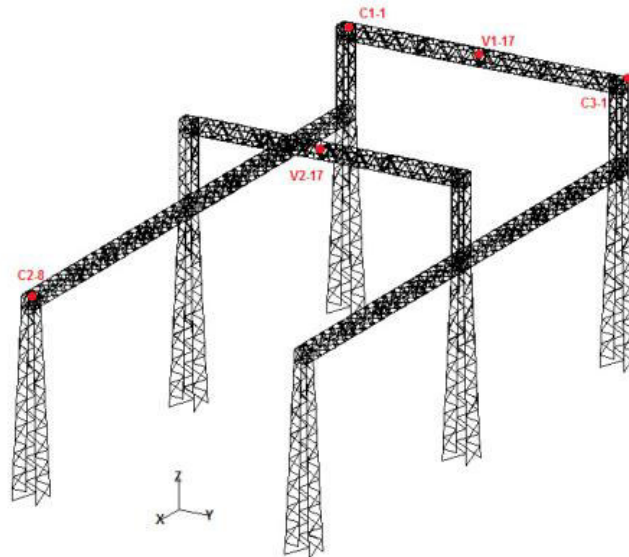


Figura N° 74 Desplazamientos máximos Pórtico 1 – 220 kV

Los desplazamientos son obtenidos del reporte de resultados de nudos en el PLS TOWER (ver Figura N° 75).

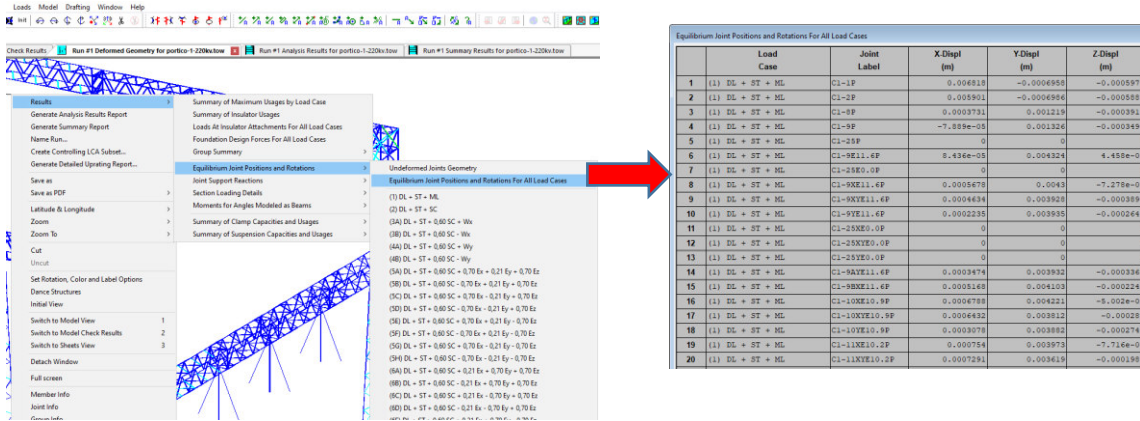


Figura N° 75 – Ventana de resultados de desplazamiento de nudos en PLS TOWER

Para las columnas debe controlarse que el desplazamiento lateral relativo de la estructura cumpla con $\Delta_{\text{máx.}} < H/100$ y que el desplazamiento relativo vertical y horizontal de las vigas cumpla con $\Delta_{\text{máx.}} < L/200$.

En las siguientes tablas se muestra un resumen de los desplazamientos o deformaciones máximas en los puntos indicados para cada estructura nueva obtenidos del reporte del PLS TOWER (ver Figura N° 75).

Tabla N° 16 Desplazamientos máximos de columna C1 - Pórtico 1 - 220 kV

Comb.	Nudo	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_{total} (mm)	H (m)	$\Delta_{\text{perm.}}$ (mm) H/100	Verif.
(1)	C1-1	6.82	0.70	6.85	17.4	174	Ok
(2)	C1-1	12.16	1.10	12.21	17.4	174	Ok
(3)	C1-1	21.75	1.15	21.78	17.4	174	Ok
(4)	C1-1	9.65	14.66	17.55	17.4	174	Ok
(5)	C1-1	28.61	4.70	28.99	17.4	174	Ok
(6)	C1-1	15.60	20.64	25.87	17.4	174	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 17 Desplazamientos máximos de columna C2 - Pórtico 1 - 220 kV

Comb.	Nudo	Δx (mm)	Δy (mm)	Δ_{total} (mm)	H (m)	$\Delta_{perm.}$ (mm) H/100	Verif.
(1)	C2-8	0.75	7.61	7.65	12.4	124	Ok
(2)	C2-8	1.11	10.74	10.80	12.4	124	Ok
(3)	C2-8	7.00	9.81	12.05	12.4	124	Ok
(4)	C2-8	1.34	15.28	15.34	12.4	124	Ok
(5)	C2-8	11.29	11.61	16.19	12.4	124	Ok
(6)	C2-8	4.59	16.70	17.31	12.4	124	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 18 Desplazamientos máximos de columna C3 - Pórtico 1 - 220 kV

Comb.	Nudo	Δx (mm)	Δy (mm)	Δ_{total} (mm)	H (m)	$\Delta_{perm.}$ (mm) H/100	Verif.
(1)	C3-1	7.05	0.69	7.09	17.4	174	Ok
(2)	C3-1	10.74	1.07	10.79	17.4	174	Ok
(3)	C3-1	19.79	1.14	19.82	17.4	174	Ok
(4)	C3-1	9.63	14.74	17.60	17.4	174	Ok
(5)	C3-1	27.54	7.04	28.43	17.4	174	Ok
(6)	C3-1	14.82	20.60	25.38	17.4	174	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19 Desplazamientos máximos de viga V1 - Pórtico 1 - 220 kV

C.	Nudo	Δx (mm)	Δy (mm)	$\Delta_{hor.}$ (mm)	$\Delta_{vert.}$ (mm)	L (m)	$\Delta_{hor. adm.}$ (mm) L/200	$\Delta_{vert. adm.}$ (mm) L/200	Verif.
(1)	V1-17	18.85	0.00	18.85	1.74	17.2	86	86	Ok
(2)	V1-17	30.82	0.07	30.82	3.15	17.2	86	86	Ok
(3)	V1-17	40.85	0.05	40.85	3.64	17.2	86	86	Ok
(4)	V1-17	27.41	13.52	30.56	3.38	17.2	86	86	Ok
(5)	V1-17	49.19	5.78	49.53	4.78	17.2	86	86	Ok
(6)	V1-17	33.32	19.17	38.44	4.45	17.2	86	86	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 20 Desplazamientos máximos de viga V2 - Pórtico 1 - 220 kV

C.	Nudo	Δx (mm)	Δy (mm)	$\Delta hor.$ (mm)	$\Delta vert.$ (mm)	L (m)	$\Delta hor.$ adm. (mm) L/200	$\Delta vert.$ adm. (mm) L/200	Verif.
(1)	V2-17	18.68	0.12	18.68	2.40	17.2	86	86	Ok
(2)	V2-17	30.49	0.22	30.49	2.06	17.2	86	86	Ok
(3)	V2-17	39.38	0.19	39.38	1.94	17.2	86	86	Ok
(4)	V2-17	26.82	15.54	31.00	1.60	17.2	86	86	Ok
(5)	V2-17	46.90	7.41	47.48	2.84	17.2	86	86	Ok
(6)	V2-17	32.26	24.26	40.36	2.56	17.2	86	86	Ok

Fuente: Elaboración propia

5.5.3. Verificación estructural – Pórtico 1 – 220 kV

A continuación, se muestra el reporte de resumen de los porcentajes de usos (Demandax100/Capacidad) para todos los grupos cuyos perfiles están sometidos a compresión y tensión, también se puede visualizar en el Anexo G el reporte del PLS TOWER con mayor detalle.

Tabla N° 21 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Columna C1

Grupo	Descripción	Ángulo	Comb.		Compresión			Tensión				% Uso Comp.	% Uso Ten.
			C	T	L/r (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Área neta (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Rotura (kN)		
C1-M1	MONTANTE	4X4X0.375	(F5)	(F1)	549.72	495.98	1016.49	510.99	495.98	1016.49	853.74	35.38	32.41
C1-M2	MONTANTE	4X4X0.375	(F5)	(F1)	549.72	595.17	609.89	510.99	595.17	609.89	512.25	19.68	18.45
C1-M3	MONTANTE	4X4X0.375	(E5)	(E1)	549.72	595.17	609.89	510.99	595.17	609.89	512.25	16.68	16.38
C1-M4	MONTANTE	4X4X0.375	(E2)	(E2)	555.77	-	-	510.99	-	-	-	21.19	20.18
C1-C1	CIERRE	3X3X0.25	(F5)	(F6)	237.49	99.20	135.53	250.71	99.20	135.53	105.83	69.93	63.37
C1-C2	CIERRE	3X3X0.25	(F7)	(F8)	237.49	99.20	135.53	250.71	99.20	135.53	105.83	34.79	22.98
C1-D1	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F2)	(F2)	36.59	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	47.89	28.08
C1-D2	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F2)	(F2)	68.49	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	45.35	41.88
C1-D3	DIAGONAL	2X2X0.1875	(E6)	(E2)	121.77	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	35.62	52.12
C1-D4	DIAGONAL	2X2X0.1875	(E5)	(E5)	70.65	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	55.48	53.26
C1-D5	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F8)	(F7)	121.77	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	61.78	83.11
C1-CD1	ARRIOSTRE	2X2X0.1875	(E2)	(E6)	104.19	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	12.13	15.53
C1-CD2	ARRIOSTRE	2X2X0.1875	(F1)	(F1)	104.19	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	7.69	10.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 22 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Columna C2

Grupo	Descripción	Ángulo	Comb.		Compresión			Tensión				% Uso Comp.	% Uso Ten.
					L/r (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Área neta (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Rotura (kN)		
			C	T									
C2-M1	MONTANTE	4X4X0.375	(E5)	(E2)	549.72	495.98	1016.49	510.99	495.98	1016.49	853.74	24.88	23.50
C2-M2	MONTANTE	4X4X0.375	(E5)	(E2)	549.72	595.17	609.89	510.99	595.17	609.89	512.25	14.67	15.60
C2-M3	MONTANTE	4X4X0.375	(E5)	(F1)	549.72	595.17	609.89	510.99	595.17	609.89	512.25	6.75	7.01
C2-C1	CIERRE	3X3X0.25	(E5)	(E4)	237.49	49.60	67.77	250.71	49.60	67.77	56.40	45.40	28.48
C2-D1	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F5)	(F6)	38.24	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	34.05	19.73
C2-D2	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F6)	(F2)	66.28	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	30.63	28.85
C2-D3	DIAGONAL	2X2X0.1875	(E5)	(E5)	121.77	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	15.45	21.52
C2-CD1	ARRIOSTRE	2X2X0.1875	(F7)	(F8)	104.19	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	3.00	3.68

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Columna C3

Grupo	Descripción	Ángulo	Comb.		Compresión			Tensión				% Uso Comp.	% Uso Ten.
					L/r (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Área neta (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Rotura (kN)		
			C	T									
C3-M1	MONTANTE	4X4X0.375	(E3)	(E3)	555.77	595.17	609.89	510.99	595.17	609.89	512.25	14.93	15.09
C3-M2	MONTANTE	4X4X0.375	(E5)	(F3)	555.77	595.17	609.89	510.99	0.00	0.00	0.00	12.76	11.49
C3-C1	CIERRE	3X3X0.25	(F6)	(F3)	237.49	99.20	135.53	250.71	99.20	135.53	105.83	21.09	23.62
C3-D1	DIAGONAL	2X2X0.1875	(E7)	(E7)	70.65	99.20	101.65	113.97	99.20	101.65	72.81	52.40	51.50
C3-D2	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F5)	(F5)	121.77	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	57.43	83.50
C3-CD1	ARRIOSTRE	2X2X0.1875	(F3)	(F3)	104.19	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	6.70	12.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 24 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Viga V1

Grupo	Descripción	Ángulo	Comb.		Compresión			Tensión				% Uso Comp.	% Uso Ten.
					L/r (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Área neta (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Rotura (kN)		
			C	T									
V1-M1	MONTANTE	3X3X0.25	(E5)	(E5)	284.18	595.17	406.59	236.87	595.17	406.59	341.50	22.40	25.74
V1-M2	MONTANTE	3X3X0.25	(E7)	(E7)	284.18	-	-	236.87	-	-	-	27.26	30.77
V1-C1	CIERRE	2X2X0.1875	(E1)	(E7)	237.57	49.60	101.65	229.95	49.60	101.65	71.47	7.84	17.55
V1-CD1	ARRIOSTRE	2X2X0.1875	(E1)	(E5)	104.19	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	5.79	19.87
V1-D1	DIAGONAL	2X2X0.1875	(E5)	(E5)	78.34	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	29.18	40.38
V1-D2	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F7)	(F7)	78.76	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	11.79	15.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25 Verificación estructural del pórtico 1 - 220 kV - Viga V2

Grupo	Descripción	Ángulo	Comb.		Compresión			Tensión				% Uso Comp.	% Uso Ten.
					L/r (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Área neta (kN)	Cortante (kN)	Aplast. (kN)	Rotura (kN)		
			C	T									
V2-M1	MONTANTE	3X3X0.25	(E5)	(E6)	281.95	297.59	406.59	236.87	297.59	406.59	341.50	29.38	32.26
V2-M2	MONTANTE	3X3X0.25	(E2)	(E2)	284.18	-	-	236.87	-	-	-	28.19	29.44
V2-C1	CIERRE	2X2X0.1875	(E6)	(F6)	237.57	49.60	101.65	229.95	49.60	101.65	71.47	9.27	17.39
V2-CD1	ARRIOSTRE	2X2X0.1875	(E6)	(F6)	104.19	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	6.73	19.76
V2-D1	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F6)	(F6)	78.34	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	33.59	46.36
V2-D2	DIAGONAL	2X2X0.1875	(F6)	(F6)	78.76	49.60	50.82	113.97	49.60	50.82	35.74	16.50	23.03

Fuente: Elaboración propia

5.5.4. Verificación estructural de planchas bases

Para el diseño de las planchas bases se tendrá en consideración lo indicado en el ítem 4.11, las cargas para el análisis son cargas en tracción, compresión y cortante en estado último y son las máximas de cada pórtico (ver Tabla N° 26).

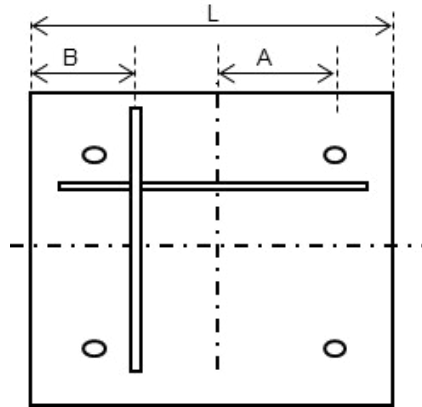


Figura N° 76 Geometría de placa base

Tabla N° 26 Cargas para cálculo de planchas bases - Pórtico 1 - Patio 220 kV

Estructura	Tracción máxima T_u [kN]	Compresión máxima C_u [kN]	Cortante $V_{máx}$ [kN]
C1	233.71	329.99	33.94
C2	205.94	261.56	38.64

Fuente: Elaboración propia

5.5.4.1. Geometría de la plancha

Longitud de plancha (L) = 400.00 mm

Espesor de plancha (e) = 1 ¼ pulg. (31.75 mm)

Área de la plancha (A_1) = $L^2 = 400.00^2 = 160000.00 \text{ mm}^2$

Módulo plástico de la plancha (Z) = $\frac{L e^2}{4} = \frac{400.00 \times 31.75^2}{4} = 100806 \text{ mm}^3$

Altura de atiesador (h) = 315 mm

Espesor de atiesador (e_a) = 12.7 mm

Área total (A_t) = 16701 mm²

$$\text{Centroide } (y') = \frac{A_t}{2 \times L} = \frac{16701}{2 \times 400.00} = 20.88 \text{ mm}$$

$$\text{Módulo plástico plancha con atiesador } (Z') = l \times \left(\frac{y'^2}{2} + \frac{(e-y')^2}{2} \right) + e_a \times h \times \left(\frac{h}{2} + e - y' \right)$$

$$400 \times \left(\frac{20.88^2}{2} + \frac{(31.75-20.88)^2}{2} \right) + 12.7 \times 315 \times \left(\frac{315}{2} + 31.75 - 20.88 \right) = 784390.5 \text{ mm}^3$$

Distancia al punto de aplicación de la carga (A) = 150 mm

Distancia al punto de aplicación de la carga (B) = 200 mm

Distancia desde eje al borde de la plancha (L/2) = 200 mm

Voladizo crítico compresión (L_{vc}) = máx. (B, L/2) = 200 mm

Longitud crítica a tracción (vano viga equivalente) (L_{vt}) = 2 A = 300 mm

5.5.4.2. Revisión aplastamiento del concreto

Resistencia a la compresión de concreto (f'_c) = 21 MPa

Presión de aplastamiento admisible $0.6 (0.85f'_c) = 0.6 (0.85 \times 21) = 10.71 \text{ MPa}$

Compresión máxima (C_u) = Max. [329.99, 261.56] = 329.99 kN

Presión debida a la carga axial (C_u/A_1) = $(329.99/160000) \times 1000 = 2.06 \text{ MPa}$

Presión total de aplastamiento = 2.06 MPa

Como $2.06 \text{ MPa} < 10.71 \text{ MPa}$ Cumple

5.5.4.3. Revisión de la plancha

Esfuerzo de fluencia para el acero (F_y) = 250 MPa

Compresión máxima (C_u) = 329.99 kN

Tracción máxima (T_u) = Max. [233.71, 205.94] = 233.71 kN

$$\text{Momento máximo debido a } T_u \text{ (} \mu \text{)} = \frac{T_u \times L_{vt}}{8} = \frac{233.71 \times 300}{8 \times 1000} = 8.76 \text{ kN-m}$$

$$\text{Momento máximo debido a } Cu \text{ (Mu)} = \frac{Cu}{L} \times \frac{Lvc^2}{2} = \frac{329.99 \times 1000}{400} \times \frac{0.2^2}{2} = 16.45 \text{ kN-m}$$

Momento máximo resistido por la plancha a tracción (M) = 0.9 Fy Z

$$0.9 \times 250 \times 100806 / 1000000 = 22.68 \text{ kN-m}$$

Momento máximo resistido por la plancha a compresión (M') = 0.9 Fy Z'

$$0.9 \times 250 \times 784390 / 1000000 = 176.49 \text{ kN-m}$$

$$Mu/M = \text{Max. } [8.76/22.68, 16.45/176.49] = 38.6\% \quad \text{Cumple}$$

5.5.5. Verificación estructural de soldadura

Para el diseño de las planchas bases se tendrá en consideración lo indicado en el ítem 4.10. Las cargas de diseño corresponden a los valores indicados en las Tabla N° 26.

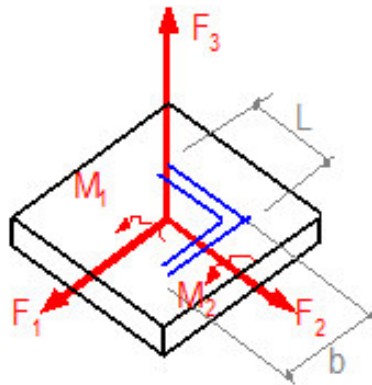


Figura N° 77 Diagrama de cargas sobre de placa base

5.5.5.1. Materiales

Tipo de soldadura = E70XX

Resistencia nominal de la soldadura (F_{EXX}) = 490 MPa

Resistencia última metal base (F_u) = 400 MPa

Resistencia fluencia metal base (F_y) = 250 MPa

5.5.5.2. Solicitaciones

Carga axial (F_3) = 329.99 kN

Cortante 1 (F_1) = 38.64 kN

Cortante 2 (F_2) = 38.64 kN

Momento 1 (M_1) = 0.00 kN-m

Momento 2 (M_2) = 0.00 kN-m

5.5.5.3. Geometría de conexión

Dimensión 1 (b) = 300.00 mm

Dimensión 2 (L) = 300.00 mm

Longitud de soldadura (L_{dis}) = 1200 mm

Espesor elemento (t_1) = 12.70 mm

Espesor plancha base (t_2) = 31.80 mm

5.5.5.4. Esfuerzos

Flexión y carga axial = $f_m \times e = F_3 / L_{dis} = 329.99 \times 1000 / 1200 = 274.99$ N/mm

Cortante 1 = $f_{v1} \times e = F_1 / L_{dis} = 38.64 \times 1000 / 1200 = 32.20$ N/mm

Cortante 2 = $f_{v2} \times e = F_2 / L_{dis} = 38.64 \times 1000 / 1200 = 32.20$ N/mm

Esfuerzo resultante = $f_r \times e = \sqrt{f_m^2 x e^2 + f_{v1}^2 x e^2 + f_{v2}^2 x e^2} = 278.735$ N/mm

5.5.5.5. Revisión espesor de soldadura

Espesor requerido de soldadura = $e_{req} = f_r \times e / 0.75 \times 0.60 \times \text{sen}45 \times F_{exx} = 1.79$ mm

Espesor colocado de soldadura = $e = 8$ mm

Porcentaje de uso $e_{req} \times 100 / e = 22.38\%$ Cumple

5.5.6. Diseño de pernos de anclaje

En la Tabla N° 27 se presenta el resumen de las cargas actuantes sobre la pata o pedestal de cada columna. Para la verificación de pernos de anclaje se toma en cuenta el coeficiente de sobre resistencia (Ω) para cargas sísmicas, el cual es igual a 2,0 según los Criterios de Diseño de Estructural Metálicas del proyecto. La falla de arrancamiento por tracción en el concreto es solucionada con refuerzo suplementario (ver ítem 5.5.6.5).

Tabla N° 27 Cargas para cálculo de pernos de anclaje - Pórtico 1 - Patio 220 kV

Cargas últimas en el centro del pedestal	C1	C2
Fuerza última vertical , Fuz [kN]	233.71	205.94
Cortante última en X , Vux [kN]	18.85	35.33
Cortante última en Y , Vuy [kN]	28.22	15.64

Fuente: Elaboración propia

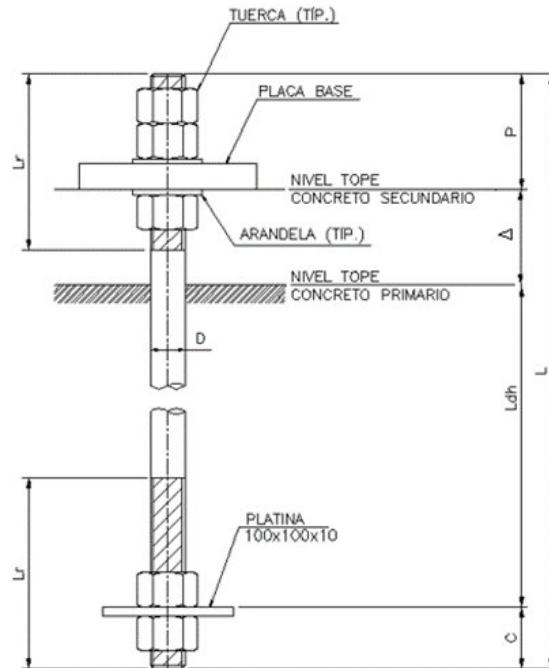


Figura N° 78 Ensamble típico de perno típico

5.5.6.1. Propiedades de los materiales

Tipo de acero = ASTM F1554 Gr55

Resistencia última a tensión (Fu) = 517 MPa

Resistencia de fluencia (Fy) = 380 MPa

Resistencia a la compresión del concreto (f'c) = 21 MPa

5.5.6.2. Geometría de los elementos de fijación

Diámetro del perno (d) = 25.4 mm

Espesor de grout (eg) = 100 mm

Número de tuercas sobre la placa base (No.t) = 2

Número de pasos de la rosca (p) = 3.00 mm/rosca

Espesor de la placa (ep)

$$ep = \begin{cases} 25.4 & d < 25.4 \\ 31.8 & d < 38.0 \\ 45.0 & d < 60.0 \end{cases} \quad ep = 31.8 \text{ mm}$$

Espesor de la tuerca (et)

$$et = d = 25.4 \text{ mm}$$

Proyección de la rosca (P)

$$P = \text{Max} [p, 10\text{mm}] + \text{No.}t \times et + ep$$

$$P = \text{Max} [3.00 \text{ mm/rosca}, 10\text{mm}] + 2 \times 25.4 \text{ mm} + 31.8 \text{ mm} = 92.6\text{mm}$$

$$P \approx 90.00\text{mm}$$

Proyección bajo platina (C)

$$C = \text{Max} [p, 10\text{mm}] + 10\text{mm} + et$$

$$C = \text{Max} \left[3.00 \frac{\text{mm}}{\text{rosca}}, 10\text{mm} \right] + 10.00 \text{ mm} + 25.4 \text{ mm} = 45.4\text{mm}$$

$$C \approx 50.00\text{mm}$$

Longitud embebida (L_{dh})

$$L_{dh} = \text{Max} [3/5 d \sqrt{Fu} , 19d] = \text{Max} [346.52\text{mm}, 482.6\text{mm}] = 482.6 \text{ mm}$$

$$L_{dh} \approx 500.00\text{mm}$$

Longitud total del perno (L)

$$L = P + C + L_{dh} + 100\text{mm} = 90 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 500 \text{ mm} + 100 \text{ mm} = 740 \text{ mm}$$

$$L \approx 800 \text{ mm y}$$

$$L_{dh} \approx 560 \text{ mm}$$

5.5.6.3. Distancias de borde

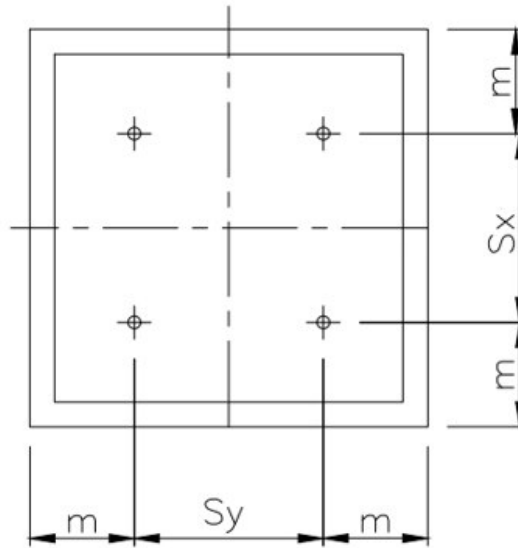


Figura N° 79 Detalle típico de fijación al pedestal

$$m = \text{Max} [0.41d \sqrt{Fu/\sqrt{f'c}} , 7d] = \text{Max} [114\text{mm}, 178\text{mm}]$$

$$m \approx 200 \text{ mm}$$

$$S_{x,y} = \text{Longitud de pedestal} = 700 \text{ mm} - 200 \times 2 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

5.5.6.4. Cálculo de hef

$$hef = \text{Max} [C_{max}/(1.5), S/3] = \text{Max} [133.33 \text{ mm}, 100 \text{ mm}]$$

$$hef = 133.33 \text{ mm}$$

5.5.6.5. Cálculo de Pernos

Las fuerzas en los pernos son obtenidas a partir de las fuerzas en el centro del pedestal divididos entre 4 (ver Tabla N° 28).

Tabla N° 28 Cargas por pernos de anclaje - Pórtico 1 - Patio 220 kV

Cimentación	Fuerza axial (kN)	Fuerza cortante (kN)
C1	58.43	8.48
C2	51.49	9.66

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la tracción del acero (ϕN_{sa})

$$\phi N_{sa} = \phi A_{se} F_u$$

$$\phi N_{sa} = 0.75 \times 401 \text{ mm}^2 \times \frac{517 \text{ Mpa}}{1000} = 155.49 \text{ kN}$$

$$U_{so \text{ C1}\%} = \frac{58.43 \text{ kN}}{155.49 \text{ kN}} \times 100 = 37.58\%$$

$$U_{so \text{ C2}\%} = \frac{51.49 \text{ kN}}{155.49 \text{ kN}} \times 100 = 33.11\%$$

Resistencia a al cortante del acero (ϕV_{sa})

$$\phi V_{sa} = \phi A_{se} F_u 0.60$$

$$\Phi V_{sa} = 0.525 \times 401 \text{ mm}^2 \times \frac{517 \text{ Mpa}}{1000} \times 0.60 = 65.30 \text{ kN}$$

$$Uso C1\% = \frac{8.48 \text{ kN}}{65.30 \text{ kN}} \times 100 = 12.49\%$$

$$Uso C2\% = \frac{9.66 \text{ kN}}{65.30 \text{ kN}} \times 100 = 14.79\%$$

Interacción Tracción – Cortante en acero

$$\left(\frac{N_u}{\Phi N_{sa}} \right)^{5/3} + \left(\frac{V_u}{\Phi V_{sa}} \right)^{5/3} \leq 1$$

$$\left(\frac{58.43}{155.49} \right)^{5/3} + \left(\frac{8.48}{65.30} \right)^{5/3} = 22.90\%$$

Arrancamiento por tracción en concreto ΦN_{cb}

$$\Phi N_{cb} = \Phi \frac{A_{nc}}{A_{nco}} \times \psi_{ec,n} \times \psi_{ed,n} \times \psi_{c,n} \times \psi_{cp,n} \times N_b$$

$$A_{nco} = 9 h e f^2 = 9 (133.33 \text{ mm})^2$$

$$A_{nco} = 9 (133.33 \text{ mm})^2 = 159992 \text{ mm}^2$$

$$A_{nc} = 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} = 490000 \text{ mm}^2$$

$$\psi_{ec,n} = 1.0$$

$$\psi_{ed,n} = 1.0$$

$$\psi_{c,n} = 1.0$$

$$\psi_{cp,n} = 1.0$$

$$N_b = K_c \sqrt{f'c} h e f^{1.5}$$

$$K_c = 10$$

$$f'c = 21.0 \text{ Mpa}$$

$$hef = 133.33 \text{ mm}$$

$$N_b = \frac{10 \sqrt{21 \text{ Mpa}} (133.33 \text{ mm})^{1.5}}{1000} = 70.55 \text{ kN}$$

$$\Phi N_b = 0.525 \times \frac{490000 \text{ mm}^2}{159992 \text{ mm}^2} \times 1 \times 1 \times 1 \times 70.55 \text{ kN}$$

$$\Phi N_b = 113.44 \text{ kN}$$

$$Uso \text{ C1\%} = \frac{233.71 \text{ kN}}{113.44 \text{ kN}} \times 100 = 206.02 \%$$

$$Uso \text{ C2\%} = \frac{205.94 \text{ kN}}{113.44 \text{ kN}} \times 100 = 181.54 \%$$

El uso es mayor al 100% se requerirá colocar acero complementario alrededor del perno de anclaje.

$$As \text{ complementario C1} = 58.43 \text{ kN} \times 1000 / (0.75 \times 420 \text{ Mpa})$$

$$As \text{ complementario C2} = 51.49 \text{ kN} \times 1000 / (0.75 \times 420 \text{ Mpa})$$

$$As \text{ complementario C1} = 185.49 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ complementario C2} = 163.46 \text{ mm}^2$$

El refuerzo de acero vertical de los pedestales servirá como acero suplementario. Y se colocará a una distancia máxima de $0.5 Ldh = 0.5 \times 560 \text{ mm} = 280 \text{ mm}$ (ver Figura N° 80).

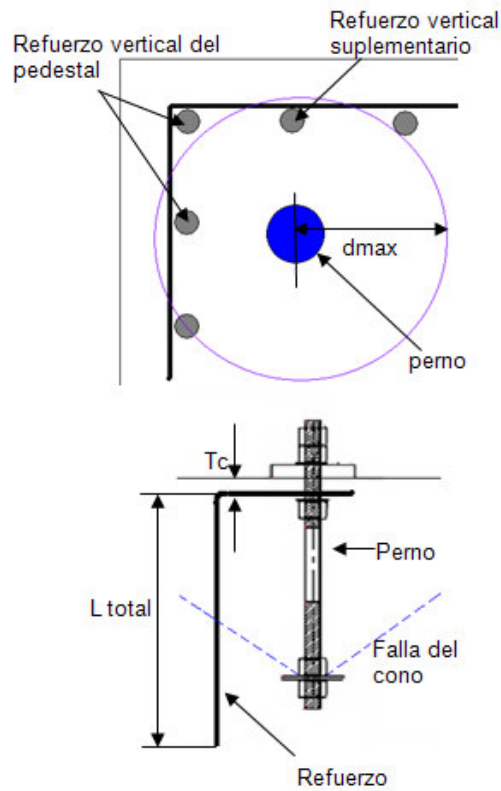


Figura N° 80 Detalle de refuerzo suplementario

Deslizamiento por tracción en concreto ΦN_{pn}

$$\Phi N_{pn} = 8 A_{brg} \times f'c$$

Donde: $A_{brg} = L^2, L = 100 \text{ mm}, f'c = 21 \text{ Mpa}, \Phi = 0.525$

$$\Phi N_{pn} = 0.525 \times 8 (100\text{mm})^2 \times \frac{21 \text{ Mpa}}{1000}$$

$$\Phi N_{pn} = 882 \text{ kN}$$

$$U_{so} C1\% = \frac{58.43 \text{ kN}}{882 \text{ kN}} \times 100 = 6.62 \%$$

$$U_{so} C1\% = \frac{51.49 \text{ kN}}{882 \text{ kN}} \times 100 = 5.83 \%$$

Desprendimiento lateral ΦN_{sb}

Si

$$C_{a2} \leq 3C_{a1}$$

$$\Phi N_{sb} = 13.3C_{a1}\sqrt{Abrg} \lambda_a \sqrt{f'c} \left(\frac{1 + \frac{C_{a2}}{C_{a1}}}{4} \right)$$

$$C_{a2} > 3C_{a1}$$

$$\Phi N_{sb} = 13.3C_{a1}\sqrt{Abrg} \lambda_a \sqrt{f'c}$$

Donde: $C_{a1} = 200mm, C_{a2} = 200mm, \lambda_a = 1, Abrg = L^2, L = 100 mm$

$$f'c = 21 Mpa, \Phi = 0.525$$

Como $C_{a2} \leq 3C_{a1}$ entonces:

$$\Phi N_{sb} = \Phi 13.3C_{a1}\sqrt{Abrg} \lambda_a \sqrt{f'c} \left(\frac{1 + \frac{C_{a2}}{C_{a1}}}{4} \right)$$

$$\Phi N_{sb} = 0.525 \times 13.3 \times 200mm \sqrt{100 \times 100mm^2} \times 1.0 \times \sqrt{21Mpa} \left(\frac{1 + \frac{200mm}{200mm}}{4} \right)$$

$$\Phi N_{sb} = 320kN$$

$$Uso C1 \% = \frac{58.43 kN}{320 kN} \times 100 = 18.25 \%$$

$$Uso C2 \% = \frac{51.49 kN}{320 kN} \times 100 = 16.09 \%$$

Arrancamiento por cortante en concreto ΦV_{cb}

$$\begin{aligned}
 V_b &= \min \left\{ 0.6 \left(\frac{hef}{da} \right)^{0.2} \sqrt{da} \lambda_a \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5}, 3.7 \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5} \right\} \\
 &= 0.6 \left(\frac{hef}{da} \right)^{0.2} \sqrt{da} \lambda_a \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \times \left(\frac{133.33 \text{ mm}}{25.4 \text{ mm}} \right)^{0.2} \times \sqrt{25.4 \text{ mm}} \times 1.0 \times \sqrt{21 \text{ Mpa}} \times (200 \text{ mm})^{1.5} \\
 &= 54.61 \text{ kN} \\
 &= 3.7 \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 3.7 \times \sqrt{21 \text{ Mpa}} \times (200 \text{ mm})^{1.5} \\
 &= 47.96 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Por lo tanto

$$V_b = 47.96 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{cb} = \Phi \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \psi_{ec,v} \times \psi_{ed,v} \times \psi_{c,v} \times V_b$$

$$\psi_{ec,v} = \frac{1}{1 + \frac{2ev}{3C_{a1}}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \times 0.0}{3 \times 200 \text{ mm}}} = 1.0$$

Donde: $C_{a1} = 200 \text{ mm}, C_{a2} = 200 \text{ mm}, C_{a2} < 1.5C_{a1}$

$$\psi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 \frac{200 \text{ mm}}{1.5 \times 200 \text{ mm}} = 0.9$$

$$\psi_{c,v} = 1.0$$

$$A_{vc} = (2 \times 200 \text{ mm} + 300 \text{ mm}) \times 1.5 \times 200 = 210000 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 \times 200 \text{ mm}^2 = 180000 \text{ mm}^2$$

$$\Phi V_{cb} = 0.525 \frac{210000 \text{ mm}^2}{180000 \text{ mm}^2} \times 1.0 \times 0.9 \times 1.0 \times 47.96 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{cb} = 26.44 \text{ kN}$$

$$VuC1 = \frac{28.22 \text{ kN}}{2} = 14.11 \text{ kN}$$

$$VuC2 = \frac{35.33 \text{ kN}}{2} = 17.67 \text{ kN}$$

$$UsoC1\% = \frac{14.11 \text{ kN}}{26.44 \text{ kN}} \times 100 = 53.37 \%$$

$$UsoC2\% = \frac{17.67 \text{ kN}}{26.44 \text{ kN}} \times 100 = 66.83 \%$$

Desprendimiento por cortante en concreto ΦV_{cp}

$$\Phi V_{cb} = \Phi K_{cp} \times N_{cpg}$$

$$\Phi N_{cpg} = \Phi N_{cb} = 113.44 \text{ kN}$$

$$K_{cp} = 2.0$$

$$\Phi V_{cb} = 2.0 \times 113.44 \text{ kN} = 226.88 \text{ kN}$$

$$UsoC1\% = \frac{7.06 \text{ kN}}{226.88 \text{ kN}} \times 100 = 3.10 \%$$

$$UsoC2\% = \frac{8.83 \text{ kN}}{226.88 \text{ kN}} \times 100 = 3.89 \%$$

5.6. SISTEMA ESTRUCTURAL SOPORTE DE EQUIPO - 220 kV

El sistema de soporte proyectado es reticulado, se constituyen en su totalidad por ángulos (celosías) de acero laminados en caliente, formando un enrejado espacial tronco piramidal de sección rectangular.

5.6.1. Geometría de soporte

Para la definición de la geometría es decir la altura del soporte se tomó en consideración los diseños eléctricos planteados en los planos de disposición física (Ver Figura N° 81). En cuanto a la separación de sus patas se considera la dimensión de los anclajes de la base del equipo como referencia para determinar el ancho del soporte (Ver Anexo B).

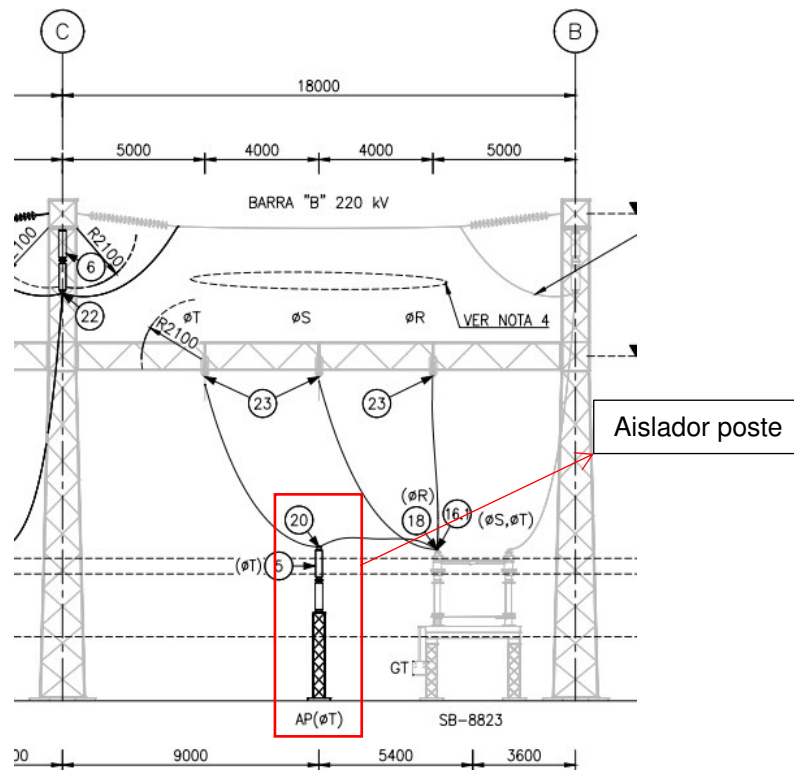


Figura N° 81 Disposición física de equipo aislador poste – 220 kV

5.6.2. Identificación de estructuras

Para la definición de elementos se toma como referencia los perfiles existentes de soportes existentes que luego se irán modificando o actualizando según requiera el análisis. Por lo tanto, se analizará con los siguientes perfiles comerciales:

Montantes (M1):	L64 x L64 x 6,4
Diagonales (D1):	L38 x L38 x 4,8
Cierre (C1):	L51 x L51 x 4,8

5.7. MODELAMIENTO EN SAP 2000 AISLADOR POSTE-220 kV

El análisis estructural se realiza por medio del método de rigidez aplicando un análisis estático, el cual tiene por objeto conocer el comportamiento de los elementos que conforman las estructuras ante las cargas a las que están sometidas. Los resultados del análisis son las fuerzas actuantes, deformaciones y desplazamientos de las estructuras.

Con base en las características físicas y mecánicas de los materiales que conforman los elementos estructurales, se obtienen los esfuerzos máximos permisibles a compresión, tensión, cortante, aplastamiento y bloque de cortante; de este modo se definen las propiedades de los elementos estructurales a utilizar (tipo de perfil, número de perforaciones, etc.).

5.7.1. Cargas en las estructuras de soporte

5.7.1.1. Cargas de conexión

Corresponden a las cargas sobre las estructuras por efecto de tensión estática y electrodinámica en conductores, las cuales son estimadas con base en la disposición física de la subestación, las alturas de conexión y considerando las condiciones climáticas de la zona. A continuación, se muestra las cargas de conexión aplicadas en el extremo superior tomados de los documentos de cálculo de conexiones de soportes de equipos 220 kV.

La fuerza sísmica se calcula multiplicando la carga DL del conductor por el coeficiente sísmico horizontal y vertical 1,97 y 1,58 (ver ítem 5.7.1.3) respectivamente.

Tabla N° 29 Cargas de tensiones mecánicas, viento, cortocircuito y sismo en conductores de equipos

Caso	Cargas de diseño [kN]									
	Estáticas			Viento		Cortocircuito		Sismo		
	DL	STx	STy	Wx	Wy	SCx	SCy	CEx	CEy	CEz
F2	0,048	0,207	0,00	0,084	0,035	2,015	0,304	0,095	0,095	0,076

Fuente: Elaboración propia

5.7.1.2. Carga de montaje y mantenimiento

Las cargas de mantenimiento considerada son de 1.50 kN, en el caso de soporte la carga ira aplicada en el centro de la parte superior donde se apoya el equipo. (Ver Figura N° 82).

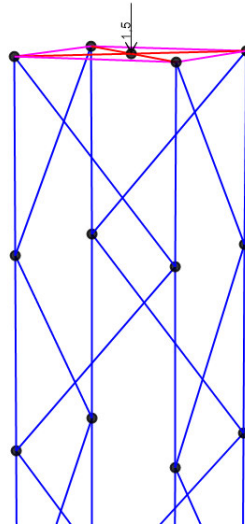


Figura N° 82 Disposición cargas de montaje y mantenimiento en soportes de equipos

5.7.1.3. Carga de sismo

En la Tabla N° 30 se presenta los parámetros utilizados para la construcción del espectro de diseño, los cuales se toman según lo indicado en el ítem 3.8.4 y los estudios de suelos de la subestación existente. Para el coeficiente de reducción sísmica R según las especificaciones del proyecto se usará el valor de 1.

Tabla N° 30 Parámetros sísmicos para el diseño de soportes de equipos

Parámetros Sísmicos	Valor
Factor de Zona, Z	0,50 g
Factor de Suelo, S_2	1,05
Período, TP	0,60
Período, TL	2,00
Factor de Importancia, U	1,50
Factor de Amplificación, C	2,50
Factor de Ductilidad, R	1
Coefficiente de amortiguamiento crítico, β	5%
Aceleración Espectral Horizontal, S_a	1,97 g
Aceleración Espectral Vertical, S_v	1,58 g

Fuente: Elaboración propia

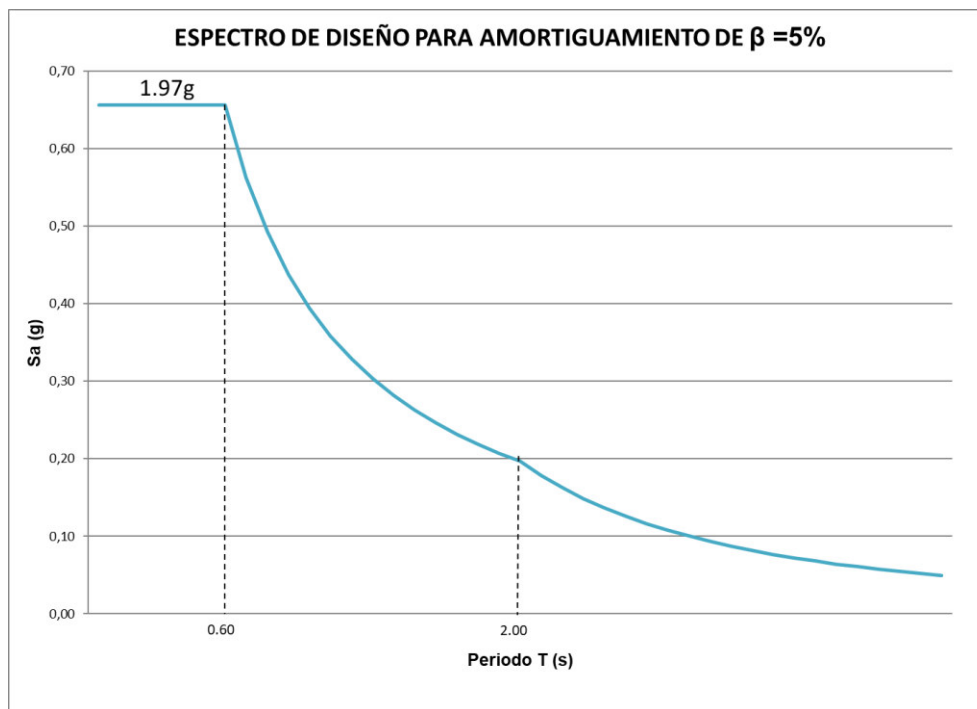


Figura N° 83 Espectro sísmico de diseño en soportes

El coeficiente sísmico horizontal a utilizar de la Figura N° 83 en los diseños es 1,971g. El coeficiente sísmico vertical según las especificaciones técnicas del proyecto se considera como 80% del coeficiente sísmico horizontal según el ASCE 113, el cual da un valor de 1,577g.

La carga que se presenta por sismo sobre los elementos del patio de llaves se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{x,y_{soporte}} = S a \times W_{soporte}$$

$$E_{x,y_{soporte}} = 1,971 \times 1,30 \text{ kN} \times 1,25/32 = 0,1 \text{ kN}$$

$$E_{z_{soporte}} = 1,577 \times 1,30 \text{ kN} \times 1,25/32 = 0,08 \text{ kN}$$

$$E_{x,y_{equipo}} = S a \times W_{equipo}$$

$$E_{x,y_{equipo}} = 1,971 \times 1,62 \text{ kN} = 3,19 \text{ kN}$$

$$E_{z_{equipo}} = 1,577 \times 1,62 \text{ kN} = 2,55 \text{ kN}$$

El peso del soporte es amplificado por 1,25 para considerar los elementos no modelados y su carga sísmica es dividida entre el número de nudos por encima de la pata (32) y asignada a cada uno (ver Figura N° 84). La carga sísmica en el equipo se asigna aproximadamente en el centro de gravedad (ver Figura N° 85).

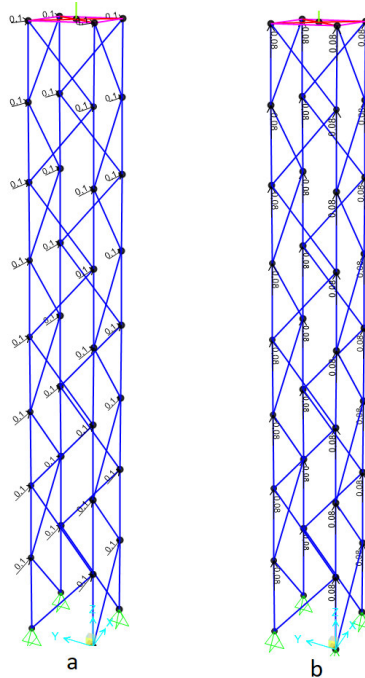


Figura N° 84 a) Fuerza sísmica horizontal en soporte ($E_{x,y}$), b) Fuerza sísmica vertical en soporte (E_z)

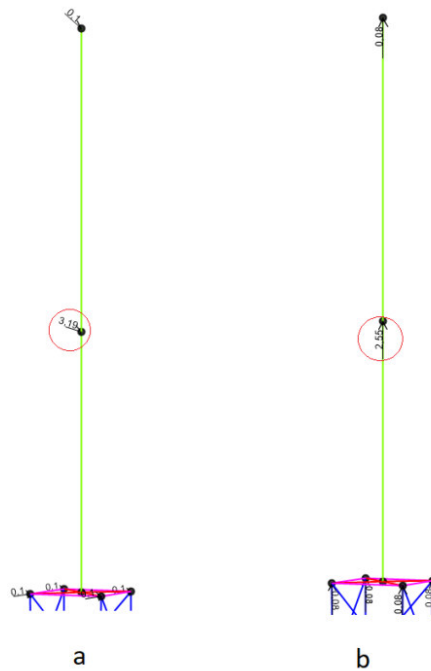


Figura N° 85 a) Fuerza sísmica horizontal en equipo (E_x, y), b) Fuerza sísmica vertical en equipo (E_z)

5.7.1.4. Carga de viento

De acuerdo con la sección 25 del Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011, la constante de presión y la velocidad del viento se definen en función de la altitud en la que se encuentra la ampliación Subestación Piura Oeste 220 kV / 60 kV / 10 kV. Por otra parte, el factor de forma es el correspondiente para estructuras metálicas en celosía o en alma llena.

En la Tabla N° 15 se muestra los valores de los parámetros utilizados para el cálculo de la presión del viento.

La fuerza de viento en cada dirección es calculada multiplicando la presión de viento por el área bruta proyectada de las caras del soporte y por el coeficiente de solidez ($\text{Área neta proyectada} / \text{Área bruta proyectada}$) que en este caso es 0,50. Esta fuerza de viento será dividido por el número de nudos por cara y asignadas a estos como artificio para colocar toda la fuerza del viento en el modelo SAP 2000 (Ver Figura N° 86).

$$W_{x,y,soporte\ total} = P \times A_{\text{neta proyectada}} \times 0,50$$

$$W_{x,y_{soporte\ total}} = 1,326 \frac{kN}{m^2} 3,00m \times 0,40m \times 0,50$$

$$W_{x,y_{soporte\ total}} = 0,80\ kN$$

$$W_{x,y_{soporte\ nudo}} = 0,80/16\ kN$$

$$W_{x,y_{soporte\ nudo}} = 0,05\ kN$$

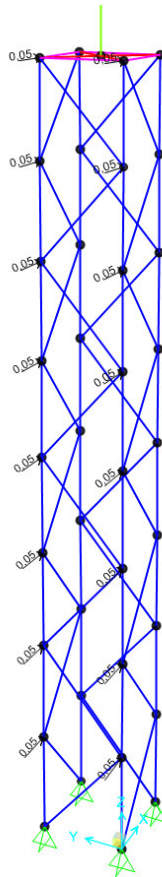


Figura Nº 86 Fuerza de viento en soporte ($W_{x,y}$)

5.8. DISEÑO Y VERIFICACIÓN AISLADOR POSTE-220 kV

5.8.1. Modelo estructural

En la siguiente figura se muestra el modelo estructural del soporte de equipo 1 – 220 kV.



Figura N° 87 Modelo estructural – Aislador poste 220 kV

En la siguiente figura se muestra la configuración deformada del soporte para la combinación de carga en servicio y se indica el punto de máximo desplazamiento para la correspondiente verificación.

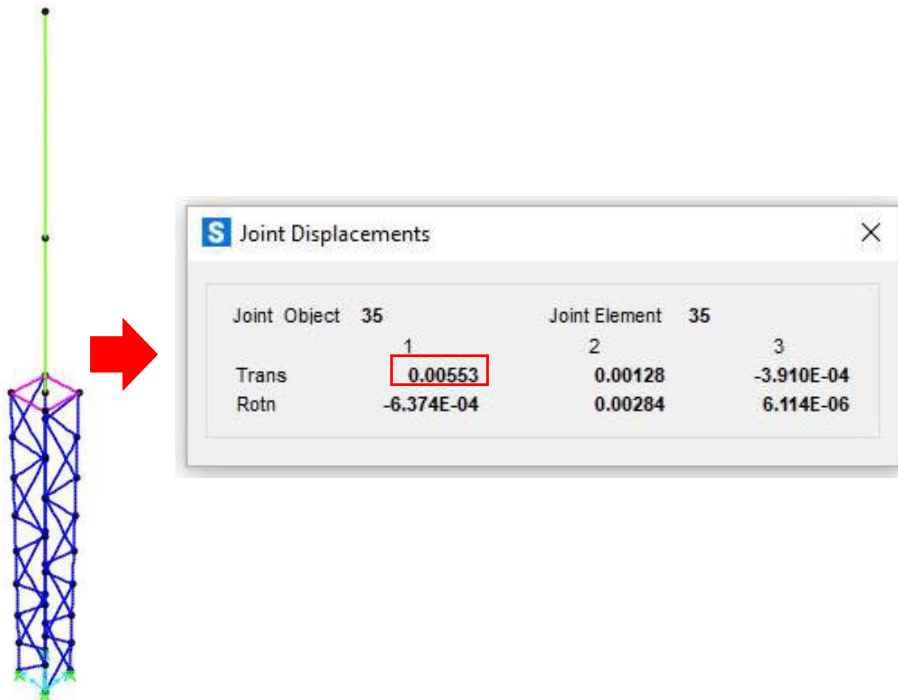


Figura N° 88 Desplazamiento máximo Aislador poste – 220 kV

Tabla N° 31 Desplazamientos máximos de soporte de equipo – aislador poste

Nudo	Comb.	Altura H (m)	Despl. (m)	Despl. Adm. (m)	Verif.
35	5B	3,0	0,0055	0,030	ok

Fuente: Elaboración propia

5.8.2. Fuerzas máximas en los elementos

Tabla N° 32 Fuerza de compresión máxima

Elemento	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
Montantes (M1)	3,13	19,46	19,69	20,13	50,24	52,60
Diagonales (D1)	0,24	1,98	2,72	1,55	6,83	5,43
Cierre (C1)	0,42	2,09	1,83	1,70	2,99	2,68

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33 Fuerza de tensión máxima

Elemento	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
Montantes (M1)	1,24	18,55	18,80	19,23	49,32	51,69
Diagonales (D1)	0,23	1,97	2,66	1,54	6,82	5,42
Cierre (C1)	0,08	1,93	1,67	1,59	2,83	2,51

Fuente: Elaboración propia

5.8.3. Diseño de elementos de soporte de equipo

A continuación, se presenta las hojas de cálculo del diseño de los montantes, diagonales y cierres del soporte con los esfuerzos más desfavorables de cada elemento obtenido del modelo SAP 2000. Estos reportes fueron obtenidos del documento “Soporte de equipos 220 kV – Diseño de estructuras – Memoria de cálculo” del proyecto Subestación Piura Oeste – 220 kV/60 kV/10 kV. Los cálculos muestran las verificaciones indicadas en el capítulo IV.

5.8.3.1. Revisión estructural de montantes

Montante L 64x64x6,4

Propiedades del material

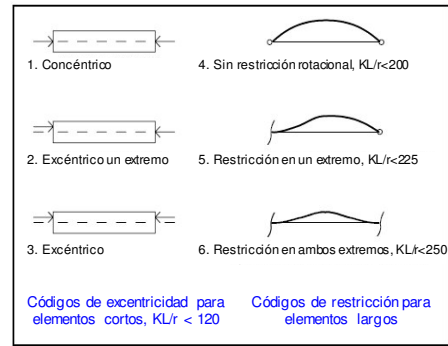
Módulo de Young, E [MPa]	204000
Tipo Acero	A572
Esfuerzo de fluencia f_y [MPa]	345
Esfuerzo de rotura F_u [MPa]	450

Descripción del ángulo L 64x64x6,4

Ancho nominal de la aleta, b [mm]	64.0
Radio de grio, r_x [mm]	19.4
Radio de giro, r_z [mm]	12.4
k [mm]	12.7
Ancho efectiva aleta, $w = b - k$ [mm]	51.3
Espesor de aleta, t [mm]	6.4
Area [mm ²]	768
Inercia, I [mm ⁴]	288000
Longitud no arriostrada, L_x [mm]	900
Longitud no arriostrada, L_z [mm]	450

Longitud efectiva 1. Carga concéntrica

Redundante	<input type="checkbox"/>	no
L/r		46
Condición de longitud efectiva		KL/r < 150
KL/r		46 ✓



● Montante

○ Diagonal

CARGAS ADMISIBLES

Tracción

Tipo conexión	Soldada
Tipo tornillo [mm]	N/A
Diámetro tornillo [mm]	N/A
Diámetro perforación [mm]	N/A
Distancia al borde, L_e [mm]	N/A
Distancia entre perforaciones, s [mm]	N/A
Area neta, A_n [mm ²]	768
Número tornillos	
Area cortante [mm ²]	N/A
Area tracción, A_t [mm ²]	N/A
Tracción admisible, T_a [kN]	265

Compresión

Coefficiente de cedencia, C_c	108.0
Relación ancho espesor, w/t	8.0
Ancho espesor límite, w/t _{lim}	11.3
Ancho espesor superior, w/t _{sup}	20.3
Esfuerzo crítico, F_{cr} [MPa]	345
F_a [MPa]	313
P_y [kN]	265
P_a [kN]	241

REVISIÓN AL DISEÑO

Condición	actuante	Cargas	
		admisible	% uso
Compresión, P [kN]	52.6	240.5	22%
Tracción, T [kN]	51.7	265.0	20%

5.8.3.2. Revisión estructural de diagonales

Diagonal L 38x38x4,8

Propiedades del material	
Módulo de Young, E [MPa]	204000
Tipo Acero	A572
Esfuerzo de fluencia f_y [MPa]	345
Esfuerzo de rotura F_u [MPa]	450

Descripción del ángulo	L 38x38x4,8
Ancho nominal de la aleta, b [mm]	38.1
Radio de grio, r_x [mm]	11.6
Radio de giro, r_z [mm]	7.5
k [mm]	8.8
Ancho efectiva aleta, $w = b - k$ [mm]	29.3
Espesor de aleta, t [mm]	4.8
Area [mm ²]	340
Inercia, I [mm ⁴]	45900
Longitud no arriestrada, L_x [mm]	500
Longitud no arriestrada, L_z [mm]	500

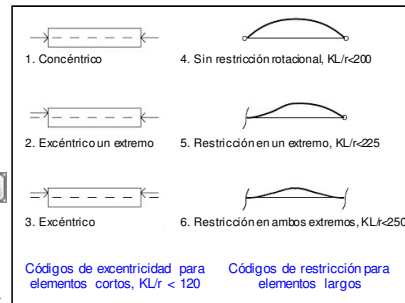
Longitud efectiva: **3. Carga excéntrica**

Redundante	<input type="checkbox"/>	no
L/r		67
Condición de longitud efectiva	<input checked="" type="checkbox"/>	$KL/r < 150$
KL/r		93

CARGAS ADMISIBLES

Tracción	
Tipo conexión	1 aleta
Tipo tornillo [mm]	1/2"
Diámetro tornillo [mm]	12.7
Diámetro perforación [mm]	14.3
Distancia al borde, L_e [mm]	19.1
Distancia entre perforaciones, s [mm]	38.1
Area neta, A_n [mm ²]	272
Número tornillos	1
Area cortante [mm ²]	57
Area tracción, A_t [mm ²]	57
T_a [kN]	35

- Montante
 Diagonal



Compresión	
Coefficiente de cedencia, C_c	108.0
Relación ancho espesor, w/t	6.2
Ancho espesor límite, w/t_{lim}	11.3
Ancho espesor superior, w/t_{sup}	20.3
Esfuerzo crítico, F_{cr} [MPa]	345
F_a [MPa]	216
P_v [kN]	84
P_a [kN]	74

Aplastamiento y cortante	
B_a [kN]	40.8
$V_{a simple} - V_{a doble}$ [kN]	31.4 - 62.8

REVISIÓN FLEXIÓN EN DIAGONALES

Flexocompresión	
Carga puntual aplicada, P [kN]	1.5
Ángulo inclinación diagonal	45°
P_c [kN]	7.9
P_c / P_a	0.11
P_c / P_v	0.09
M [kN m]	0.13
M / M_a	0.24
P_{ex} [kN]	369.66
Valor ecuación	0.35

Flexión	
K L [mm]	500
M_b [kN m]	15
S_z [mm ³]	1629
M_{vc} , M_{vt} [kN m]	0.6
M_u [kN m]	0.6

Flexotracción	
P_t [kN]	5.8
P_t / T_a	0.17
Valor ecuación	0.40

REVISIÓN AL DISEÑO

Condición	Cargas		% uso
	actuante	admisible	
Compresión, P [kN]	6.8	73.5	9%
Tracción, T [kN]	6.8	34.8	20%
Aplastamiento, B [kN]	6.8	40.8	17%
Cortante simple, V [kN]	6.8	31.4	22%

5.8.3.3. Revisión estructural de cierre

Cierre L 51x51x4,8

Propiedades del material	
Módulo de Young, E [MPa]	204000
Tipo Acero	A572
Esfuerzo de fluencia f_y [MPa]	345
Esfuerzo de rotura F_u [MPa]	450

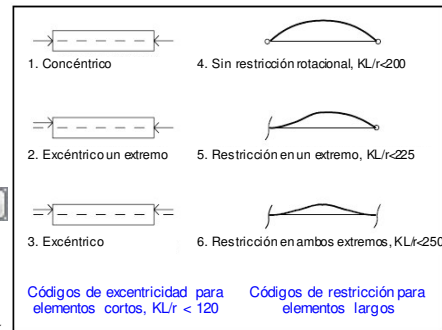
Descripción del ángulo	L 51x51x4,8
Ancho nominal de la aleta, b [mm]	51.0
Radio de grio, r_x [mm]	15.5
Radio de giro, r_z [mm]	9.9
k [mm]	11.1
Ancho efectiva aleta, $w = b - k$ [mm]	39.9
Espesor de aleta, t [mm]	4.8
Area [mm ²]	465
Inercia, I [mm ⁴]	112383
Longitud no arriostrada, L_x [mm]	330
Longitud no arriostrada, L_z [mm]	330

Longitud efectiva: **3. Carga excéntrica**

Redundante	<input type="checkbox"/>	no
L/r		33
Condición de longitud efectiva KL/r	<input checked="" type="checkbox"/>	KL/r < 150
		77

CARGAS ADMISIBLES

Tracción	
Tipo conexión	1 aleta
Tipo tornillo [mm]	1/2 "
Diámetro tornillo [mm]	12.7
Diámetro perforación [mm]	14.3
Distancia al borde, L_e [mm]	19.1
Distancia entre perforaciones, s [mm]	38.1
Area neta, A_n [mm ²]	396
Número tornillos	1
Area cortante [mm ²]	57
Area tracción, A_t [mm ²]	87
T_a [kN]	45



- Montante
- Diagonal
- Cierre

Compresión	
Coefficiente de cedencia, C_c	108.0
Relación ancho espesor, w/t	8.4
Ancho espesor límite, w/t_{lim}	11.3
Ancho espesor superior, w/t_{sup}	20.3
Esfuerzo crítico, F_{cr} [MPa]	345
F_a [MPa]	258
P_v [kN]	123
P_a [kN]	120
Aplastamiento y cortante	
B_a [kN]	40.8
$V_{a \text{ simple}} - V_{a \text{ doble}}$ [kN]	31.4 - 62.8

* Conexión a cortante simple con tornillos A394 tipo 0

REVISIÓN AL DISEÑO

Condición	Cargas		
	actuante	admisible	% uso
Compresión, P [kN]	3.0	119.9	2%
Tracción, T [kN]	2.8	45.4	6%
Aplastamiento, B [kN]	3.0	40.8	7%
Cortante simple, V [kN]	3.0	31.4	10%

5.8.4. Verificación estructural de planchas bases de soporte

Para el diseño de las planchas bases se tendrá en consideración lo indicado en el ítem 4.11, las cargas para el análisis son cargas en tracción, compresión y cortante en estado último y son las máximas de cada pórtico (Tabla N° 34).

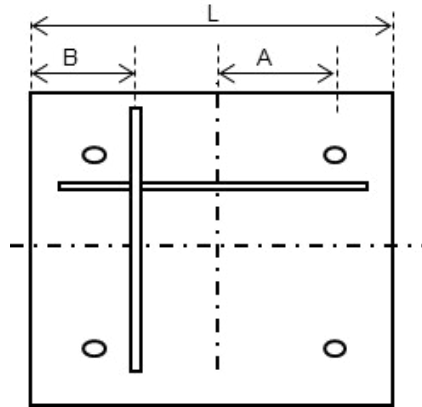


Figura N° 89 Geometría de placa base

Tabla N° 34 Cargas para cálculo de planchas bases – Soporte de equipo

Equipo	Tracción máxima T_u [kN]	Compresión máxima C_u [kN]	Cortante máximo V_x [kN]	Cortante máximo V_y [kN]
AISLADOR POSTE 220 kV	54.1	-55.0	4.4	3.5

Fuente: Elaboración propia

5.8.4.1. Geometría de la plancha

Longitud de plancha (L) = 160 mm

Espesor de plancha (e) = 3/4 pulg. (19.05 mm)

Área de la plancha (A_1) = $L^2 = 160.00^2 = 25600.00 \text{ mm}^2$

Módulo plástico de la plancha (Z) = $\frac{L e^2}{4} = \frac{160.00 \times 19.05^2}{4} = 14516 \text{ mm}^3$

Distancia al punto de aplicación de la carga (A) = 50 mm

Distancia al borde de la placa (B) = 30 mm

Voladizo crítico compresión (L_{vc}) = máx. (B, L-B-A) = 80 mm

Voladizo crítico tracción (L_{vt}) = 1,41 A/2 = 35 mm

5.8.4.2. Revisión de la plancha

Esfuerzo de fluencia para el acero (F_y) = 250 MPa

Compresión máxima (C_u) = 55.0 kN

Tracción máxima (T_u) = 54.1 kN

Momento máximo debido a T_u (M_u) = $T_u \times Lvt = \frac{54.1 \times 35}{1000} = 1.89$ kN-m

Momento máximo debido a C_u (M_u) = $\frac{C_u}{L} \times \frac{Lvc^2}{2} = \frac{55.0 \times 1000}{160} \times \frac{0.08^2}{2} = 1.10$ kN-m

Momento máximo resistido por la plancha a tracción (M) = $0.9 F_y Z$

$0.9 \times 250 \times 14516 / 1000000 = 3.3$ kN-m

$M_u/M = 1.89/3.3 = 57.27\%$ Cumple

5.8.4.3. Verificación estructural de soldadura

Para el diseño de las planchas bases se tendrá en consideración lo indicado en el ítem 4.10. Las cargas de diseño corresponden a los valores indicados en las Tabla N° 34

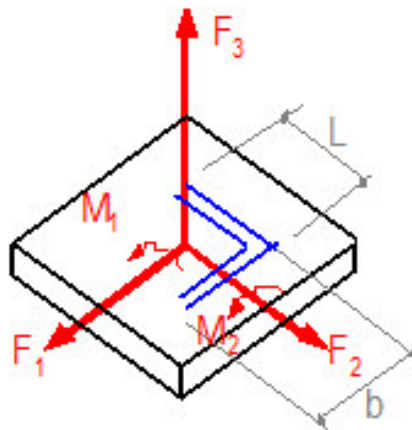


Figura N° 90 Diagrama de cargas sobre de placa base

5.8.4.4. Materiales

Tipo de soldadura = E70XX

Resistencia nominal de la soldadura (F_{EXX}) = 490 MPa

Resistencia última metal base (F_u) = 450 MPa

Resistencia fluencia metal base (F_y) = 345 MPa

5.8.4.5. Solicitaciones

Carga axial (F_3) = 54.1 kN

Cortante 1 (F_1) = 4.4 kN

Cortante 2 (F_2) = 3.5 kN

Momento 1 (M_1) = 0.00 kN-m

Momento 2 (M_2) = 0.00 kN-m

5.8.4.6. Geometría de conexión

Dimensión 1 (b) = 64 mm

Dimensión 2 (L) = 64 mm

Longitud de soldadura (L_{dis}) = 256 mm

Espesor elemento (t_1) = 6.4 mm

Espesor plancha base (t_2) = 19.1 mm

5.8.4.7. Esfuerzos

Flexión y carga axial = $f_m \times e = F_3 / L_{dis} = 54.1 \times 1000 / 256 = 211.33$ N/mm

Cortante 1 = $f_{v1} \times e = F_1 / L_{dis} = 4.4 \times 1000 / 256 = 17.19$ N/mm

Cortante 2 = $f_{v2} \times e = F_2 / L_{dis} = 3.5 \times 100 / 256 = 13.67$ N/mm

Esfuerzo resultante = $f_r \times e = \sqrt{f_m^2 x e^2 + f_{v1}^2 x e^2 + f_{v2}^2 x e^2} = 212.47$ N/mm

5.8.4.8. Revisión espesor de soldadura

Espesor requerido de soldadura = $e_{req} = f_r \cdot x_e / 0.75 \times 0.60 \times \text{sen} 45^\circ \times F_{exx} = 1.36 \text{ mm}$

Espesor colocado de soldadura = $e = 5 \text{ mm}$

Porcentaje de uso $e_{req} \times 100 / e = 27.20\%$ Cumple

5.8.5. Diseño de pernos de anclaje

Tabla N° 35 Cargas para cálculo de pernos de anclaje – Soporte de equipo Aislador poste

Cargas últimas en centro de Pedestal	Aislador poste
Fuerza última vertical, F_{uz} [kN]	7.11
Cortante última en X, V_{ux} [kN]	15.44
Cortante última en Y, V_{uy} [kN]	4.34
Momento último en X, M_{ux} [kN-m]	-12.44
Momento último en Y, M_{uy} [kN-m]	46.68

Fuente: Elaboración propia

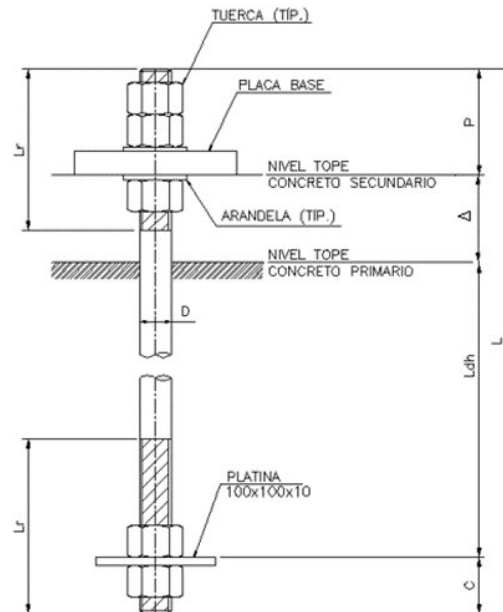


Figura N° 91 Ensamblaje típico de perno típico de soporte

5.8.5.1. Propiedades de los materiales

Tipo de acero = ASTM F1554 Gr55

Resistencia última a tensión (Fu) = 517 MPa

Resistencia de fluencia (Fy) = 380 MPa

Resistencia a la compresión del concreto (f'c) = 21 MPa

5.8.5.2. Geometría de los elementos de fijación

Diámetro del perno (d) = 25.4 mm

Espesor de grout (eg) = 100 mm

Número de tuercas sobre la placa base (No.t) = 2

Número de pasos de la rosca (p) = 3.00 mm/rosca

Espesor de la placa (ep)

$$ep = \begin{cases} 25.4 & d < 25.4 \\ 31.8 & d < 38.0 \\ 45.0 & d < 60.0 \end{cases} \quad ep = 31.8 \text{ mm}$$

Espesor de la tuerca (et)

$$et = d = 25.4 \text{ mm}$$

Proyección de la rosca (P)

$$P = \text{Max} [p, 10\text{mm}] + \text{No.}t \times et + ep$$

$$P = \text{Max} [3.00 \text{ mm/rosca}, 10\text{mm}] + 2 \times 25.4 \text{ mm} + 31.8 \text{ mm} = 92.6\text{mm}$$

$$P \approx 90.00\text{mm}$$

Proyección bajo platina (C)

$$C = \text{Max} [p, 10\text{mm}] + 10\text{mm} + et$$

$$C = \text{Max} \left[3.00 \frac{\text{mm}}{\text{rosca}}, 10\text{mm} \right] + 10.00 \text{ mm} + 25.4 \text{ mm} = 45.4\text{mm}$$

$$C \approx 50.00\text{mm}$$

Longitud embebida (L_{dh})

$$L_{dh} = \text{Max} [3/5 d \sqrt{F_u}, 19d] = \text{Max} [346.52\text{mm}, 482.6\text{mm}] = 482.6 \text{ mm}$$

$$L_{dh} \approx 500.00\text{mm}$$

Longitud total del perno (L)

$$L = P + C + L_{dh} + 100\text{mm} = 90 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 500 \text{ mm} + 100 \text{ mm} = 740 \text{ mm}$$

$$L \approx 800 \text{ mm y}$$

$$L_{dh} \approx 560 \text{ mm}$$

5.8.5.3. Distancias de borde

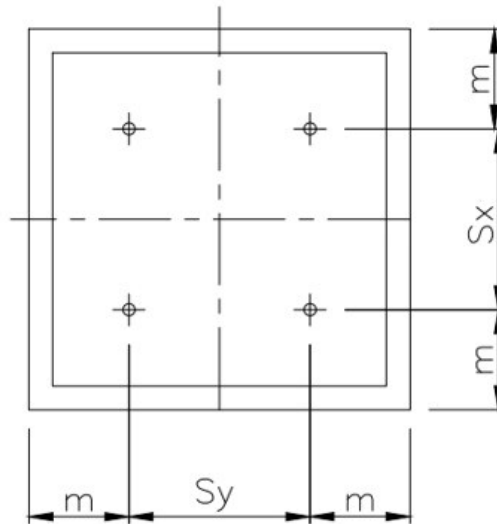


Figura N° 92 Detalle típico de fijación al pedestal

$$m = \text{Max} [0.41d \sqrt{F_u/\sqrt{f'_c}}, 7d] = \text{Max} [114\text{mm}, 178\text{mm}]$$

$$m \approx 250 \text{ mm}$$

$$S_{x,y} = \text{Longitud de pedestal} = 800 \text{ mm} - 250 \times 2 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

5.8.5.4. Cálculo de h_{ef}

$$h_{ef} = \text{Max} [C_{max}/(1.5), S/3] = \text{Max} [166.67 \text{ mm}, 100 \text{ mm}]$$

$$h_{ef} = 166.67 \text{ mm}$$

5.8.5.5. Cálculo de esfuerzos

Las fuerzas en los pernos son obtenidas a partir de las fuerzas en el centro del pedestal y luego trasladadas a cada perno (ver Tabla N° 36).

Tabla N° 36 Cargas en cada perno

Cimentación	Máxima tracción (kN)	Máxima compresión (kN)	Cortante resultante (kN)
AP	100.31	-96.76	4.01

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la tracción del acero (ϕN_{sa})

$$\phi N_{sa} = \phi A_{se} F_u$$

$$\phi N_{sa} = 0.75 \times 401 \text{ mm}^2 \times \frac{517 \text{ Mpa}}{1000} = 155.49 \text{ kN}$$

$$U_{so} \% = \frac{100.31 \text{ kN}}{155.49 \text{ kN}} \times 100 = 64.51\%$$

Resistencia a al cortante del acero (ϕV_{sa})

$$\phi V_{sa} = \phi A_{se} F_u 0.60$$

$$\phi V_{sa} = 0.525 \times 401 \text{ mm}^2 \times \frac{517 \text{ Mpa}}{1000} \times 0.60 = 65.30 \text{ kN}$$

$$U_{so} \% = \frac{4.01 \text{ kN}}{65.30 \text{ kN}} \times 100 = 6.14\%$$

Interacción Tracción – Cortante en acero

$$\left(\frac{N_u}{\Phi N_{sa}}\right)^{5/3} + \left(\frac{V_u}{\Phi V_{sa}}\right)^{5/3} \leq 1$$

$$\left(\frac{100.31}{155.49}\right)^{5/3} + \left(\frac{4.01}{65.30}\right)^{5/3} = 49.12\%$$

Arrancamiento por tracción en concreto ΦN_{cb}

$$\Phi N_{cb} = \Phi \frac{A_{nc}}{A_{nco}} \times \psi_{ec,n} \times \psi_{ed,n} \times \psi_{c,n} \times \psi_{cp,n} \times N_b$$

$$A_{nco} = 9 \text{ hef}^2 = 9 (166.67\text{mm})^2$$

$$A_{nco} = 9 (166.67\text{mm})^2 = 250000 \text{ mm}^2$$

$$A_{nc} = 3 \times 166.67\text{mm} \times (3 \times 166.67\text{mm} + 300\text{mm}) = 400000 \text{ mm}^2$$

$$\psi_{ec,n} = 0.865$$

$$\psi_{ed,n} = 1.0$$

$$\psi_{c,n} = 1.0$$

$$\psi_{cp,n} = 1.0$$

$$N_b = K_c \sqrt{f'c} \text{ hef}^{1.5}$$

$$K_c = 10$$

$$f'c = 21.0 \text{ Mpa}$$

$$\text{hef} = 166.67\text{mm}$$

$$N_b = \frac{10 \sqrt{21\text{Mpa}} (166.67\text{mm})^{1.5}}{1000} = 98.60 \text{ kN}$$

$$\Phi N_{cb} = 0.525 \times \frac{400000\text{mm}^2}{250000\text{mm}^2} \times 0.865 \times 1 \times 1 \times 1 \times 98.60 \text{ kN}$$

$$\Phi N_{cb} = 71.63 \text{ kN}$$

$$Uso \% = \frac{159.155 \text{ kN}}{71.63 \text{ kN}} \times 100 = 222.20 \%$$

El uso es mayor al 100% se requerirá colocar acero complementario alrededor del perno de anclaje.

$$As \text{ complementario} = 100.31 \text{ kN} \times 1000 / (0.75 \times 420 \text{ Mpa})$$

$$As \text{ complementario} = 318.44 \text{ mm}^2$$

El refuerzo de acero vertical de los pedestales servirá como acero suplementario. Y se colocará a una distancia máxima de $0.5 Ldh = 0.5 \times 560 \text{ mm} = 280 \text{ mm}$ (ver Figura N° 80).

Deslizamiento por tracción en concreto ΦN_{pn}

$$\Phi N_{pn} = 8 A_{brg} \times f'c$$

Donde: $A_{brg} = L^2, L = 100 \text{ mm}, f'c = 21 \text{ Mpa}, \Phi = 0.525$

$$\Phi N_{pn} = 0.525 \times 8 (100\text{mm})^2 \times \frac{21 \text{ Mpa}}{1000}$$

$$\Phi N_{pn} = 882 \text{ kN}$$

$$Uso \% = \frac{100.311 \text{ kN}}{882 \text{ kN}} \times 100 = 11.37 \%$$

Desprendimiento lateral ΦN_{sb}

Si

$$C_{a2} \leq 3C_{a1}$$

$$\Phi N_{sb} = 13.3 C_{a1} \sqrt{A_{brg}} \lambda_a \sqrt{f'c} \left(\frac{1 + \frac{C_{a2}}{C_{a1}}}{4} \right)$$

$$C_{a2} > 3C_{a1}$$

$$\Phi N_{sb} = 13.3C_{a1}\sqrt{A_{brg}} \lambda_a \sqrt{f'c}$$

Donde: $C_{a1} = 250mm, C_{a2} = 250mm, \lambda_a = 1, A_{brg} = L^2, L = 100 mm$

$$f'c = 21 Mpa, \Phi = 0.525$$

Como $C_{a2} \leq 3C_{a1}$ entonces:

$$\Phi N_{sb} = \Phi 13.3C_{a1}\sqrt{A_{brg}} \lambda_a \sqrt{f'c} \left(\frac{1 + \frac{C_{a2}}{C_{a1}}}{4} \right)$$

$$\Phi N_{sb} = 0.525 \times 13.3 \times 200mm \sqrt{100 \times 100mm^2} \times 1.0 \times \sqrt{21Mpa} \left(\frac{1 + \frac{250mm}{250mm}}{4} \right)$$

$$\Phi N_{sb} = 320kN$$

$$U_{so} \% = \frac{100.311 kN}{320 kN} \times 100 = 31.35\%$$

Arrancamiento por cortante en concreto ΦV_{cb}

$$V_b = \min \left\{ 0.6 \left(\frac{hef}{da} \right)^{0.2} \sqrt{da} \lambda_a \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5}, 3.7 \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5} \right\}$$

$$0.6 \left(\frac{hef}{da} \right)^{0.2} \sqrt{da} \lambda_a \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \times \left(\frac{166.67 mm}{25.4 mm} \right)^{0.2} \times \sqrt{25.4mm} \times 1.0 \times \sqrt{21Mpa} \times (250mm)^{1.5}$$

$$= 79.80 kN$$

$$3.7 \sqrt{f'c} C_{a1}^{1.5}$$

$$3.7 \times \sqrt{21Mpa} \times (250mm)^{1.5}$$

$$= 67.02 kN$$

Por lo tanto

$$V_b = 67.02 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{cb} = \Phi \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \psi_{ec,v} \times \psi_{ed,v} \times \psi_{c,v} \times V_b$$

$$\psi_{ec,v} = \frac{1}{1 + \frac{2ev}{3C_{a1}}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \times 0.0}{3 \times 200 \text{ mm}}} = 1.0$$

Donde: $C_{a1} = 250 \text{ mm}, C_{a2} = 250 \text{ mm}, C_{a2} < 1.5C_{a1}$

$$\psi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 \frac{250 \text{ mm}}{1.5 \times 250 \text{ mm}} = 0.9$$

$$\psi_{c,v} = 1.0$$

$$A_{vc} = (2 \times 250 \text{ mm} + 300 \text{ mm}) \times 1.5 \times 250 = 300000 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 \times 250 \text{ mm}^2 = 281250 \text{ mm}^2$$

$$\Phi V_{cb} = 0.525 \frac{300000 \text{ mm}^2}{281250 \text{ mm}^2} \times 1.0 \times 0.9 \times 1.0 \times 67.02 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{cb} = 33.80 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{16.04 \text{ kN}}{2} = 8.02 \text{ kN}$$

$$U_{so}\% = \frac{8.02 \text{ kN}}{33.80 \text{ kN}} \times 100 = 23.73 \%$$

Desprendimiento por cortante en concreto ΦV_{cp}

$$\Phi V_{cb} = \Phi K_{cp} \times N_{cpg}$$

$$\Phi N_{cpg} = \Phi N_{cb} = 71.63 \text{ kN}$$

$$K_{cp} = 2.0$$

$$\Phi V_{cb} = 2.0 \times 71.63 \text{ kN} = 143.26 \text{ kN}$$

$$U_{so}\% = \frac{4.01 \text{ kN}}{143.26 \text{ kN}} \times 100 = 2.80\%$$

5.8.6. Diseño de placa base

Para el modelo matemático se considerará a la placa como un elemento tipo Shell de espesor 19.10mm discretizado en varias secciones para un mejor análisis de esfuerzos y tendrá apoyos de tipo fijo alrededor de su base. El equipo que soporta será modelado como tres elementos tipo frame sin peso y de una dimensión muy pequeña. Sobre los frame se le asignarán las cargas de tensiones mecánicas y cortocircuito de la tabla 29, estos elementos frame estarán apoyados en los puntos donde se conecta el equipo a la placa base es decir en sus conexiones de tal manera que pueda transmitirles los esfuerzos de los elementos frame a la placa base.

Tabla N° 37 Dimensiones de placa base de soporte de aislador poste

Dimensiones de la placa	$L1$	510 mm
	$L2$	510 mm
Espesor de la placa	e	19.1 mm
Módulo plástico de la placa por metro de ancho	Z	91203 mm

Fuente: Elaboración propia

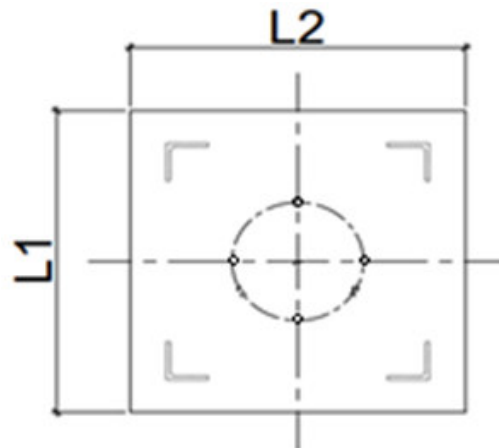


Figura N° 93 Geometría de la placa base

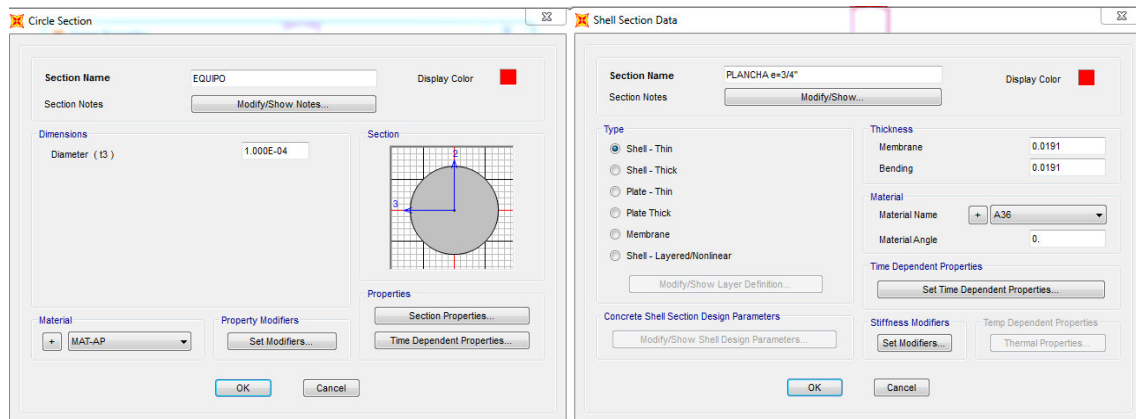


Figura Nº 94 Propiedades de elementos Shell-frame de placa base en SAP 2000

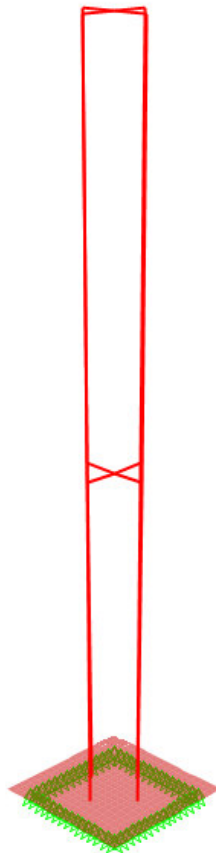


Figura Nº 95 Modelo estructural de la placa base

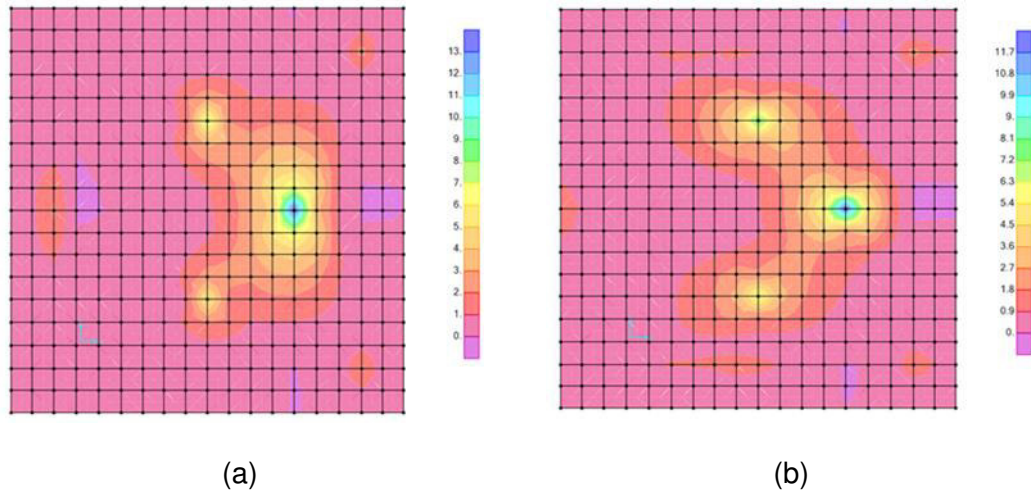


Figura N° 96 Diagrama de momentos resultantes envolventes a) M11, b) M22

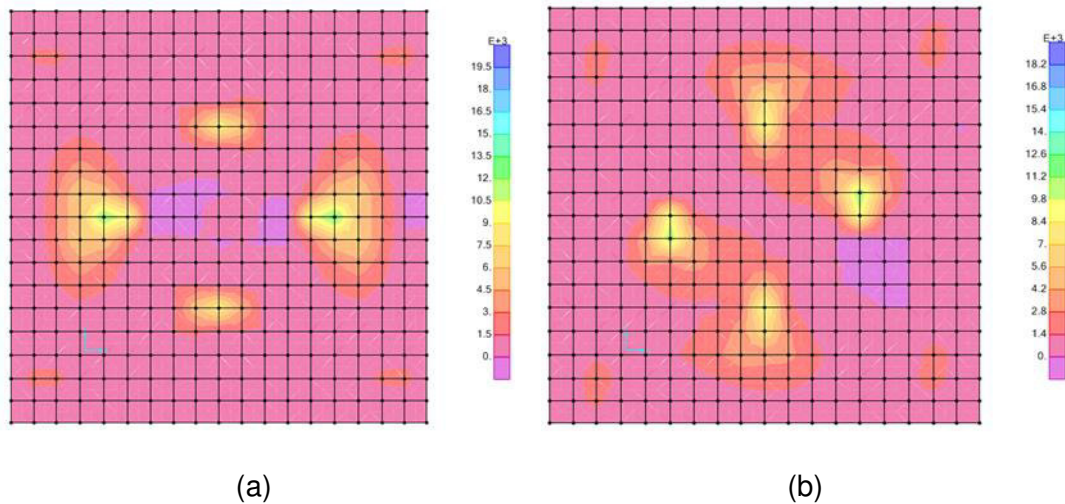


Figura N° 97 Diagrama de esfuerzos cortantes combinación máxima a) S13, b) S23

Tabla N° 38 Momentos y esfuerzos máximos en placa base

Equipo	Momento máximo $M_{11u}^{(1)}$ [kN-m/m]	Momento máximo $M_{22u}^{(1)}$ [kN-m/m]	$\tau_{v13}^{(2)}$ [kN/m ²]	$\tau_{v23}^{(3)}$ [kN/m ²]
AISLADOR POSTE 220 kV	10.25	8.91	10049.00	10370.00

Fuente: Elaboración propia

- (1) Momentos flectores por unidad de longitud (FL/L) generados por tensiones dirigidas hacia el eje local 1 y 2 respectivamente
- (2) Esfuerzo cortante (F/L^2) en la cara del eje local 1 en dirección 3.
- (3) Esfuerzo cortante (F/L^2) en la cara del eje local 2 en dirección 3.

Tabla N° 39 Revisión de placa

Esfuerzo de fluencia para el acero A36	f_y	250 MPa
Esfuerzo máximo a cortante	τ_{uv}	10.37 MPa
Esfuerzo cortante resistido por la placa σ_v = $\tau 0.6f_y$	τ	150 MPa
τ_{uv}/τ		6.91%
Momento flector máximo (FL/L)	M_u	10.3 kN-m/m
Momento plástico resistido por la placa (FL/L) $M = 0,9 f_y \times Z/L1$	M	20.5 kN-m/m
M_u/M		49.95% < 100

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Actualmente en el Perú se carece de una norma nacional que abarque el tema de diseño de subestaciones desde el enfoque de obras civiles y estructuras metálicas por lo que se tiene que recurrir normas internacionales, y más aún está pendiente generar un estudio detallado de investigación para elaborar una norma sísmica que complemente o modifique la E030 de tal manera que permita determinar los espectros de aceleración de estructuras que soportan equipos como interruptores, pararrayos, transformadores, seccionadores etc., ya que estudios de impacto de terremotos en subestaciones indican que los equipos han resultado dañados a pesar de que se le han realizado pruebas de calificación sísmica antes de ser aprobados para su uso.

Los cálculos de la capacidad a compresión y tensión del programa PLS TOWER fueron verificados con un cálculo hecho de forma manual siguiendo los criterios mencionados en capítulo IV, el resultado arroja los mismos valores dando por validado los cálculos del programa. En el caso del SAP 2000 fue necesario extraer las fuerzas internas de los elementos estructurales para luego con ayuda de una hoja de cálculo programada (según la norma ASCE 10) se hizo las verificaciones a compresión y tensión de los elementos más críticos.

El pórtico y el soporte de equipo analizado corresponden a los del patio de 220 kV y de acuerdo al análisis no requiere reforzamiento bajo las nuevas cargas. Sin embargo, durante el desarrollo del proyecto algunas estructuras existentes si presentaron fallas por lo que se tuvo que reforzar incrementando las dimensiones de algunos perfiles. En cuanto a las combinaciones, solicitaciones como la esbeltez y verificación por climbing deberán ser establecidos a criterio del cliente y debidamente sustentados.

Dentro de las ventajas que tiene el PLS TOWER sobre otros programas en comparación con el SAP 2000 es que entrega un reporte resumido del análisis de cada grupo para los elementos más desfavorables de acuerdo a la norma ASCE 10-15 y permite observar el tipo de falla y que elementos están fallando. Esto es importante porque permite escoger el tipo de solución a escoger para corregir el elemento que falla según la sollicitación más desfavorable.

El reporte de resultados del análisis indica que las combinaciones que producen los porcentajes de uso más elevados son los que contienen sismo tanto para pórticos como para soportes de equipos, diferentes a las torres de líneas de transmisión cuyas sollicitaciones más desfavorables son ocasionados por el viento, esto es debido a que las estructuras de subestaciones soportan pesos más elevados debido a los equipos que se instalan. Por lo tanto, es necesario controlar con mayor rigurosidad los desplazamientos tanto para cargas de viento y sismo.

La mayoría de perfiles están por debajo del 50% de uso, esto es debido a las exigencias del proyecto de tratar de conservar las mismas dimensiones de los perfiles de los pórticos y soportes existentes; sin embargo, se recomienda realizar una optimización de los tamaños hasta tratar de llegar con porcentajes no mayores al 95% sobre todo en las montantes ya que son los elementos que aportan mayor peso y puede a llegar a optimizar mucho el costo de los metrajes de las estructuras.

La ASCE 113 brinda recomendaciones para el diseño de estructuras tipo torres de subestaciones conformadas estrictamente por perfiles en celosía mas no para perfiles de alma llena por lo que el programa PLS TOWER no Brinda un diseño para estos elementos , en caso de pórticos no se usan perfiles de alma llena ya que los equipos se encuentran suspendidos y por lo general los perfiles en celosía son suficientes para soportar sus cargas , caso contrario ocurre con los soportes de equipos que soportan sobre ellos directamente el

equipo y vienen con un sistema de anclaje con el soporte que hace que se utilicen perfiles de alma llena dado la carga considerable en los anclaje con el soporte, por lo que se tiene que diseñar con ayuda de otro software diferente al PLS TOWER, en el caso de este proyecto se usó el SAP2000 pero también existen otro programas que hacen un análisis más detallado para estas estructuras en subestaciones.

RECOMENDACIONES

Es necesario definir los alcances de la verificación estructural (para el caso del reforzamiento) con el cliente de manera que se pueda determinar que análisis se deben realizar a la estructura dado a que ya es existente y es probablemente no necesite mucho requerimiento como si lo necesitaría una estructura nueva (verificación por climbing, esbeltez, etc). También es necesario definir la normatividad, combinación y cargas a considerar.

Para empezar a definir los perfiles se puede optar por dos formas, la primera que es colocarle perfiles mínimos dada por la norma cumpliendo con las distancias mínimas de borde según el tipo de perno y la demanda del mercado para que luego el programa PLS TOWER escoja lo mínimos variando solo el lado, el lado + tipo o el mismo ángulo. La otra forma es asignarles perfiles que uno ya conozca por experiencia o sacado de estructuras existentes del mismo proyecto como input de entrada al análisis que luego se deberá de actualizar a medida que el diseño lo requiera. Sin embargo, en ambos casos es necesaria la intervención del diseñador para escoger los perfiles finales según su criterio cumpliendo con las verificaciones de la normatividad y la optimización del peso para evitar sobre costos.

Las fuerzas de viento obtenidas del CNE consideran parámetros generales como la altura sobre el nivel del mar, pero no toman en cuenta otros parámetros como el terreno, la altura de la estructura, accidentes topográficos, turbulencia del viento, características de los miembros de la estructuras como si lo tiene el ASCE 74, por lo que es necesario implementar una nueva norma o agregar a la E0.20 el cálculo de fuerza de viento considerando los parámetros mencionados anteriormente adaptándolos a las condiciones propias de la región ya que en estructuras tipo torres de líneas de transmisión

las fuerzas de viento son las que producen los estados de cargas más desfavorables.

Las fuerzas de sismo en los nudos condensados y la de carga muerta tensiones mecánicas, viento y cortocircuito en los nudos de templas y barras deben ser asignadas en forma de vectores ya combinadas, el PLS TOWER no combina las cargas asignadas a cada nudo a diferencia del SAP 2000 y otros programas por lo que se recomienda usar hojas de cálculo que hagan la combinación y asigne a cada nudo su respectiva carga y que luego el PLS TOWER pueda importarlo como un archivo LCA que es la extensión que el programa PLS TOWER reconoce para importar vectores de cargas. Para el caso de este proyecto la hoja de cálculo fue un archivo Excel programada para hacer las combinaciones y asignarlas a sus receptivos nudos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Concrete Institute, "ACI 318S-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural", Michigan, USA, 2014.
2. American Institute of Steel Construction, "ANSI/AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings", Chicago-Illinois, USA, 2010.
3. American Society of Civil Engineers, "ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 113 Substation Structure Design Guide", Virginia, USA, 2008.
4. American Society of Civil Engineers, "ASCE 7-10 - Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures", Reston, Virginia, USA, 2010.
5. American Society of Civil Engineers, "ASCE 10-15 Design of Latticed Steel Transmission Structures", Reston, Virginia, USA, 2015.
6. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Reglamento nacional de Edificaciones", Lima, Perú, 2006.
7. COES SINAC (PR-20), "Procedimiento técnico del comité de operación económica del SEIN", Lima, Perú, 2013.
8. Ministerio de energía y minas, "Código Nacional de electricidad (Suministro 2011)", Lima, Perú, 2011.
9. IEEE-693, "Recommended Practice for Seismic Design of Substations", New York, USA, 2005.
10. Mejía Villegas, "Subestaciones de Alta y Extra Alta tensión", Colombia, 1991.
11. Luis Ángel Castro Tafur, "Propuesta de una Guía para el diseño Estructural de torres de Transmisión Eléctrica usando la normativa ASCE 10-97", Informe de Suficiencia para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2015.

ANEXOS

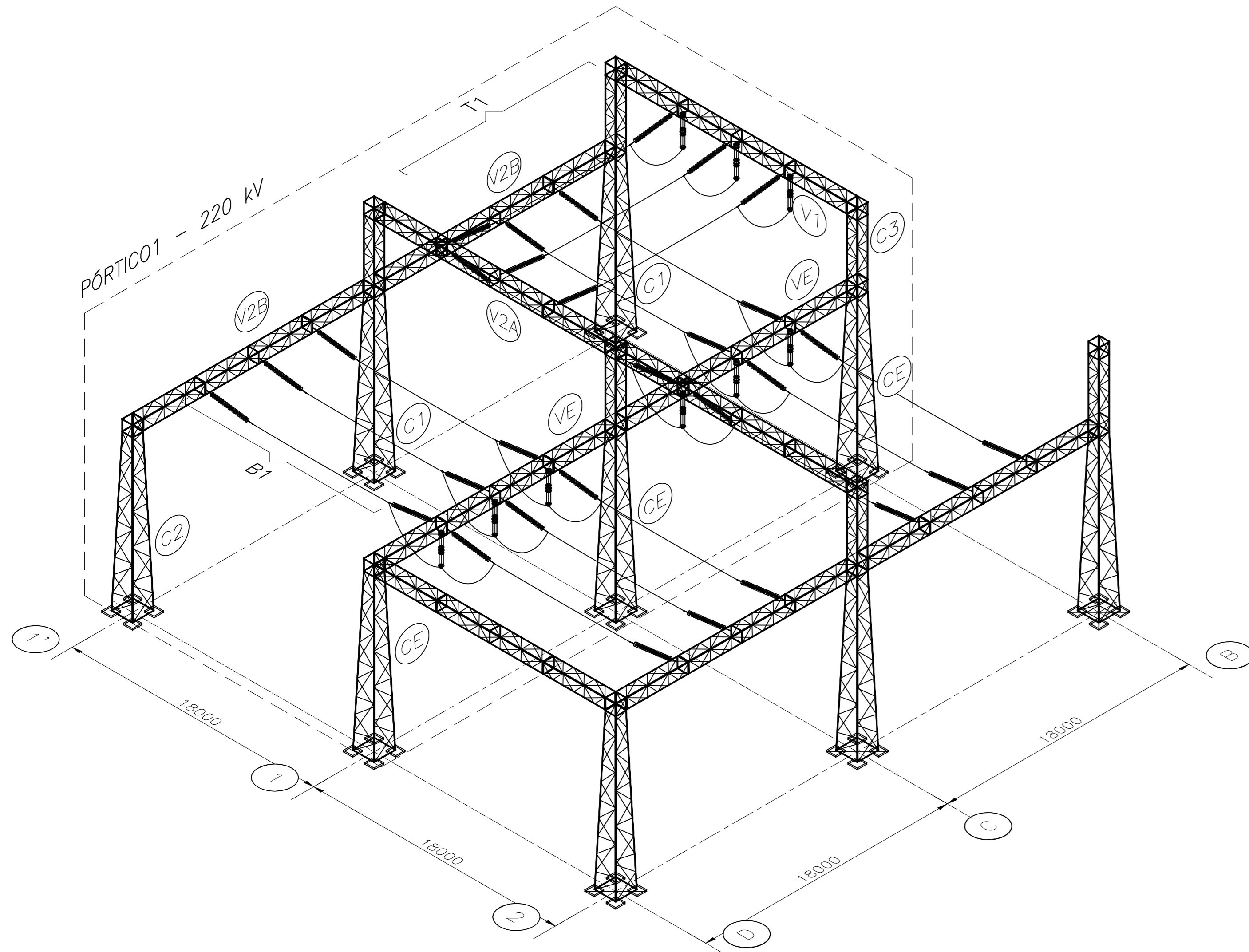
ANEXO A

Plano Isométrico de Pórtico 1-220 kV

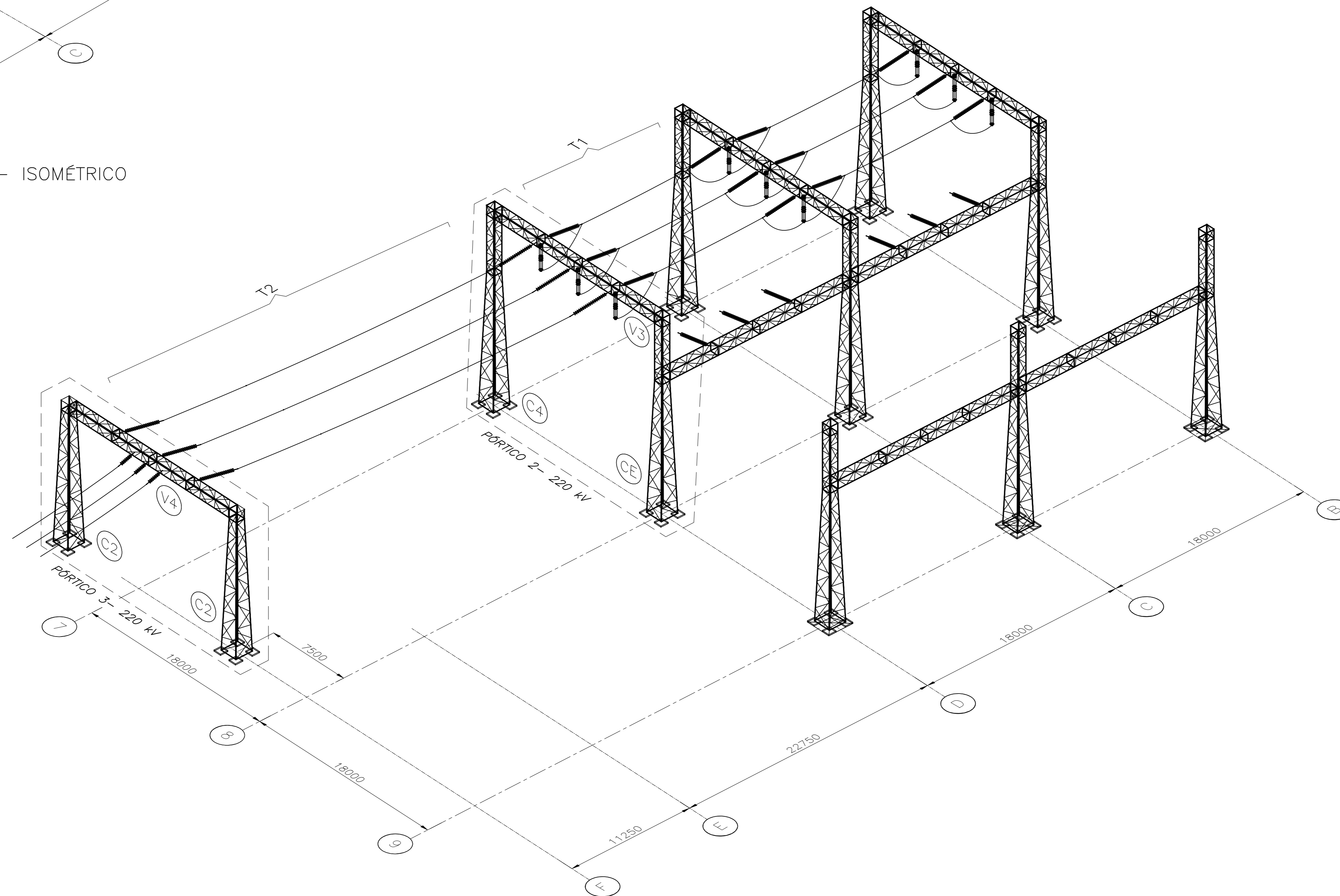
TEMP. (C°)	TENSIÓN Li (N) POR CONDUCTOR	TENSIÓN Li (N) POR FASE	AISLADOR A Ya (m)	AISLADOR B Ya (m)	Yv (m)	Xv (m)
5	5939,21	5939,21	0,41	0,41	0,45	8,59
10	5887,30	5887,30	0,41	0,41	0,45	8,59
15	5831,65	5831,65	0,41	0,41	0,46	8,59
20	5777,41	5777,41	0,42	0,42	0,46	8,59
25	5724,57	5724,57	0,42	0,42	0,46	8,59
30	5672,66	5672,66	0,42	0,42	0,47	8,59
35	5622,63	5622,63	0,43	0,43	0,47	8,59
40	5573,53	5573,53	0,43	0,43	0,48	8,59
45	5525,60	5525,60	0,44	0,44	0,48	8,59
50	5479,07	5479,07	0,44	0,44	0,48	8,59
55	5433,24	5433,24	0,44	0,44	0,49	8,59
60	5388,82	5388,82	0,45	0,45	0,49	8,59
65	5345,33	5345,33	0,45	0,45	0,50	8,59
70	5302,78	5302,78	0,45	0,45	0,50	8,59
75	5261,16	5261,16	0,46	0,46	0,50	8,59

TEMP. (C°)	TENSIÓN Li (N) POR CONDUCTOR	TENSIÓN Li (N) POR FASE	AISLADOR A Ya (m)	AISLADOR B Ya (m)	Yv (m)	Xv (m)
5	6356,32	6356,32	4,95	1,16	4,95	4,19
10	6260,46	6260,46	4,96	1,17	4,96	4,19
15	6168,57	6168,57	4,96	1,18	4,96	4,19
20	6080,43	6080,43	4,97	1,19	4,97	4,19
25	5995,79	5995,79	4,98	1,20	4,98	4,19
30	5912,08	5912,08	4,99	1,20	4,99	4,19
35	5833,99	5833,99	5,00	1,21	5,00	4,19
40	5758,94	5758,94	5,01	1,22	5,01	4,19
45	5686,46	5686,46	5,02	1,22	5,01	4,19
50	5616,55	5616,55	5,02	1,23	5,02	4,19
55	5549,21	5549,21	5,03	1,24	5,03	4,19
60	5483,98	5483,98	5,04	1,25	5,04	4,19
65	5420,85	5420,85	5,05	1,25	5,05	4,19
70	5359,59	5359,59	5,05	1,26	5,05	4,19
75	5300,44	5300,44	5,06	1,27	5,06	4,19

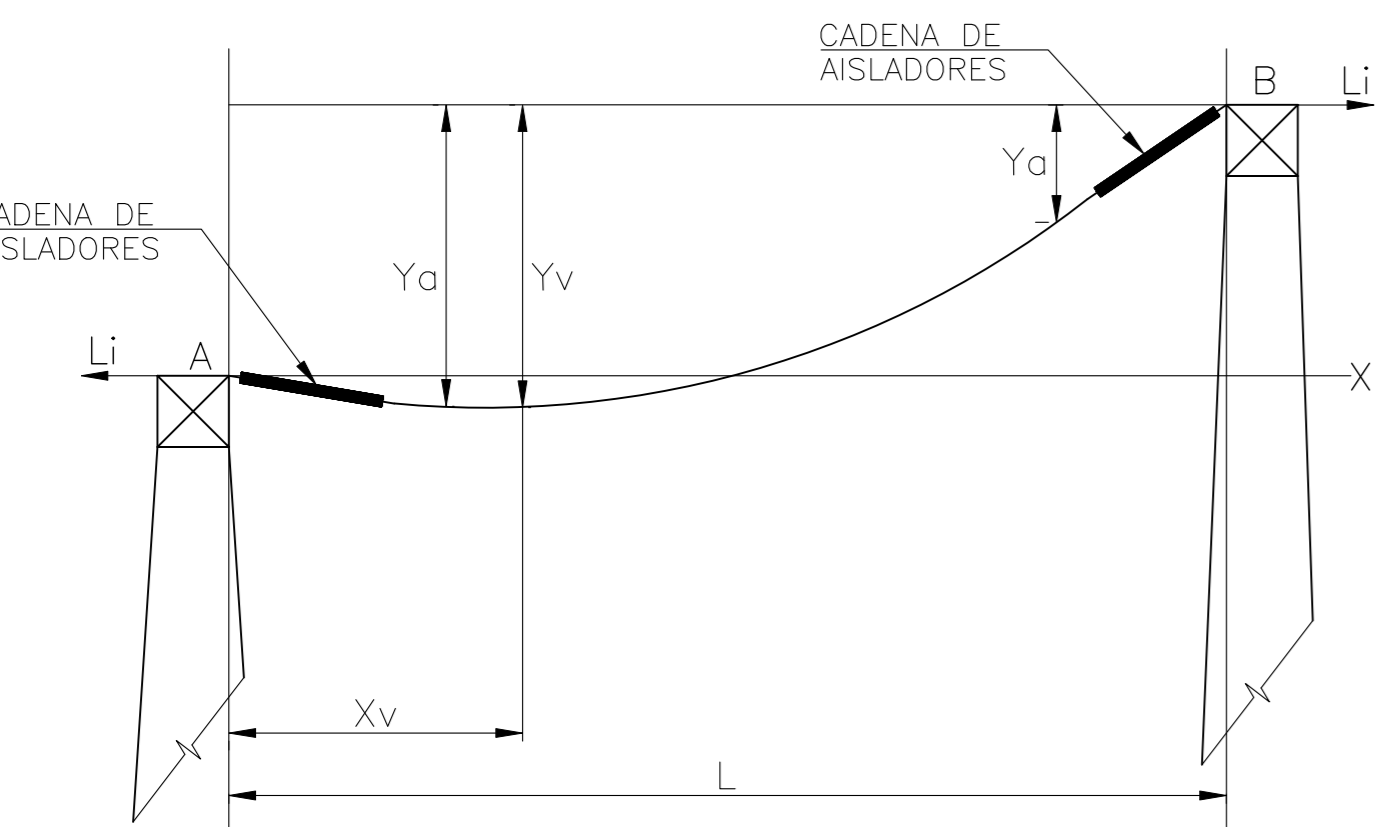
TEMP. (C°)	TENSIÓN Li (N) POR CONDUCTOR	TENSIÓN Li (N) POR FASE	AISLADOR A Ya (m)	AISLADOR B Ya (m)	Yv (m)	Xv (m)
5	6119,71	6119,71	0,39	0,39	0,43	8,59
10	6057,04	6057,04	0,40	0,40	0,44	8,59
15	5996,72	5996,72	0,40	0,40	0,44	8,59
20	5937,80	5937,80	0,41	0,41	0,45	8,59
25	5885,90	5885,90	0,41	0,41	0,45	8,59
30	5830,25	5830,25	0,41	0,41	0,46	8,59
35	5776,01	5776,01	0,42	0,42	0,46	8,59
40	5723,17	5723,17	0,42	0,42	0,46	8,59
45	5671,26	5671,26	0,42	0,42	0,47	8,59
50	5621,23	5621,23	0,43	0,43	0,47	8,59
55	5572,13	5572,13	0,43	0,43	0,48	8,59
60	5524,43	5524,43	0,44	0,44	0,48	8,59
65	5477,67	5477,67	0,44	0,44	0,48	8,59
70	5432,07	5432,07	0,44	0,44	0,49	8,59
75	5387,42	5387,42	0,45	0,45	0,49	8,59



LOCALIZACIÓN DE PÓRTICOS E IDENTIFICACIÓN DE TEMPLAS – ISOMÉTRICO
SUBESTACIÓN 220 kV
ESCALA 1:250



LOCALIZACIÓN DE PÓRTICOS E IDENTIFICACIÓN DE TEMPLAS – ISOMÉTRICO
SUBESTACIÓN PATIO 220 kV
ESCALA 1:250



CONVENCIONES:
A: PUNTO DE FIJACIÓN INFERIOR
B: PUNTO DE FIJACIÓN SUPERIOR
L: LONGITUD DE VANO

ABREVIATURAS:

- TEMP. TEMPERATURA CONDUCTOR.
- TENSIÓN Li FUERZA LONGITUDINAL HORIZONTAL.
- AISLADOR A Ya FLECHA DE CADENA DE AISLADORES A, MEDIDA DESDE EL NIVEL DE CONEXIÓN DE LA VIGA.
- AISLADOR B Ya FLECHA DE CADENA DE AISLADORES B, MEDIDA DESDE EL NIVEL DE CONEXIÓN DE LA VIGA.
- Yv FLECHA MÁXIMA TOTAL MEDIDA DESDE EL NIVEL DE CONEXIÓN DE LA VIGA.
- Xv LOCALIZACIÓN DE LA FLECHA MÁXIMA CON RESPECTO A.

NOTAS GENERALES DE DISEÑO:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. VER CONVENCIONES, ABREVIATURAS, DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
3. VER REPORTE DE TABLAS DE TENDIDO EN DOCUMENTO DE REFERENCIA 2 EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.

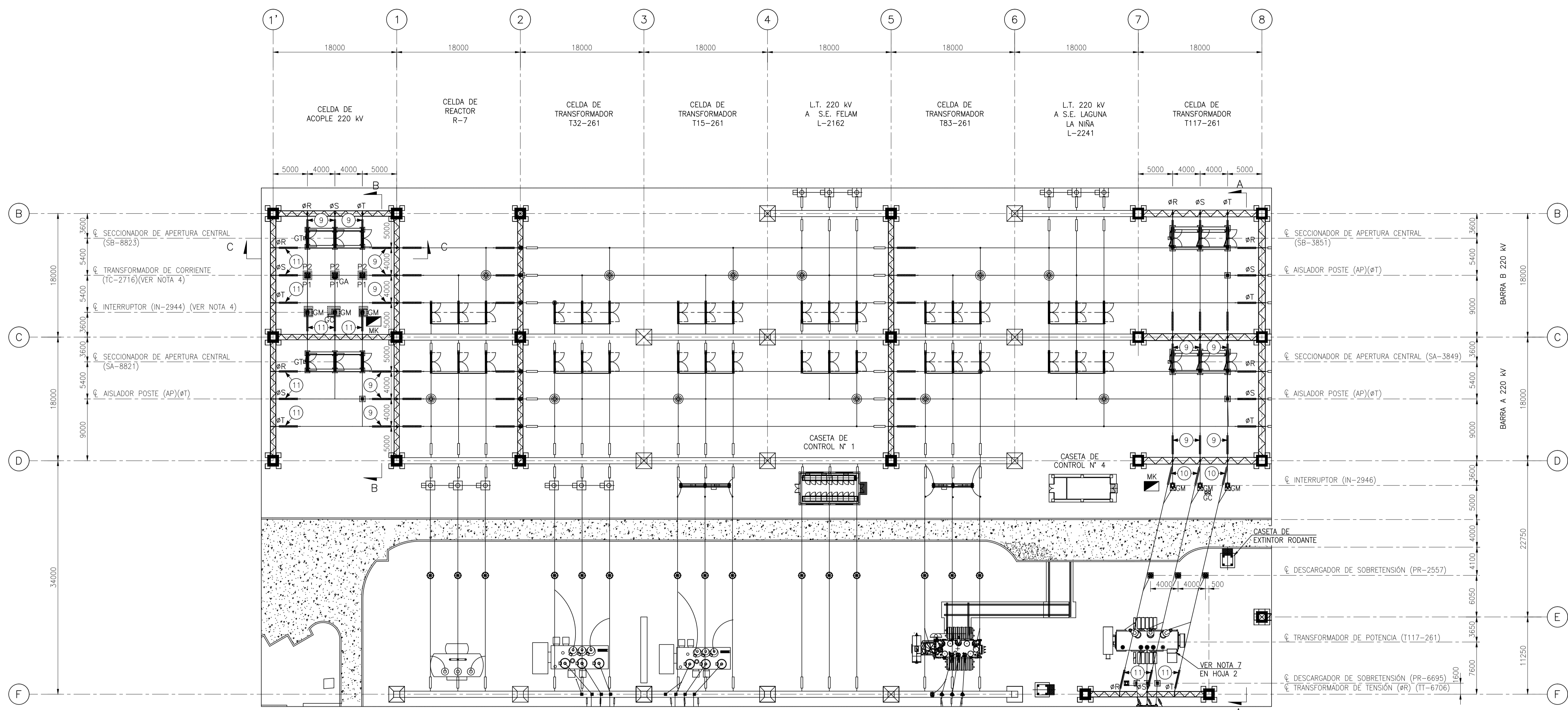
isa REP		SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV	
ELABORADO	RPMAR/HMV	27.09.2018	-
REVISADO	ARIOS/HMV	27.09.2018	-
APROBADO	JRENGO/HMV	27.09.2018	-
		NOMBRE	FECHA
		FIRMA	
ESCALA INDICADA	CONTENIDO		
FORMATO A1	PÓRTICOS 220 kV – PLANO ISOMÉTRICO DE CARGAS Y LOCALIZACIÓN DE TEMPLAS		
UNIDADES mm	CÓDIGO GE A19-PIU-220-CO-HMV-0552-ID	CÓDIGO CLIENTE PE-AM19-GP007-S-01-K1710	REVISIÓN: Z
		HOJA: 02	DE: 02

© 2016 GE Grid Solutions (US) LLC. All Rights Reserved. This document is the property of GE Grid Solutions (US) LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE Grid Solutions (US) LLC.

ANEXO B

Plano Disposición Física Pórtico 1-220 kV

© 2018 GE Grid Solutions (US), LLC. Proprietary and confidential information. All Rights Reserved.
 This document is the property of GE Grid Solutions (US), LLC. It is to be used for the project and/or copied in
 whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE Grid Solutions (US),
 LLC.



PLANTA DETALLADA 220 KV
ESCALA 1:300

CONVENCIONES:

- ALCANCE DEL PROYECTO
- EXISTENTE
- EQUIPOS Y ESTRUCTURAS REUBICADAS
- ZONA DE CIRCULACIÓN VEHICULAR
- MK GABINETE DE AGRUPAMIENTO
- GT: GABINETE MANDO TRIPOLAR
- GM: GABINETE MANDO MONOPOLAR
- GA: GABINETE DE AGRUPAMIENTO DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- GC GABINETE CENTRALIZADOR

NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN MILIMETROS.
2. VER PLANTA GENERAL EN LA HOJA 2 DE ESTE PLANO.
3. VER CORTES EN LA HOJA 4 DE ESTE PLANO.
4. EL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC-2538) CON SU GABINETE DE AGRUPAMIENTO Y EL INTERRUPTOR (IN-2636) SERÁN REUBICADOS DESDE LA CELDA DE ACOUPLE EXISTENTE.
5. LOS NÚMEROS ENCERRADOS CON CÍRCULOS CORRESPONDEN AL ÍTEM DEL LISTADO DE MATERIALES EN LA HOJA 8 DE ESTE PLANO.
6. LA UBICACIÓN DE GABINETES DE CONTROL DE INTERRUPTORES Y SECCIONADORES ES LA INDICADA EN ESTE PLANO.



SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 KV

ELABORADO	A. VEGARA/HMV	13.08.2018	-
REVISADO	C. VEGA/HMV	13.08.2018	-
APROBADO	J. BERNOS/HMV	13.08.2018	-
	NOMBRE	FECHA	FIRMA

ESCALA INDICADA: A1

UNIDADES: mm

CONTENIDO: DISPOSICIÓN FÍSICA - PLANTA, CORTES, DETALLES Y LISTADO DE CANTIDADES


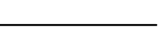



CÓDIGO GE: A19-PIU-000-CO-HMV-0401-ID

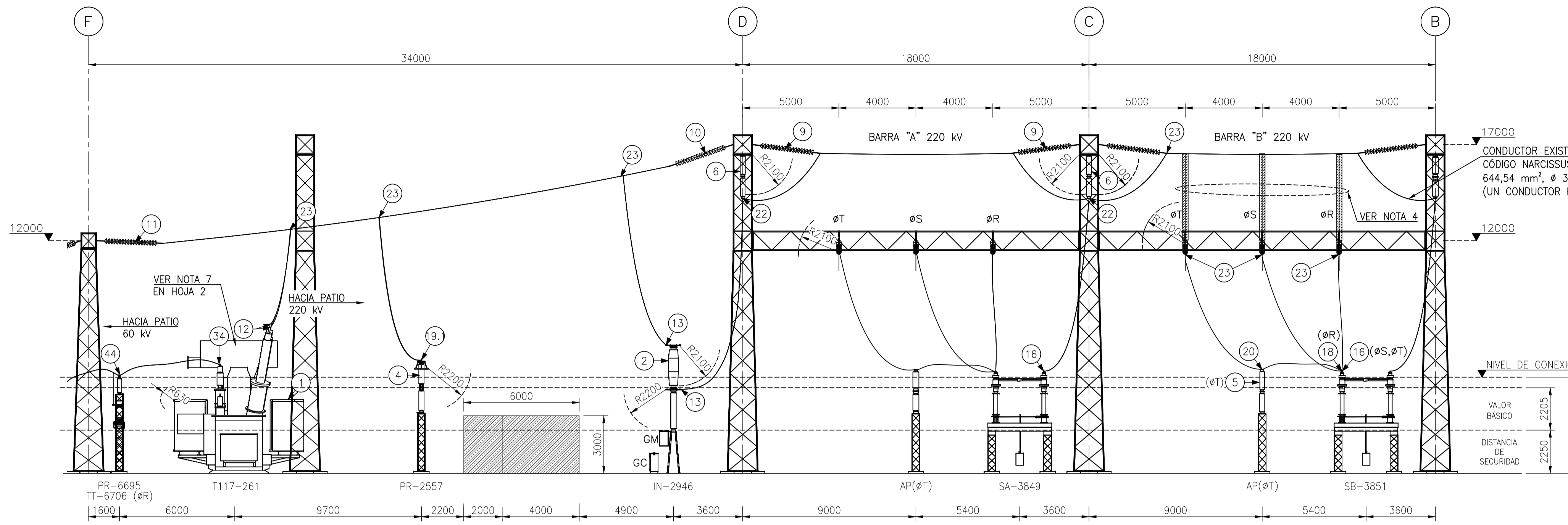
CÓDIGO CLIENTE: PE-AM19-GP007-S-01-K1060

REVISIÓN: A2 HOJA: 03

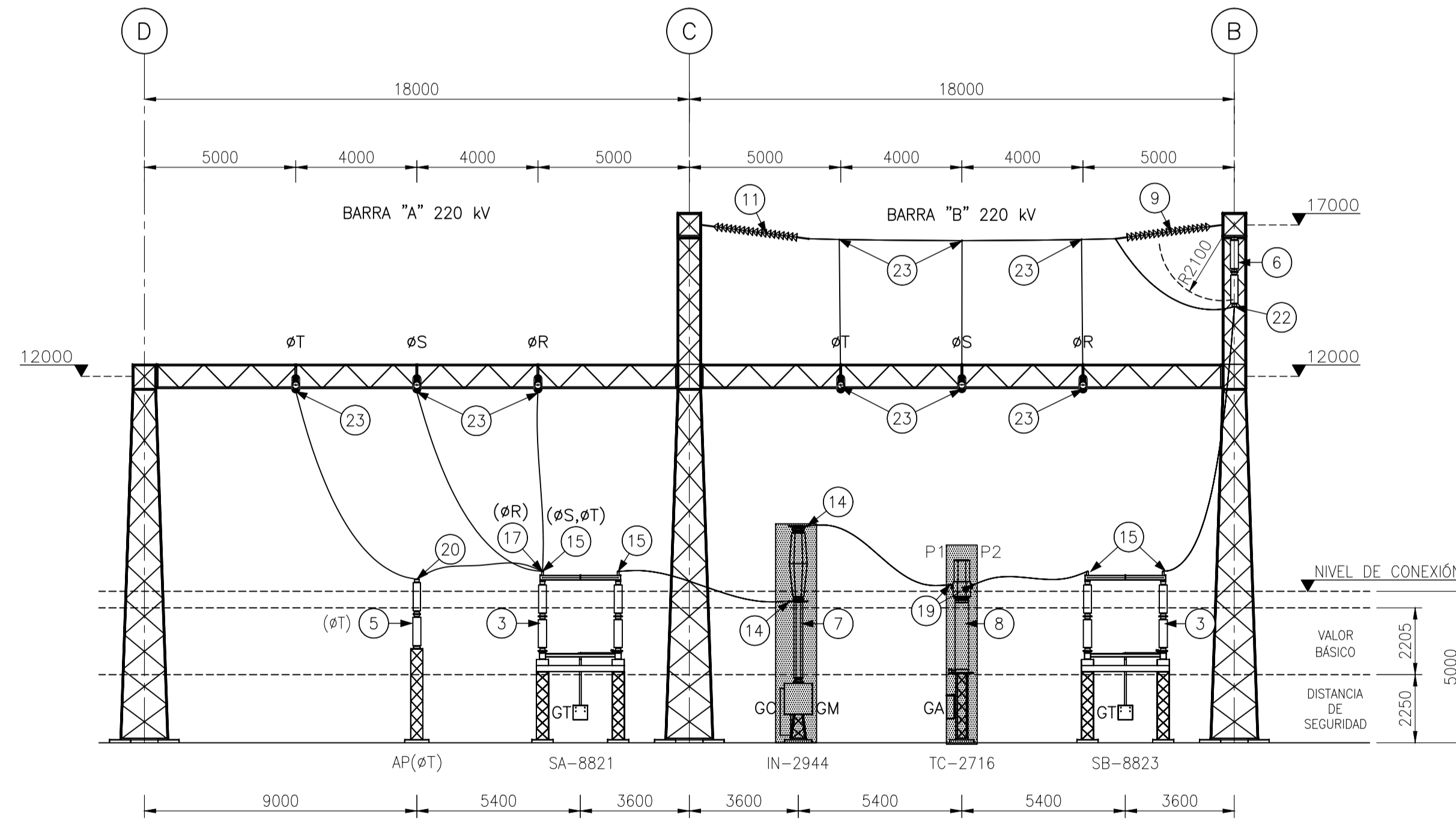
DE: 08

CONVENCIONES:

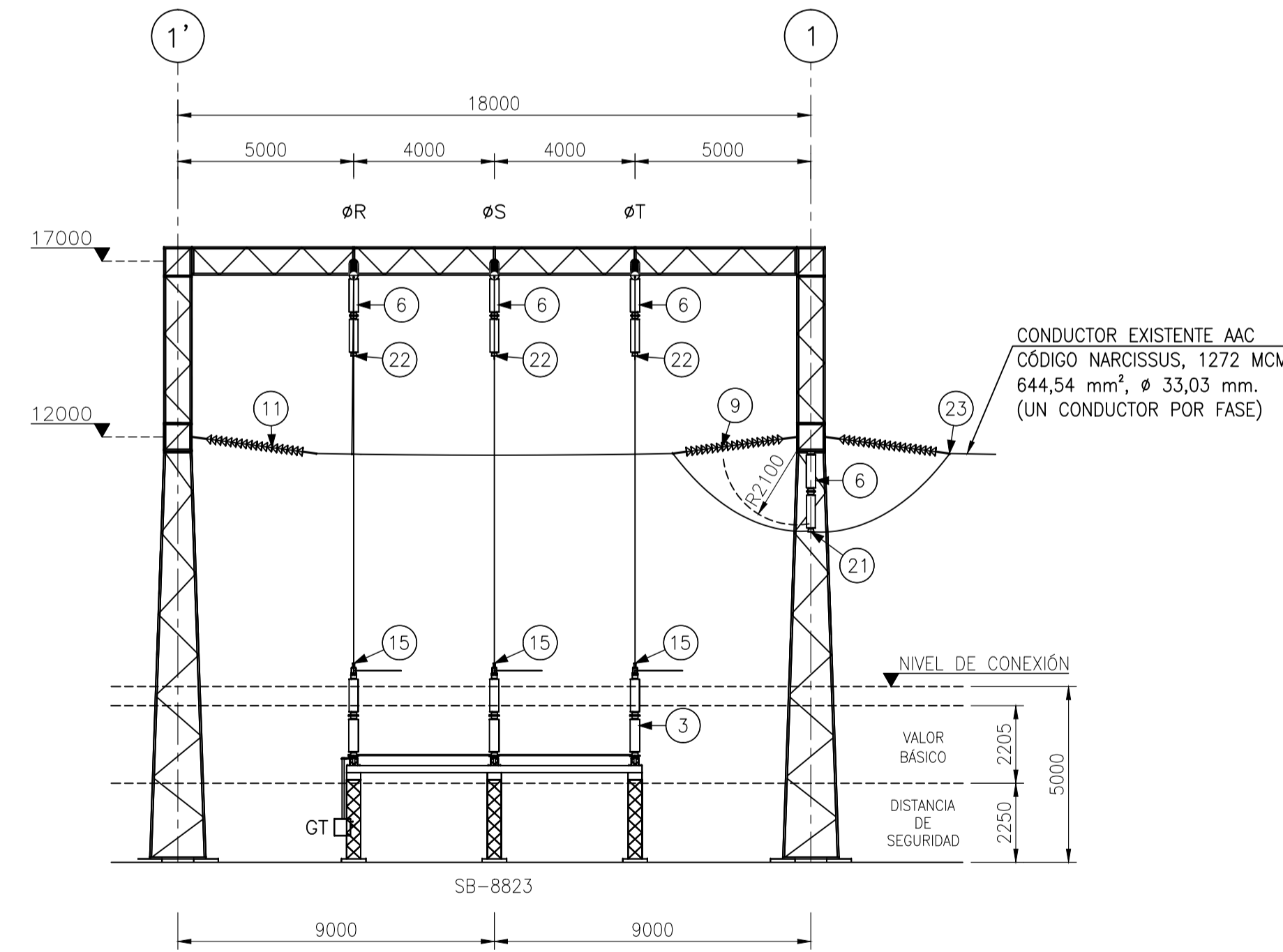
-  ALCANCE DEL PROYECTO
-  EXISTENTE
-  EQUIPOS Y ESTRUCTURAS REUBICADAS
-  ZONA DE CIRCULACIÓN VEHICULAR
-  CONDUCTORES Y CONECTORES A DESMONTAR
- GT: GABINETE MANDO TRIPOLAR
- GM: GABINETE MANDO MONOPOLAR
- GA: GABINETE DE AGRUPAMIENTO DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- GC: GABINETE CENTRALIZADOR



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:150



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:150



SECCIÓN C-C
ESCALA 1:150

NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN MILIMETROS.
2. VER NOTAS GENERALES EN LA HOJA 2 DE ESTE PLANO.
3. LOS NÚMEROS ENCERRADOS CON CÍRCULOS CORRESPONDEN AL ÍTEM DEL LISTADO DE MATERIALES EN LA HOJA 8 DE ESTE PLANO.
4. ES PARTE DEL ALCANCE DEL PRESENTE PROYECTO DESMONTAR CONDUCTORES QUE UNEN LA TEMPLA SUPERIOR Y LA BARRA "B".



SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	A. VIGARRA/HMV	13.08.2018	-
REVISADO	C. VEGA/HMV	13.08.2018	-
APROBADO	J. BARRONJO/HMV	13.08.2018	-
NOMBRE	FECHA	FIRMA	



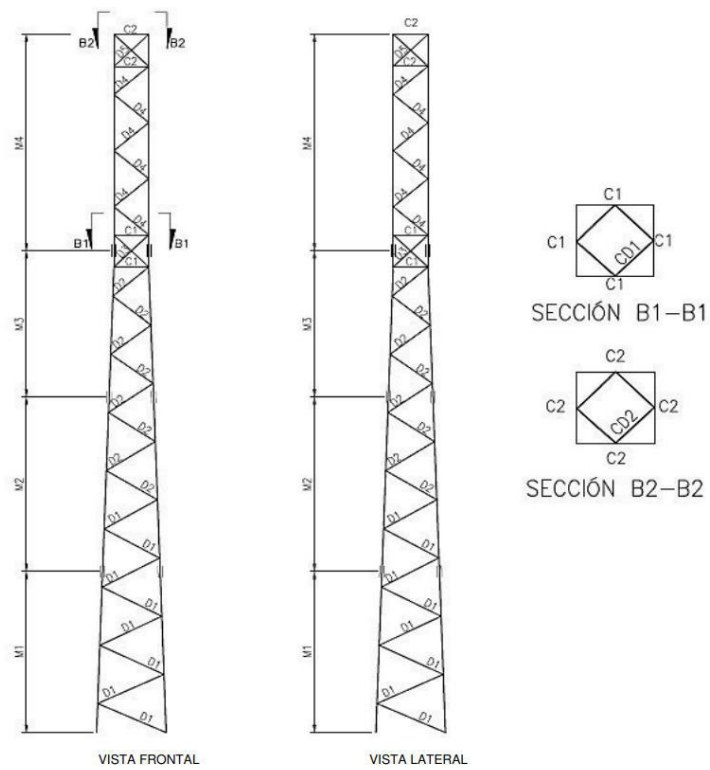
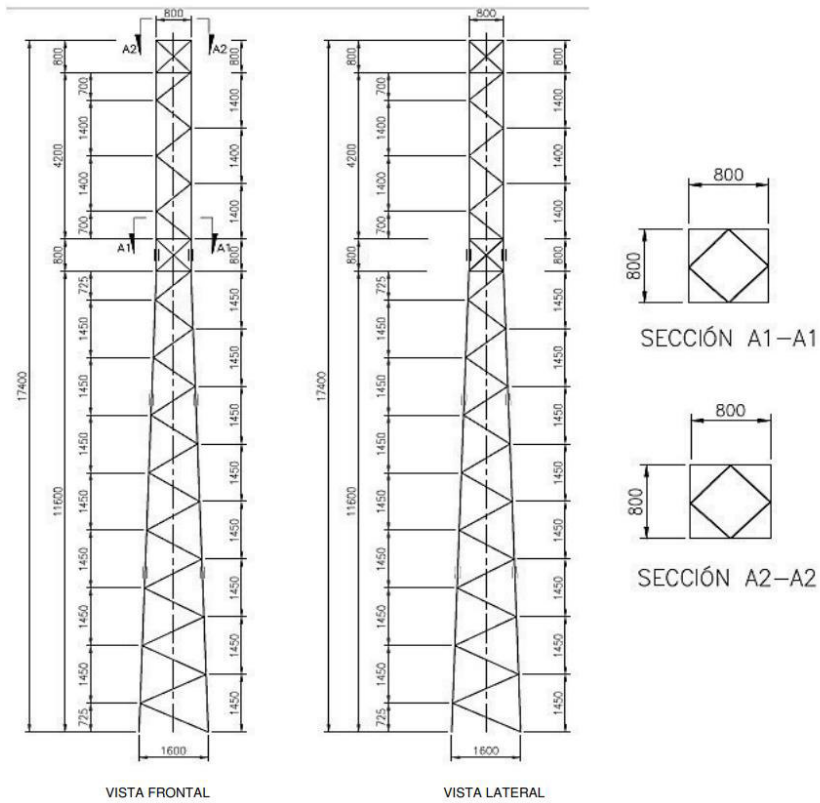
ESCALA INDICADA	CONTENIDO	CÓDIGO GE
FORMATO	DISPOSICIÓN FÍSICA - PLANTA, CORTES, DETALLES Y LISTADO DE CANTIDADES	A19-PIU-000-CO-HMV-0401-ID
UNIDADES	mm	CÓDIGO CLIENTE
		PE-AM19-GP007-S-01-K1060
		REVISIÓN: A2
		HOJA: 04
		DE: 08

© 2018 GE EC-CO (Subsidiary of GE Global Energy Services LLC) and/or its affiliates. All Rights Reserved. This document is the property of GE EC-CO (Subsidiary of GE Global Energy Services LLC) and/or its affiliates. It is to be used in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE EC-CO (Subsidiary of GE Global Energy Services LLC).

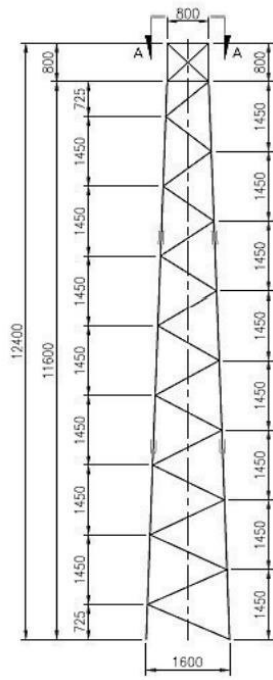
Creado con AutoCAD
 Modificado con AutoCAD
 Revisado con AutoCAD
 GD&ST/TEMA/DWG - R0

ANEXO C
Plano de siluetas

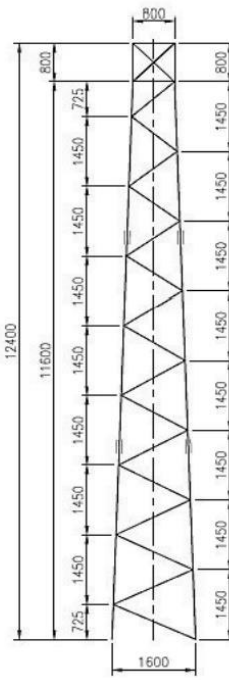
COLUMNA C1-220 kV



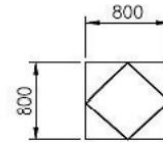
COLUMNA C2 – 220 kV



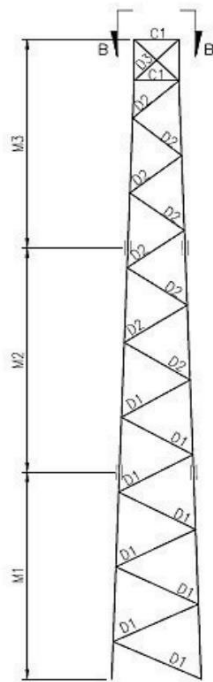
VISTA FRONTAL



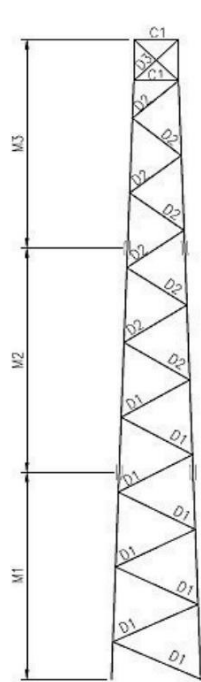
VISTA LATERAL



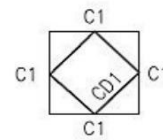
SECCIÓN A-A



VISTA FRONTAL

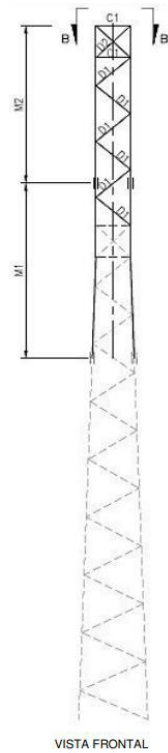


VISTA LATERAL

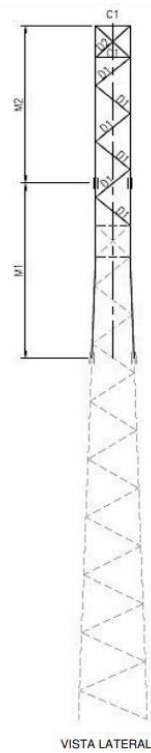


SECCIÓN B-B

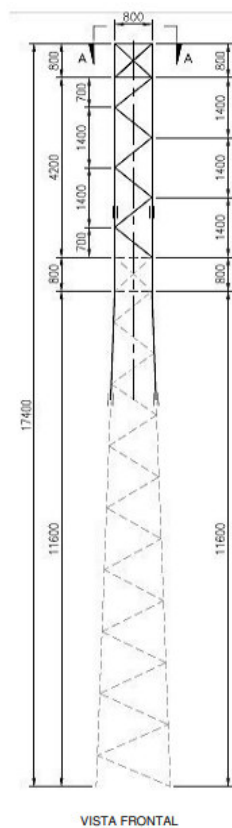
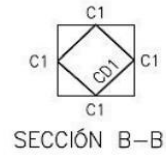
COLUMNA C3 – 220 kV



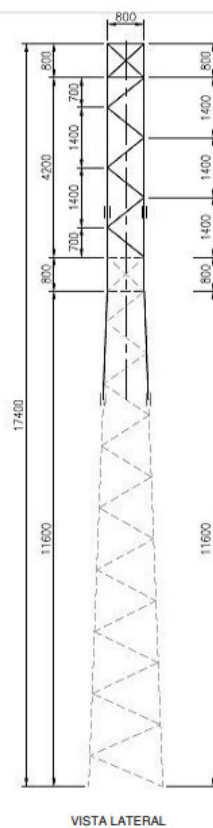
VISTA FRONTAL



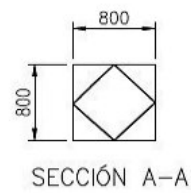
VISTA LATERAL



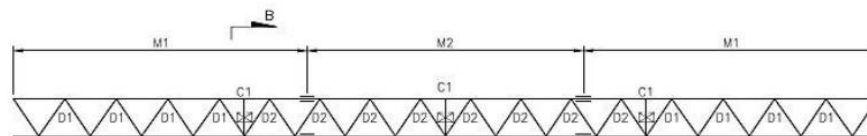
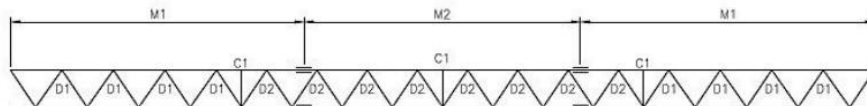
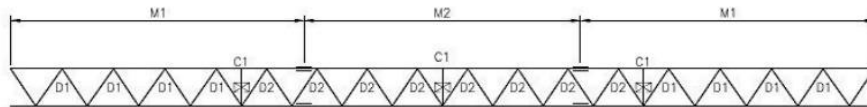
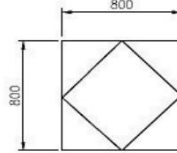
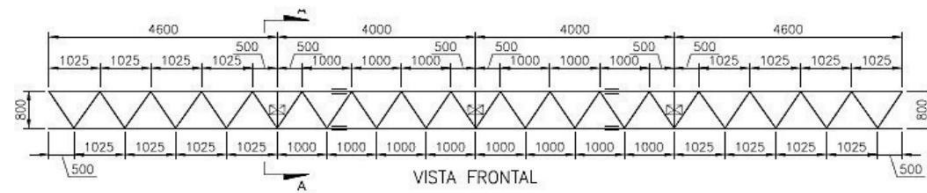
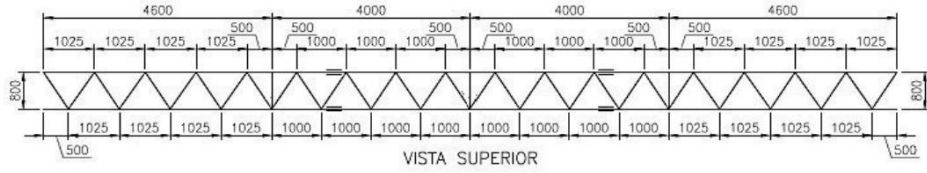
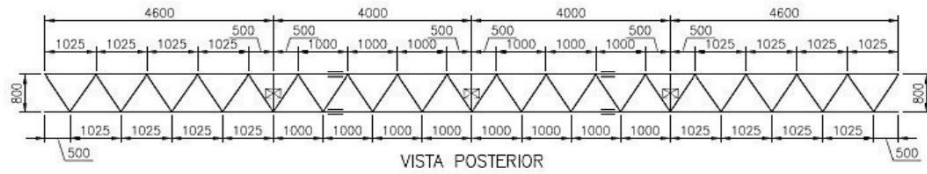
VISTA FRONTAL



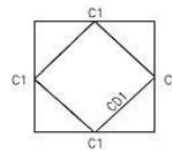
VISTA LATERAL



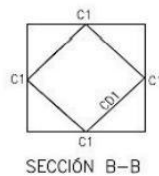
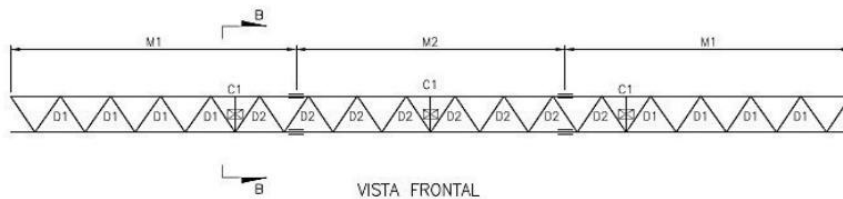
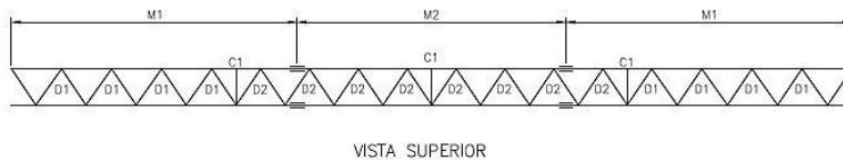
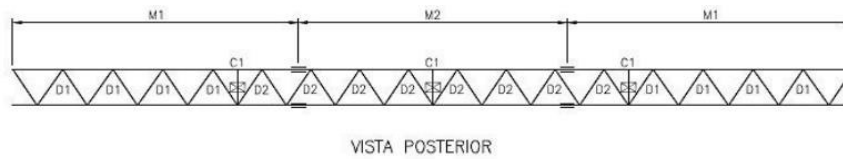
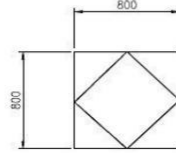
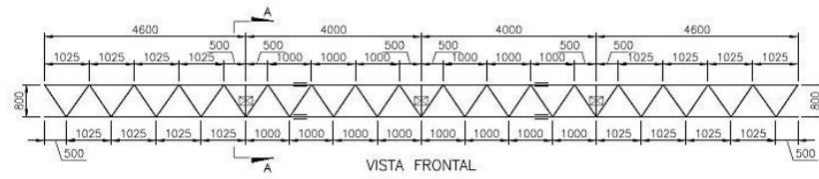
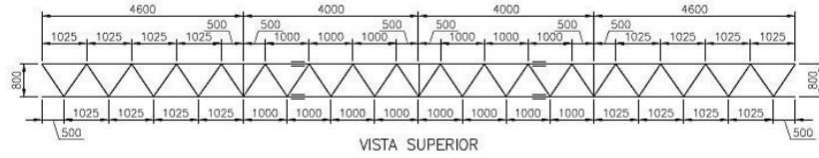
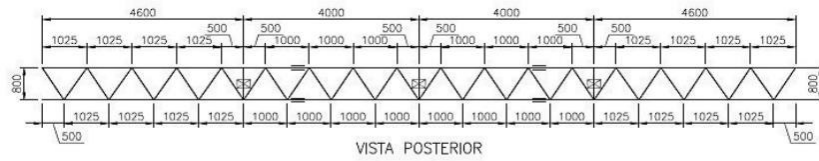
VIGA V1 – 220 kV



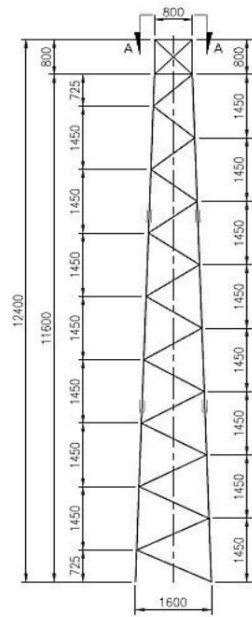
VISTA FRONTAL



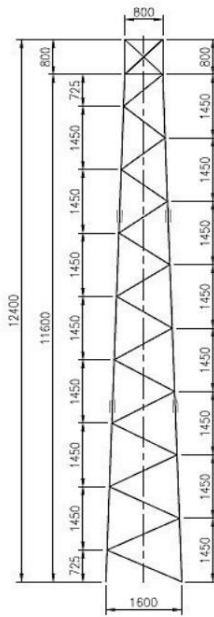
VIGA V2A, V2B – 220 kV



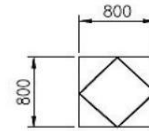
COLUMNA CE1, CE3 – 220 kV



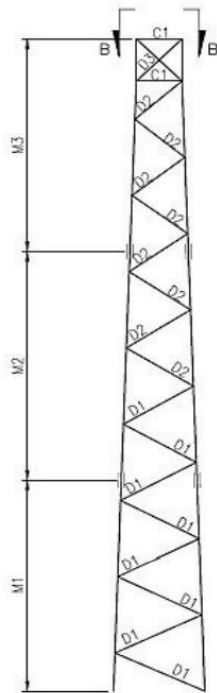
VISTA FRONTAL



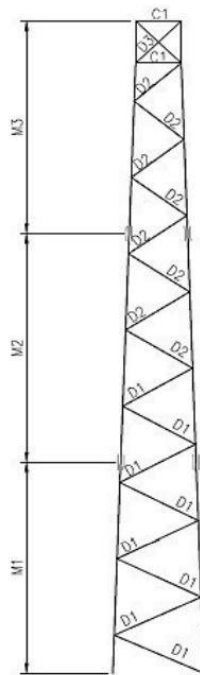
VISTA LATERAL



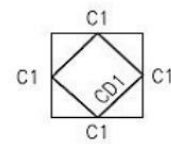
SECCIÓN A-A



VISTA FRONTAL

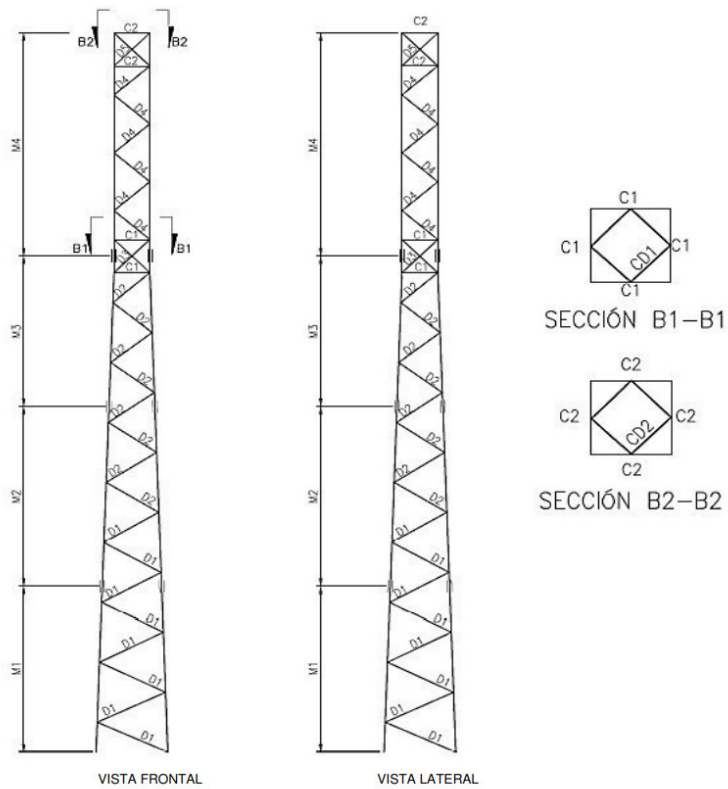
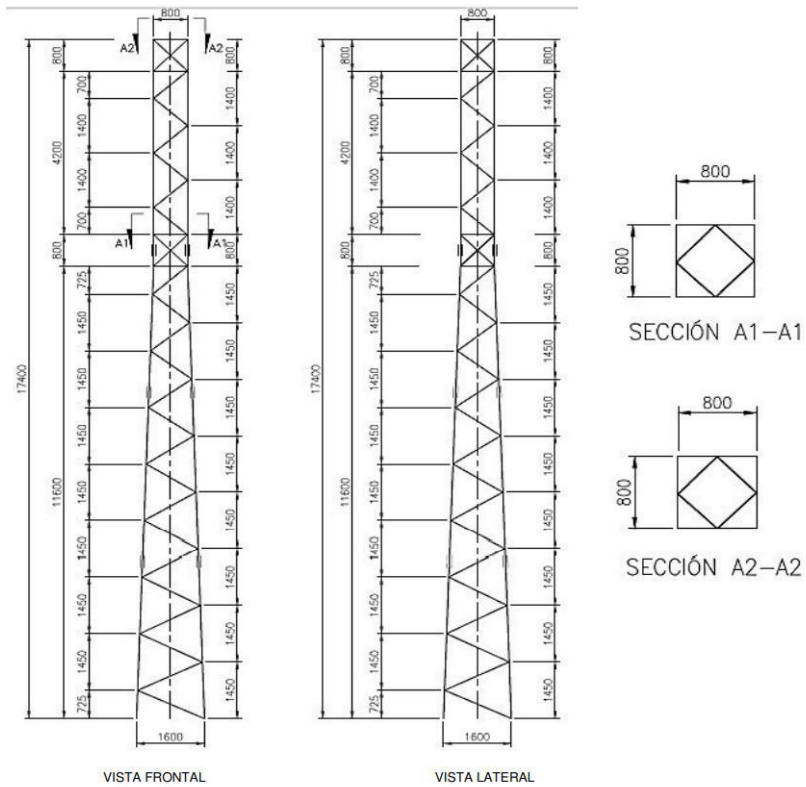


VISTA LATERAL



SECCIÓN B-B

COLUMNA CE2 – 220 kV



ANEXO D

Tabla de masas nodales condensadas

MASAS NODALES			MASAS NODALES			MASAS NODALES		
CLAMP	NODO	MASA (N)	CLAMP	NODO	MASA (N)	CLAMP	NODO	MASA (N)
1	C1-1P	209.70	48	C1-24YE0.7P	624.80	95	0C1-19XE4.3P	853.00
12	C1-2P	431.70	49	C1-1XYE17.4P	174.70	96	0C1-24XE0.7P	624.80
3	C1-5S	444.00	50	C1-2XYE16.8P	396.70	97	C2-8BP	174.70
4	C1-8P	431.70	51	C1-5XYE14.5P	444.00	98	C2-9BP	561.70
5	C1-9P	596.70	52	C1-8XYE12.4P	431.70	99	C2-14BS	805.00
6	C1-14S	805.00	53	C1-9XYE11.6P	596.70	100	C2-19BS	853.00
7	C1-19S	853.00	54	C1-14XYE8.0P	805.00	101	C2-24BS	624.80
8	C1-24S	624.80	55	C1-19XYE4.3P	853.00	102	C2-8AP	209.70
9	C1-1Y	209.70	56	C1-24XYE0.7P	624.80	103	C2-9AP	596.70
10	C1-2Y	431.70	57	C1-1XE17.4P	174.70	104	C2-14AS	805.00
11	C1-5Y	444.00	58	C1-2XE16.8P	396.70	105	C2-19AS	853.00
12	C1-8Y	396.70	59	C1-5XE14.5P	444.00	106	C2-24AS	624.80
13	C1-9Y	561.70	60	C1-8XE12.4P	431.70	107	C2-8AX	209.70
14	C1-14Y	805.00	61	C1-9XE11.6P	596.70	108	C2-9AX	596.70
15	C1-19Y	853.00	62	C1-14XE8.0P	805.00	109	C2-14AX	805.00
16	C1-24Y	624.80	63	C1-19XE4.3P	853.00	110	C2-19AX	853.00
17	C1-1XY	174.70	64	C1-24XE0.7P	624.80	111	C2-24AX	624.80
18	C1-2XY	396.70	65	0C1-1E17.4P	174.70	112	C2-8BX	174.70
19	C1-5XY	444.00	66	0C1-2E16.8P	396.70	113	C2-9BX	561.70
20	C1-8XY	396.70	67	0C1-5E14.5S	444.00	114	C2-14BX	805.00
21	C1-9XY	561.70	68	0C1-8E12.4P	431.70	115	C2-19BX	853.00
22	C1-14XY	805.00	69	0C1-9E11.6P	596.70	116	C2-24BX	624.80
23	C1-19XY	853.00	70	0C1-14E8.0S	805.00	117	C2-8BE12.4P	283.70
24	C1-24XY	624.80	71	0C1-19E4.3S	853.00	118	C2-9BE11.6P	596.70
25	C1-1X	174.70	72	0C1-24E0.7S	624.80	119	C2-14BE8.0S	805.00
26	C1-2X	396.70	73	0C1-1YE17.4P	174.70	120	C2-19BE4.3S	853.00
27	C1-5X	444.00	74	0C1-2YE16.8P	396.70	121	C2-24BE0.7S	624.80
28	C1-8X	431.70	75	0C1-5YE14.5P	444.00	122	C2-8AE12.4P	248.70
29	C1-9X	596.70	76	0C1-8YE12.4P	431.70	123	C2-9AE11.6P	561.70
30	C1-14X	805.00	77	0C1-9YE11.6P	596.70	124	C2-14AE8.0S	805.00
31	C1-19X	853.00	78	0C1-14YE8.0P	805.00	125	C2-19AE4.3S	853.00
32	C1-24X	624.80	79	0C1-19YE4.3P	853.00	126	C2-24AE0.7S	624.80
33	C1-1E17.4P	209.70	80	0C1-24YE0.7P	624.80	127	C2-8AXE12.4P	248.70
34	C1-2E16.8P	431.70	81	0C1-1XYE17.4P	209.70	128	C2-9AXE11.6P	561.70
35	C1-5E14.5S	444.00	82	0C1-2XYE16.8P	431.70	129	C2-14AXE8.0P	805.00
36	C1-8E12.4P	431.70	83	0C1-5XYE14.5P	444.00	130	C2-19AXE4.3P	853.00
37	C1-9E11.6P	596.70	84	0C1-8XYE12.4P	431.70	131	C2-24AXE0.7P	624.80
38	C1-14E8.0S	805.00	85	0C1-9XYE11.6P	596.70	132	C2-8BXE12.4P	283.70
39	C1-19E4.3S	853.00	86	0C1-14XYE8.0P	805.00	133	C2-9BXE11.6P	596.70
40	C1-24E0.7S	624.80	87	0C1-19XYE4.3P	853.00	134	C2-14BXE8.0P	805.00
41	C1-1YE17.4P	209.70	88	0C1-24XYE0.7P	624.80	135	C2-19BXE4.3P	853.00
42	C1-2YE16.8P	431.70	89	0C1-1XE17.4P	209.70	136	C2-24BXE0.7P	624.80
43	C1-5YE14.5P	444.00	90	0C1-2XE16.8P	431.70	137	0C2-8BE12.4P	174.70
44	C1-8YE12.4P	431.70	91	0C1-5XE14.5P	444.00	138	0C2-9BE11.6P	561.70
45	C1-9YE11.6P	596.70	92	0C1-8XE12.4P	431.70	139	0C2-14BE8.0S	805.00
46	C1-14YE8.0P	805.00	93	0C1-9XE11.6P	596.70	140	0C2-19BE4.3S	853.00
47	C1-19YE4.3P	853.00	94	0C1-14XE8.0P	805.00	141	0C2-24BE0.7S	624.80

MASAS NODALES			MASAS NODALES			MASAS NODALES		
CLAMP	NODO	MASA (N)	CLAMP	NODO	MASA (N)	CLAMP	NODO	MASA (N)
142	0C2-8AE12.4P	209.70	189	V1-25AY	307.70	236	V1-21AYE17.4P	277.20
143	0C2-9AE11.6P	596.70	190	V1-25DP	48.60	237	V1-25AYE17.4P	307.70
144	0C2-14AE8.0S	805.00	191	V1-29AY	281.20	238	V1-25DE17.4P	48.60
145	0C2-19AE4.3S	853.00	192	V1-33AY	175.95	239	V1-29AYE17.4P	281.20
146	0C2-24AE0.7S	624.80	193	V1-1BY	175.75	240	V1-33AYE17.4P	175.95
147	0C2-8AXE12.4P	209.70	194	V1-5BY	281.20	241	V1-1BYE16.6P	175.75
148	0C2-9AXE11.6P	596.70	195	V1-9BY	308.10	242	V1-5BYE16.6P	281.20
149	0C2-14AXE8.0P	805.00	196	V1-9CY	48.60	243	V1-9BYE16.6P	308.10
150	0C2-19AXE4.3P	853.00	197	V1-13BY	277.20	244	V1-9CYE17.0P	48.60
151	0C2-24AXE0.7P	624.80	198	V1-17BY	305.70	245	V1-13BYE16.6P	277.20
152	0C2-8BXE12.4P	174.70	199	V1-17CY	48.60	246	V1-17BYE16.6P	305.70
153	0C2-9BXE11.6P	561.70	200	V1-21BY	277.20	247	V1-17CYE17.0P	48.60
154	0C2-14BXE8.0P	805.00	201	V1-25BY	307.70	248	V1-21BYE16.6P	277.20
155	0C2-19BXE4.3P	853.00	202	V1-25CY	48.60	249	V1-25BYE16.6P	307.70
156	0C2-24BXE0.7P	624.80	203	V1-29BY	281.20	250	V1-25CYE17.0P	48.60
157	C3-1BP	174.70	204	V1-33BY	175.95	251	V1-29BYE16.6P	281.20
158	C3-2BP	396.70	205	V1-1BS	175.75	252	V1-33BYE16.6P	175.95
159	C3-5BS	592.00	206	V1-5BS	281.20	253	V1-1BE16.6S	175.75
160	C3-1BY	174.70	207	V1-9BP	308.10	254	V1-5BE16.6S	281.20
161	C3-2BY	396.70	208	V1-9EP	48.60	255	V1-9BE16.6P	308.10
162	C3-5BY	592.00	209	V1-13BS	277.20	256	V1-9E16.6P	48.60
163	C3-1AY	209.70	210	V1-17BP	305.70	257	V1-13BE16.6S	277.20
164	C3-2AY	431.70	211	V1-17EP	48.60	258	V1-17BE16.6P	305.70
165	C3-5AY	592.00	212	V1-21BS	277.20	259	V1-17E16.6P	48.60
166	C3-1AP	209.70	213	V1-25BP	307.70	260	V1-21BE16.6S	277.20
167	C3-2AP	431.70	214	V1-25EP	48.60	261	V1-25BE16.6P	307.70
168	C3-5AS	592.00	215	V1-29BS	281.20	262	V1-25E16.6P	48.60
169	V1-1AS	175.75	216	V1-33BS	175.95	263	V1-29BE16.6S	281.20
170	V1-5AS	281.20	217	V1-1AE17.4S	175.75	264	V1-33BE16.6S	175.95
171	V1-9AP	308.10	218	V1-5AE17.4S	281.20	265	V2-1AS	175.75
172	V1-9CP	48.60	219	V1-9AE17.4P	308.10	266	V2-5AS	281.20
173	V1-13AS	277.20	220	V1-9CE17.0P	48.60	267	V2-9AP	308.10
174	V1-17AP	305.70	221	V1-13AE17.4S	277.20	268	V2-9CP	48.60
175	V1-17CP	48.60	222	V1-17AE17.4P	305.70	269	V2-13AS	277.20
176	V1-21AS	277.20	223	V1-17CE17.0P	48.60	270	V2-17AP	305.70
177	V1-25AP	307.70	224	V1-21AE17.4S	277.20	271	V2-17CP	48.60
178	V1-25CP	48.60	225	V1-25AE17.4P	307.70	272	V2-21AS	277.20
179	V1-29AS	281.20	226	V1-25CE17.0P	48.60	273	V2-25AP	307.70
180	V1-33AS	175.95	227	V1-29AE17.4S	281.20	274	V2-25CP	48.60
181	V1-1AY	175.75	228	V1-33AE17.4S	175.95	275	V2-29AS	281.20
182	V1-5AY	281.20	229	V1-1AYE17.4P	175.75	276	V2-33AS	175.95
183	V1-9AY	308.10	230	V1-5AYE17.4P	281.20	277	V2-1AX	175.75
184	V1-9DP	48.60	231	V1-9AYE17.4P	308.10	278	V2-5AX	281.20
185	V1-13AY	277.20	232	V1-9DE17.4P	48.60	279	V2-9AX	308.10
186	V1-17AY	305.70	233	V1-13AYE17.4P	277.20	280	V2-9DP	48.60
187	V1-17DP	48.60	234	V1-17AYE17.4P	305.70	281	V2-13AX	277.20
188	V1-21AY	277.20	235	V1-17DE17.4P	48.60	282	V2-17AX	305.70

MASAS NODALES			MASAS NODALES			MASAS NODALES		
CLAMP	NODO	MASA (N)	CLAMP	NODO	MASA (N)	CLAMP	NODO	MASA (N)
283	V2-17DP	48.60	327	V2-9AXE12.4P	308.10	371	0V2-29AE12.4S	281.20
284	V2-21AX	277.20	328	V2-9DE12.4P	48.60	372	0V2-33AE12.4S	175.95
285	V2-25AX	307.70	329	V2-13AXE12.4P	277.20	373	0V2-1AXE12.4P	175.75
286	V2-25DP	48.60	330	V2-17AXE12.4P	305.70	374	0V2-5AXE12.4P	281.20
287	V2-29AX	281.20	331	V2-17DE12.4P	48.60	375	0V2-9AXE12.4P	308.10
288	V2-33AX	175.95	332	V2-21AXE12.4P	277.20	376	0V2-9DE12.4P	48.60
289	V2-1BX	175.75	333	V2-25AXE12.4P	307.70	377	0V2-13AXE12.4P	277.20
290	V2-5BX	281.20	334	V2-25DE12.4P	48.60	378	0V2-17AXE12.4P	305.70
291	V2-9BX	308.10	335	V2-29AXE12.4P	281.20	379	0V2-17DE12.4P	48.60
292	V2-9CX	48.60	336	V2-33AXE12.4P	175.95	380	0V2-21AXE12.4P	277.20
293	V2-13BX	277.20	337	V2-1BXE11.6P	175.75	381	0V2-25AXE12.4P	307.70
294	V2-17BX	305.70	338	V2-5BXE11.6P	281.20	382	0V2-25DE12.4P	48.60
295	V2-17CX	48.60	339	V2-9BXE11.6P	308.10	383	0V2-29AXE12.4P	281.20
296	V2-21BX	277.20	340	V2-9CXE12.0P	48.60	384	0V2-33AXE12.4P	175.95
297	V2-25BX	307.70	341	V2-13BXE11.6P	277.20	385	0V2-1BXE11.6P	175.75
298	V2-25CX	48.60	342	V2-17BXE11.6P	305.70	386	0V2-5BXE11.6P	281.20
299	V2-29BX	281.20	343	V2-17CXE12.0P	48.60	387	0V2-9BXE11.6P	308.10
300	V2-33BX	175.95	344	V2-21BXE11.6P	277.20	388	0V2-9CXE12.0P	48.60
301	V2-1BS	175.75	345	V2-25BXE11.6P	307.70	389	0V2-13BXE11.6P	277.20
302	V2-5BS	281.20	346	V2-25CXE12.0P	48.60	390	0V2-17BXE11.6P	305.70
303	V2-9BP	308.10	347	V2-29BXE11.6P	281.20	391	0V2-17CXE12.0P	48.60
304	V2-9EP	48.60	348	V2-33BXE11.6P	175.95	392	0V2-21BXE11.6P	277.20
305	V2-13BS	277.20	349	V2-1BE11.6S	175.75	393	0V2-25BXE11.6P	307.70
306	V2-17BP	305.70	350	V2-5BE11.6S	281.20	394	0V2-25CXE12.0P	48.60
307	V2-17EP	48.60	351	V2-9BE11.6P	308.10	395	0V2-29BXE11.6P	281.20
308	V2-21BS	277.20	352	V2-9E11.6P	48.60	396	0V2-33BXE11.6P	175.95
309	V2-25BP	307.70	353	V2-13BE11.6S	277.20	397	0V2-1BE11.6S	175.75
310	V2-25EP	48.60	354	V2-17BE11.6P	305.70	398	0V2-5BE11.6S	281.20
311	V2-29BS	281.20	355	V2-17E11.6P	48.60	399	0V2-9BE11.6P	308.10
312	V2-33BS	175.95	356	V2-21BE11.6S	277.20	400	0V2-9E11.6P	48.60
313	V2-1AE12.4S	175.75	357	V2-25BE11.6P	307.70	401	0V2-13BE11.6S	277.20
314	V2-5AE12.4S	281.20	358	V2-25E11.6P	48.60	402	0V2-17BE11.6P	305.70
315	V2-9AE12.4P	308.10	359	V2-29BE11.6S	281.20	403	0V2-17E11.6P	48.60
316	V2-9CE12.0P	48.60	360	V2-33BE11.6S	175.95	404	0V2-21BE11.6S	277.20
317	V2-13AE12.4S	277.20	361	0V2-1AE12.4S	175.75	405	0V2-25BE11.6P	307.70
318	V2-17AE12.4P	305.70	362	0V2-5AE12.4S	281.20	406	0V2-25E11.6P	48.60
319	V2-17CE12.0P	48.60	363	0V2-9AE12.4P	308.10	407	0V2-29BE11.6S	281.20
320	V2-21AE12.4S	277.20	364	0V2-9CE12.0P	48.60	408	0V2-33BE11.6S	175.95
321	V2-25AE12.4P	307.70	365	0V2-13AE12.4S	277.20	409	1V2-1AE12.4S	175.75
322	V2-25CE12.0P	48.60	366	0V2-17AE12.4P	305.70	410	1V2-5AE12.4S	281.20
323	V2-29AE12.4S	281.20	367	0V2-17CE12.0P	48.60	411	1V2-9AE12.4P	308.10
324	V2-33AE12.4S	175.95	368	0V2-21AE12.4S	277.20	412	1V2-9CE12.0P	48.60
325	V2-1AXE12.4P	175.75	369	0V2-25AE12.4P	307.70	413	1V2-13AE12.4S	277.20
326	V2-5AXE12.4P	281.20	370	0V2-25CE12.0P	48.60	414	1V2-17AE12.4P	305.70

MASAS NODALES			MASAS NODALES		
415	1V2-17CE12.0P	48.60	455	1V2-29BE11.6S	281.20
416	1V2-21AE12.4S	277.20	456	1V2-33BE11.6S	175.95
417	1V2-25AE12.4P	307.70			
418	1V2-25CE12.0P	48.60			
419	1V2-29AE12.4S	281.20			
420	1V2-33AE12.4S	175.95			
421	1V2-1AXE12.4P	175.75			
422	1V2-5AXE12.4P	281.20			
423	1V2-9AXE12.4P	308.10			
424	1V2-9DE12.4P	48.60			
425	1V2-13AXE12.4P	277.20			
426	1V2-17AXE12.4P	305.70			
427	1V2-17DE12.4P	48.60			
428	1V2-21AXE12.4P	277.20			
429	1V2-25AXE12.4P	307.70			
430	1V2-25DE12.4P	48.60			
431	1V2-29AXE12.4P	281.20			
432	1V2-33AXE12.4P	175.95			
433	1V2-1BXE11.6P	175.75			
434	1V2-5BXE11.6P	281.20			
435	1V2-9BXE11.6P	308.10			
436	1V2-9CXE12.0P	48.60			
437	1V2-13BXE11.6P	277.20			
438	1V2-17BXE11.6P	305.70			
439	1V2-17CXE12.0P	48.60			
440	1V2-21BXE11.6P	277.20			
441	1V2-25BXE11.6P	307.70			
442	1V2-25CXE12.0P	48.60			
443	1V2-29BXE11.6P	281.20			
444	1V2-33BXE11.6P	175.95			
445	1V2-1BE11.6S	175.75			
446	1V2-5BE11.6S	281.20			
447	1V2-9BE11.6P	308.10			
448	1V2-9E11.6P	48.60			
449	1V2-13BE11.6S	277.20			
450	1V2-17BE11.6P	305.70			
451	1V2-17E11.6P	48.60			
452	1V2-21BE11.6S	277.20			
453	1V2-25BE11.6P	307.70			
454	1V2-25E11.6P	48.60			

ANEXO E

Cargas

Proyecto:	Proyecto Ampliación 19	
Subestación:	Subestación Piura Oeste 220 kV / 60 kV / 10 kV	Caso: Cargas para pernos
Equipo:	Aislador Poste	Documento: Anexo E

[CARGA ULT.] COMB. ULTIMA

Código	Combinación	Cargas a Nivel de Cimentación				
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)
A	1.200DL +1.300ST +1.200ML	0,26	0,00	-6,03	0,00	1,42
B	1.100DL +1.100ST +SC	2,24	0,30	-3,88	-1,61	11,88
C1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +1.300Wx	3,06	0,22	-3,88	-1,20	12,00
C2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-1.300Wx	0,41	0,22	-3,88	-1,20	6,42
D1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +1.300Wy	1,84	1,60	-3,88	-4,23	9,79
D2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-1.300Wy	1,62	-1,14	-3,88	1,81	8,63
E1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex +0.300Ey +Ez	15,44	4,34	7,11	-12,44	46,68
E2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex +0.300Ey +Ez	-11,97	4,34	7,11	-12,44	-28,24
E3	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex-0.300Ey +Ez	15,44	-3,88	7,11	10,03	46,68
E4	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex-0.300Ey +Ez	-11,97	-3,88	7,11	10,03	-28,24
E5	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex +0.300Ey-Ez	15,44	4,34	-14,87	-12,44	46,68
E6	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex +0.300Ey-Ez	-11,97	4,34	-14,87	-12,44	-28,24
E7	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex-0.300Ey-Ez	15,44	-3,88	-14,87	10,03	46,68
E8	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex-0.300Ey-Ez	-11,97	-3,88	-14,87	10,03	-28,24
F1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex +Ey +Ez	5,85	13,93	7,11	-38,67	20,45
F2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex +Ey +Ez	-2,37	13,93	7,11	-38,67	-2,02
F3	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex-Ey +Ez	5,85	-13,48	7,11	36,25	20,45
F4	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex-Ey +Ez	-2,37	-13,48	7,11	36,25	-2,02
F5	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex +Ey-Ez	5,85	13,93	-14,87	-38,67	20,45
F6	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex +Ey-Ez	-2,37	13,93	-14,87	-38,67	-2,02
F7	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex-Ey-Ez	5,85	-13,48	-14,87	36,25	20,45
F8	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex-Ey-Ez	-2,37	-13,48	-14,87	36,25	-2,02

Proyecto:	Proyecto Ampliación 19		
Subestación:	Subestación Piura Oeste 220 kV / 60 kV / 10 kV	Caso:	Cargas para placa base
Equipo:	Aislador Poste	Documento:	Anexo E

[CARA ULT.] COMB. ULTIMA							
Código	Combinación	Cargas por montante					
		Fz1 (kN)	Fz2 (kN)	Fz3 (kN)	Fz4 (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)
A	1.2DL +1.3ST +1.2ML	1,24	1,24	-3,14	-3,14	0,15	-0,01
B	1.1DL +1.1ST +SC	20,03	15,21	-16,13	-20,95	1,24	0,08
C1	1.1DL +1.1ST +0.75SC +1.3Wx	20,80	17,19	-18,10	-21,72	1,73	0,09
C2	1.1DL +1.1ST +0.75SC-1.3Wx	9,94	6,32	-7,24	-10,85	0,21	0,08
D1	1.1DL +1.1ST +0.75SC +1.3Wy	20,39	6,74	-7,66	-21,30	0,99	0,79
D2	1.1DL +1.1ST +0.75SC-1.3Wy	10,35	16,77	-17,69	-11,28	0,94	-0,68
E1	1.1DL +1.1ST +Ex +0.3Ey +Ez	54,11	33,22	-31,53	-52,43	4,41	0,95
E2	1.1DL +1.1ST-Ex +0.3Ey +Ez	51,51	30,62	-34,13	-55,03	4,42	0,96
E3	1.1DL +1.1ST +Ex-0.3Ey +Ez	36,83	50,50	-48,82	-35,15	4,34	-1,10
E4	1.1DL +1.1ST-Ex-0.3Ey +Ez	34,23	47,90	-51,42	-37,75	4,34	-1,10
E5	1.1DL +1.1ST +Ex +0.3Ey-Ez	-3,49	-24,39	26,07	5,17	-2,41	1,20
E6	1.1DL +1.1ST-Ex +0.3Ey-Ez	-6,09	-26,99	23,47	2,57	-2,42	1,21
E7	1.1DL +1.1ST +Ex-0.3Ey-Ez	-20,77	-7,11	8,79	22,46	-2,49	-0,85
E8	1.1DL +1.1ST-Ex-0.3Ey-Ez	-23,37	-9,71	6,19	19,86	-2,49	-0,85
F1	1.1DL +1.1ST +0.3Ex +Ey +Ez	54,11	-7,11	8,79	-52,43	2,11	3,43
F2	1.1DL +1.1ST-0.3Ex +Ey +Ez	51,51	-9,71	6,19	-55,03	2,12	3,43
F3	1.1DL +1.1ST +0.3Ex-Ey +Ez	36,83	-24,39	26,07	-35,15	-0,17	3,50
F4	1.1DL +1.1ST-0.3Ex-Ey +Ez	34,23	-26,99	23,47	-37,75	-0,17	3,51
F5	1.1DL +1.1ST +0.3Ex +Ey-Ez	-3,49	50,50	-48,82	5,17	1,86	-3,40
F6	1.1DL +1.1ST-0.3Ex +Ey-Ez	-6,09	47,90	-51,42	2,57	1,86	-3,40
F7	1.1DL +1.1ST +0.3Ex-Ey-Ez	-20,77	33,22	-31,53	22,46	-0,19	-3,32
F8	1.1DL +1.1ST-0.3Ex-Ey-Ez	-23,37	30,62	-34,13	19,86	-0,19	-3,32

Proyecto: Proyecto Ampliación 19							
Subestación: Subestación Piura Oeste 220 kV / 60 kV / 10 kV		Caso: Cargas para pernos y placa base					
Estructura: Pórtico C1		Documento: Anexo E					
[CARGA ULT.] COMB. ULTIMA							
		Carga Vertical Fz [kN]				Fuerzas Cortantes [kN]	
Código	Combinación	Pata 1	Pata 2	Pata 3	Pata 4	Fx	Fy
A	1.200DL +1.300ST +1.200ML	-64,28	-19,34	-4,14	-50,35	3,81	4,56
B	1.100DL +1.100ST +SC	-72,48	-11,8	9,57	-52,51	4,75	5,52
C1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +1.300Wx	-114,16	-65,38	29,31	-21,09	10,4	4,63
C2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-1.300Wx	-18,74	44,33	-11,76	-75,79	3,08	7,26
D1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +1.300Wy	-137,79	33,39	54,72	-118,02	7,21	12,97
D2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-1.300Wy	4,89	-54,45	-37,18	21,13	2,33	2,75
E1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex +0.300Ey +Ez	-285,37	-141,38	152,66	6,48	27,66	11,23
E2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex +0.300Ey +Ez	13,46	191,13	-61,89	-240,63	13,57	17,65
E3	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex-0.300Ey +Ez	-158,32	-245,43	46,8	131,74	22,56	10,74
E4	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex-0.300Ey +Ez	140,51	87,08	-167,75	-115,37	18,67	6,43
E5	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex +0.300Ey-Ez	-273,41	-108,14	185,3	18,48	27,34	10,83
E6	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex +0.300Ey-Ez	25,42	224,37	-29,25	-228,63	13,89	20,25
E7	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex-0.300Ey-Ez	-146,36	-212,19	79,44	143,74	22,24	8,14
E8	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex-0.300Ey-Ez	152,47	120,32	-135,11	-103,37	18,99	6,73
F1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex +Ey +Ez	-328,99	96,39	201,07	-226,13	19,17	26,98
F2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex +Ey +Ez	-239,34	196,15	136,7	-300,27	11,53	30,51
F3	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex-Ey +Ez	94,48	-250,44	-151,8	191,38	10,05	21,53
F4	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex-Ey +Ez	184,13	-150,68	-216,17	117,24	10,19	18
F5	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex +Ey-Ez	-317,03	129,63	233,71	-214,13	18,85	28,22
F6	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex +Ey-Ez	-227,38	229,39	169,34	-288,27	11,05	31,75
F7	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex-Ey-Ez	106,44	-217,2	-119,16	203,38	8,77	20,29
F8	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex-Ey-Ez	196,09	-117,44	-183,53	129,24	10,51	16,76

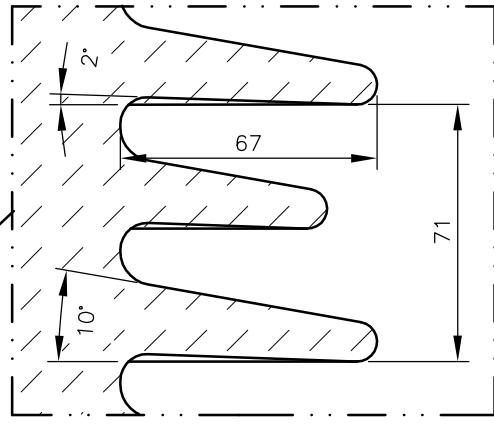
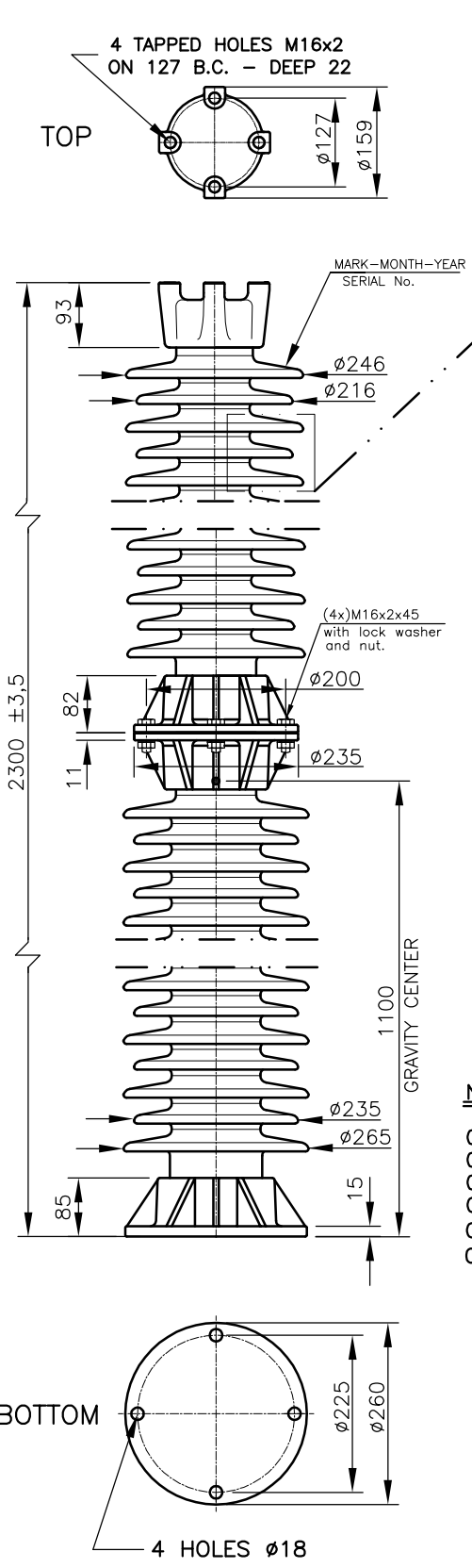
Proyecto:	Proyecto Ampliación 19		
Subestación:	Subestación Piura Oeste 220 kV / 60 kV / 10 kV	Caso:	Cargas para pernos y placa base
Estructura:	Pórtico C2	Documento:	Anexo E

[CARGA ULT.] COMB. ULTIMA

Código	Combinación	Carga Vertical Fz [kN]				Fuerzas Cortantes [kN]	
		Pata 1	Pata 2	Pata 3	Pata 4	Fx	Fy
A	1.200DL +1.300ST +1.200ML	-84,31	-73,57	47,63	37,33	10,71	7,8
B	1.100DL +1.100ST +SC	-142,25	-135,5	109,65	102,98	19,68	13,65
C1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +1.300Wx	-160,32	-159,44	116,04	115,4	22,84	15,4
C2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-1.300Wx	-87,32	-71,92	71,91	56,44	11,14	8,01
D1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +1.300Wy	-154,81	-114,05	111,07	70,44	19,09	9,96
D2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-1.300Wy	-92,83	-117,3	76,88	101,4	14,9	13,45
E1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex +0.300Ey +Ez	-255,3	-221,08	185,18	150,88	35,29	19,4
E2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex +0.300Ey +Ez	-49,7	7,27	23,7	-33,31	6,1	6,2
E3	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex-0.300Ey +Ez	-201,82	-261,56	143,49	203,2	33,22	26,53
E4	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex-0.300Ey +Ez	3,77	-33,2	-17,98	19	7,73	7,77
E5	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex +0.300Ey-Ez	-251,42	-198,16	205,94	152,84	35,33	15,64
E6	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex +0.300Ey-Ez	-45,82	30,19	44,46	-31,35	5,34	9,16
E7	1.100DL +1.100ST +0.750SC +Ex-0.300Ey-Ez	-197,94	-238,64	164,25	205,16	33,26	22,77
E8	1.100DL +1.100ST +0.750SC-Ex-0.300Ey-Ez	7,65	-10,28	2,77	20,96	6,97	4,01
F1	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex +Ey +Ez	-245,74	-93,91	177,3	25,37	25,6	12,44
F2	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex +Ey +Ez	-184,06	-25,41	128,85	-29,88	15,23	13,62
F3	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex-Ey +Ez	-67,46	-228,87	38,34	199,77	18,72	28,28
F4	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex-Ey +Ez	-5,78	-160,37	-10,1	144,51	8,35	22,65
F5	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex +Ey-Ez	-241,86	-70,99	198,06	27,33	25,64	15,4
F6	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex +Ey-Ez	-180,18	-2,49	149,61	-27,92	15,27	16,58
F7	1.100DL +1.100ST +0.750SC +0.300Ex-Ey-Ez	-63,58	-205,95	59,1	201,73	18,76	24,52
F8	1.100DL +1.100ST +0.750SC-0.300Ex-Ey-Ez	-1,9	-137,45	10,65	146,47	8,39	18,89

ANEXO E
Plano Aislador poste

	25/5/12	DATE	LUIS AUT.
1	PROFILE FITTING CHANGED/CODE	REVISION	
N.:			



DIMENSIONS CHARACTERISTICS

LEAKAGE DISTANCE NOMINAL	mm	7600
DRY ARCING DISTANCE	mm	2100

MECHANICAL CHARACTERISTICS

CANTILEVER STRENGTH	N	8000
TORSIONAL STRENGTH	N.m	4000

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

LIGHTNING IMPULSE WITHSTAND	kV	1050
POWER FREQUENCY WITHSTAND WET	kV	460
SWITCHING IMPULSE WITHSTAND WET	kV	750


PACKAGE CHARACTERISTICS

NET WEIGHT	Kg	165
------------	----	-----

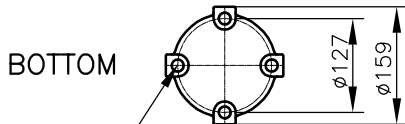
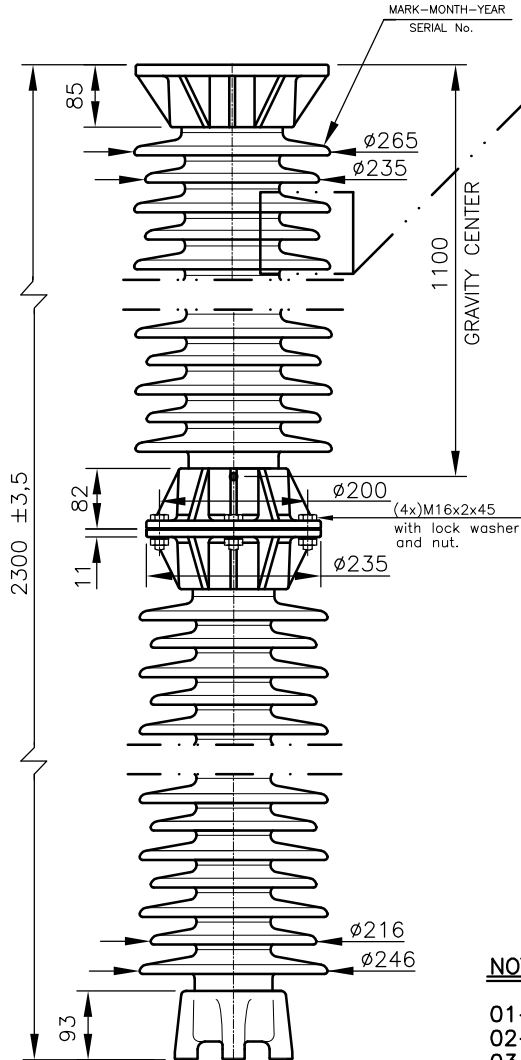
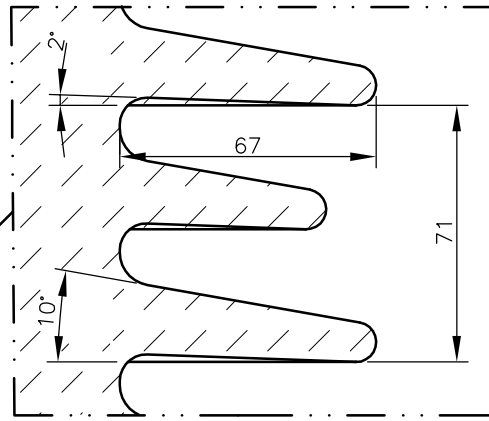
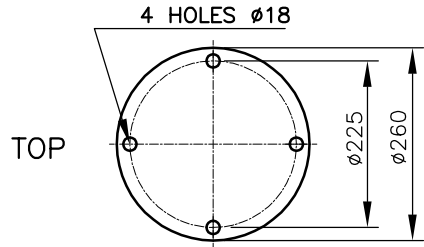
NOTES :

- 01- TOLERANCES ACCORDING TO ORIGIN STANDARD
- 02- NUMBER OF SHEDS: 54
- 03- ALL FERROUS PARTS ARE HOT DIP GALV. PER ASTM A-153
- 04- DIMENSIONS IN MILLIMETERS
- 05- COLOUR: BROWN.
- 06- PORCELAIN MATERIAL: ACCORDING TO IEC 60672-3 CLASS C-130.

"We reserve the right to intellectual property of this document and attachments. The total or partial reproduction, as well as sending to third parties, is not permitted without written permission under penalty of reply, in accordance with law civil and criminal."

DENOMINATION: STATION POST INSULATOR SOLID CORE 245kV - 1050kV (BIL) (31mm/kV)	 PPC SANTANA			IDENTIFICATION REFERENCE PTR-296	
	ORIGIN: SANTANA DESIGN (IEC 60168/273-CLASS C8-1050-IV)	ELAB./DATE LUIS 03/04/06	VER./DATE EVANDRO 03/04/06	APPROV./DATE ALDO 03/04/06	REVISION 1
	CODE. CAD:R:PROJ\UNI-02\STATION\A538			SHEET -	SCALE -
	CODE. 8.2960.66		TYPE-CAID		

N.º	REVISION	DATE	AUT.



DIMENSIONS CHARACTERISTICS

LEAKAGE DISTANCE NOMINAL	mm	7600
DRY ARCING DISTANCE	mm	2100

MECHANICAL CHARACTERISTICS

CANTILEVER STRENGTH UNDERHUNG	N	8000
TORSIONAL STRENGTH	N.m	4000

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

LIGHTNING IMPULSE WITHSTAND	kV	1050
POWER FREQUENCY WITHSTAND WET	kV	460
SWITCHING IMPULSE WITHSTAND WET	kV	750


PACKAGE CHARACTERISTICS

NET WEIGHT	Kg	165
------------	----	-----

NOTES :

- 01- TOLERANCES ACCORDING TO ORIGIN STANDARD
- 02- NUMBER OF SHEDS: 54
- 03- ALL FERROUS PARTS ARE HOT DIP GALV. PER ASTM A-153
- 04- DIMENSIONS IN MILLIMETERS
- 05- COLOUR: BROWN.
- 06- PORCELAIN MATERIAL: ACCORDING TO IEC 60672-3 CLASS C-130.

We reserve the right to intellectual property of this document and attachments. The total or partial reproduction, as well as sending to third parties, is not permitted without written permission under penalty of reply, in accordance with law civil and criminal.

DENOMINATION: STATION POST INSULATOR SOLID CORE 245kV - BIL 1050kV INVERTED MOUNTING (31mm/kV)	 PPC SANTANA			IDENTIFICATION	
				REFERENCE PTR-325	
ORIGIN: SANTANA DESIGN (IEC 60168/273-CLASS C8-1050-IV)	ELAB./DATE	VER./DATE	APPROV./DATE	REVISION	
	LUIS 25/04/06	EVANDRO 25/04/06	ALDO 25/04/06	-	
CODE. CAD:R:PROJ\UNI-02\STATION\A687			CODE.	SHEET	SCALE
				8.0325.66	-
			TYPE-CAID		

ANEXO G

Reporte de resumen de resultados del PLS Tower

Resumen del grupo (porción en compresión)

Group Label	Group Desc.	Angle Type	Angle Size	Steel Strength (MPa)	Max Usage %	Usage Control	Max Use In Comp. %	Comp. Control Member	Comp. Force (kN)	Comp. Control Load Case	L/r Capacity (kN)	Comp. Connect. Shear Capacity (kN)	Comp. Connect. Bearing Capacity (kN)	RLX	RLY	RLZ	L/r	KL/r	Length Comp. Member (m)
C1-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	35.38	Comp	35.38	g1C249P	-175.463(F5)	1,1	549.720	495.977	1016.485	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
C1-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	19.68	Comp	19.68	g7C273P	-108.166(F5)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
C1-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	16.68	Comp	16.68	g16C311P	-91.675(F5)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
C1-M4	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	21.19	Comp	21.19	g18C395P	-117.776(E2)	1,1	555.766	0.000	0.000	1.200	2.400	1.200	53.77	53.77	0.700
C1-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	69.93	Comp	69.93	g25C316P	-69.364(F5)	1,1	237.485	99.195	135.531	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
C1-C2	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	34.79	Comp	34.79	g30P	-34.511(F7)	1,1	237.485	99.195	135.531	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
C1-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	47.89	Comp	47.89	g54C359P	-17.522(F2)	1,1	36.586	99.195	101.649	1.000	1.000	1.000	168.75	157.18	1.689
C1-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	45.35	Comp	45.35	g68C387P	-31.055(F2)	1,1	68.486	99.195	101.649	1.000	1.000	1.000	109.77	114.89	1.099
C1-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	52.12	Tens	52.12	g69C457P	-35.336(E6)	1,1	121.768	99.195	101.649	0.500	0.750	0.500	56.53	72.39	1.131
C1-D4	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	55.48	Comp	55.48	g73P	-39.199(E5)	1,1	70.654	99.195	101.649	1.000	1.000	1.000	106.22	113.11	1.063
C1-D5	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	83.11	Tens	61.78	g84C493P	-30.642(F8)	1,1	121.768	49.598	50.824	0.500	0.750	0.500	56.53	72.39	1.131
C1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	15.53	Tens	12.13	g34C445P	-6.015(E2)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
C1-CD2	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	10.65	Tens	7.69	g35X	-3.816(F1)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
C2-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	24.88	Comp	24.88	g102P	-123.392(E5)	1,1	549.720	495.977	1016.485	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
C2-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	15.60	Tens	14.67	g108P	-80.646(E5)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
C2-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	7.01	Tens	6.75	g100P	-37.082(E5)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
C2-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	45.40	Comp	45.40	g370P	-22.516(E5)	1,1	237.485	49.598	67.766	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
C2-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	34.05	Comp	34.05	g407P	-13.021(F5)	1,1	38.236	99.195	101.649	1.000	1.000	1.000	164.25	153.76	1.644
C2-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	30.63	Comp	30.63	g443P	-20.301(F6)	1,1	66.275	99.195	101.649	1.000	1.000	1.000	113.57	116.79	1.137
C2-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	21.52	Tens	15.45	g446X	-15.322(E3)	1,1	121.768	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
C2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	3.68	Tens	3.00	g377P	-1.487(F7)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
C3-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	15.09	Tens	14.93	g1025P	-82.961(E3)	1,1	555.766	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	53.77	53.77	0.700
C3-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	12.76	Comp	12.76	g1029P	-70.917(E5)	1,1	555.766	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	53.77	53.77	0.700
C3-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	23.62	Tens	21.09	g1044P	-20.917(F6)	1,1	237.485	99.195	135.531	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
C3-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	52.40	Comp	52.40	g1070P	-37.021(F7)	1,1	70.654	99.195	101.649	1.000	1.000	1.000	106.22	113.11	1.063
C3-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	83.50	Tens	57.43	g1076P	-28.485(F5)	1,1	121.768	49.598	50.824	0.500	0.750	0.500	56.53	72.39	1.131
C3-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	12.63	Tens	6.70	g1050P	-3.324(E3)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
CE1-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	24.66	Comp	24.66	g85C662P	-122.296(F8)	1,1	549.720	495.977	1016.485	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE1-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	15.75	Comp	15.75	g109C708P	-86.576(F7)	1,1	549.720	0.000	0.000	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE1-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	13.51	Comp	13.51	g114C717P	-74.254(F5)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE1-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	80.95	Comp	80.95	g374C808P	-40.152(E3)	1,1	237.485	49.598	67.766	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
CE1-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	38.97	Tens	32.68	g395C751P	-16.209(E8)	1,1	82.008	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	116.67	118.34	1.467
CE1-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	53.73	Tens	47.60	g427C783P	-23.611(E8)	1,1	103.651	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	90.40	105.20	1.137
CE1-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	44.66	Comp	44.66	g445C818P	-2.151(E6)	1,1	121.768	49.598	50.824	0.500	0.750	0.500	56.53	72.39	1.131
CE1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	12.59	Comp	12.59	g379C814P	-6.244(F7)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
CE2-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	34.91	Comp	34.91	g1C826P	-173.168(F7)	1,1	549.720	495.977	1016.485	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE2-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	20.66	Comp	20.66	g7C851P	-113.566(F8)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE2-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	17.95	Comp	17.95	g16C888P	-98.670(E5)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE2-M4	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	22.89	Tens	19.00	g17C968P	-100.906(E2)	1,1	531.175	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	61.46	61.46	0.800
CE2-CE1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	71.73	Tens	71.13	g25C895P	-70.558(F8)	1,1	237.485	99.195	135.531	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
CE2-C2	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	40.45	Comp	40.45	g30C1011P	-40.124(F6)	1,1	237.485	99.195	135.531	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
CE2-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	50.12	Tens	41.76	g59C945P	-20.713(F4)	1,1	82.008	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	116.67	118.34	1.467
CE2-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	75.87	Tens	62.38	g67C961P	-30.938(F4)	1,1	103.651	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	90.40	105.20	1.137
CE2-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	90.17	Tens	64.58	g69C1034P	-32.028(E8)	1,1	121.768	49.598	50.824	0.500	0.750	0.500	56.53	72.39	1.131
CE2-D4	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	77.91	Tens	66.53	g73C1046P	-32.999(E4)	1,1	108.971	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	84.55	102.27	1.063
CE2-DS	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	73.79	Tens	62.96	g84C1070P	-31.228(F6)	1,1	121.768	49.598	50.824	0.500	0.750	0.500	56.53	72.39	1.131
CE2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	16.50	Tens	11.48	g34C1022P	-5.696(E4)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
CE2-CD2	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	5.17	Comp	5.17	g35C1028P	-2.562(E2)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
CE3-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	26.35	Comp	26.35	g102C1106P	-130.690(E7)	1,1	549.720	495.977	1016.485	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE3-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	16.05	Comp	16.05	g108C1118P	-88.244(F7)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE3-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	8.51	Comp	8.51	g97C1098P	-46.782(F8)	1,1	549.720	595.172	609.891	1.200	2.400	1.200	55.76	55.76	0.726
CE3-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	39.22	Tens	36.94	g36C9137P	-18.322(E5)	1,1	237.485	49.598	67.766	1.000	2.000	1.000	33.87	76.93	0.400
CE3-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	36.85	Tens	32.08	g39C9164P	-15.913(E7)	1,1	84.444	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	113.23	116.62	1.424
CE3-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	52.70	Tens	47.27	g444C1212P	-23.444(F8)	1,1	106.419	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	87.38	103.69	1.099
CE3-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	42.51	Tens	38.21	g446C1231P	-18.953(F7)	1,1	121.768	49.598	50.824	0.500	0.750	0.500	56.53	72.39	1.131
CE3-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	3.48	Tens	2.84	g377C1146P	-1.407(F5)	1,1	104.186	49.598	50.824	1.000	1.000	1.000	56.53	88.26	0.566
VI-M1	MONTEANTE	SAE	3X3X0.25	344.7	25.74	Tens	22.40	g1099Y	-63.668(E5)	1,1	284.175	595.172	406.594	1.200	2.400	1.200	50.80	50.80	0.500
VI-M2	MONTEANTE	SAE	3X3X0.25	344.7	30.77	Tens	27.26	g1113Y	-77.462(E7)	1,1	284.175	0.000	0.000	1.200	2.400	1.200	50.80	50.80	0.500
VI-C1	CIERRE	DAE	2X2X0																

Resumen del grupo (porción de tensión)

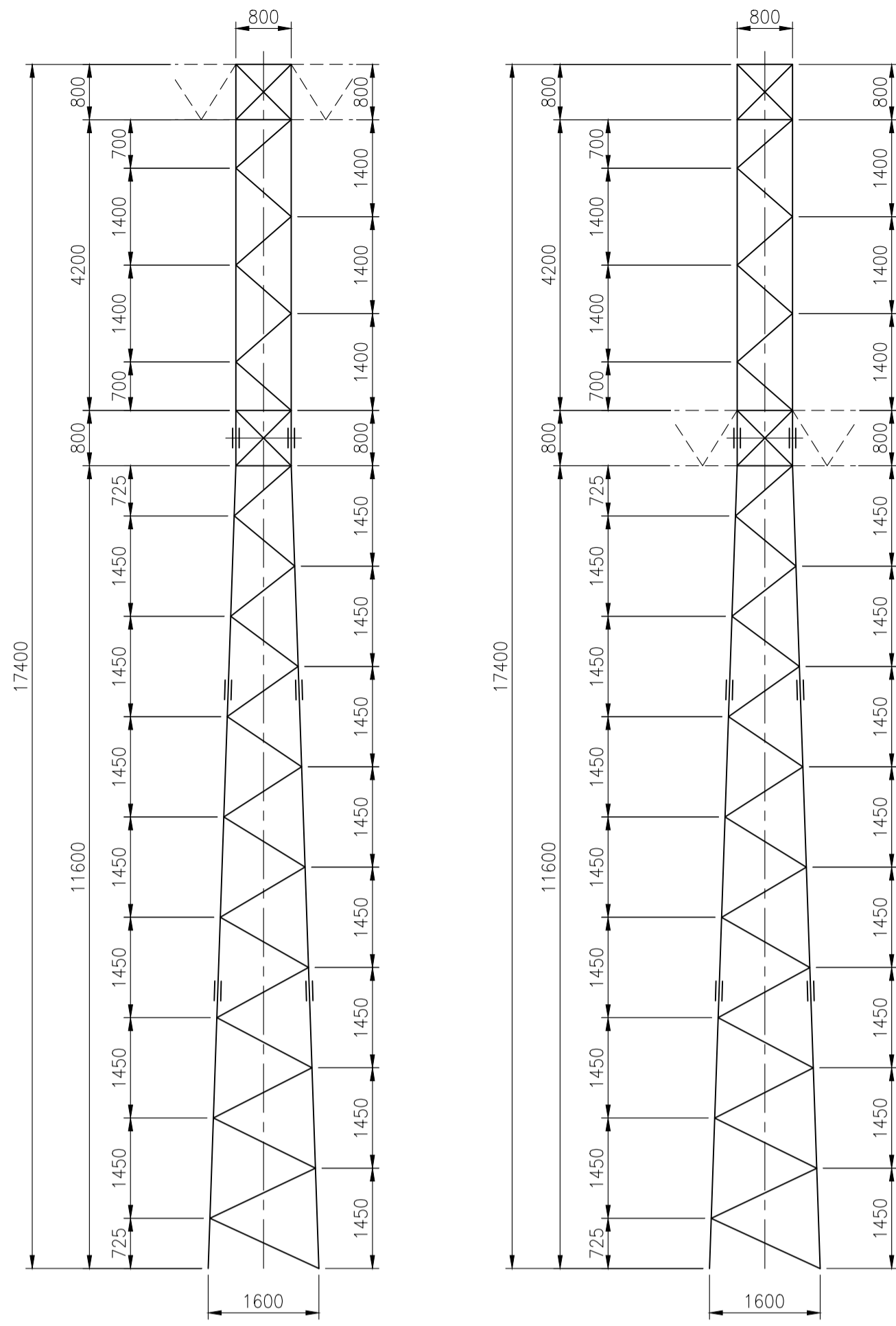
Group Label	Group Desc.	Angle Type	Angle Size	Steel Strength (MPa)	Max Usage %	Usage Control	Max Use Tens. %	Tension Control Member	Tension Force (kN)	Tension Control Case	Net Section Capacity (kN)	Tension Shear Capacity (kN)	Tension Bearing Capacity (kN)	Tension Rupture Capacity (kN)	Length Membr. (m)	No. Bolts	No. Of Holes	Hole Diameter (cm)
C1-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	35.38	Comp	32.41	g1C251P	160.750(F1)	1,1	510.989	495.977	1016.485	853.741	0.726	10	2.000	1.905
C1-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	19.68	Comp	18.45	g7C275P	94.289(F1)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
C1-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	16.68	Comp	16.38	g16C309P	83.683(E1)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
C1-M4	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	21.19	Comp	20.18	g19C397P	103.133(E2)	1,1	510.989	0.000	0.000	0.000	0.726	6	2.000	1.905
C1-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	69.93	Comp	63.37	g27C423P	62.856(F6)	1,1	250.712	99.195	135.531	105.834	0.400	2	1.000	1.905
C1-C2	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	34.79	Comp	22.98	g32C442P	22.795(F8)	1,1	250.712	99.195	135.531	105.834	0.400	2	1.000	1.905
C1-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	47.89	Comp	28.08	g59C369P	20.444(F2)	1,1	113.972	99.195	101.649	72.809	1.467	2	1.000	1.905
C1-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	45.35	Comp	41.88	g67C385P	30.489(F2)	1,1	113.972	99.195	101.649	72.809	1.137	2	1.000	1.905
C1-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	52.12	Tens	52.12	g69C459P	37.945(E2)	1,1	113.972	99.195	101.649	72.809	1.131	2	1.000	1.905
C1-D4	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	55.48	Comp	53.26	g74P	38.777(E5)	1,1	113.972	99.195	101.649	72.809	1.063	2	1.000	1.905
C1-D5	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	83.11	Tens	83.11	g84XY	29.698(F7)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	1.131	1	1.000	1.905
C1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	15.53	Tens	15.53	g34C446P	5.550(E6)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	0.566	1	1.000	1.905
C1-CD2	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	10.65	Tens	10.65	g35XY	3.805(F1)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	0.566	1	1.000	1.905
C2-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	24.88	Comp	23.50	g102X	116.549(E2)	1,1	510.989	495.977	1016.485	853.741	0.726	10	2.000	1.905
C2-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	15.60	Tens	15.60	g108X	79.731(E2)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
C2-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	7.01	Tens	7.01	g97X	35.823(F1)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
C2-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	45.40	Comp	28.48	g369P	14.127(E4)	1,1	250.712	49.598	67.766	56.403	0.400	1	1.000	1.905
C2-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	34.05	Comp	19.73	g412P	14.364(F6)	1,1	113.972	99.195	101.649	72.809	1.424	2	1.000	1.905
C2-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	30.63	Comp	28.85	g444P	21.008(F2)	1,1	113.972	99.195	101.649	72.809	1.099	2	1.000	1.905
C2-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	21.52	Comp	21.52	g445X	15.668(E5)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	1.131	2	1.000	1.905
C2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	3.68	Tens	3.68	g377X	1.316(F8)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	0.566	1	1.000	1.905
C3-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	15.09	Tens	15.09	g1027Y	77.091(E3)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.700	6	2.000	1.905
C3-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	12.76	Comp	11.49	g1031Y	58.715(F3)	1,1	510.989	0.000	0.000	0.000	0.700	6	2.000	1.905
C3-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	23.62	Tens	23.62	g1044Y	23.434(F3)	1,1	250.712	99.195	135.531	105.834	0.400	2	1.000	1.905
C3-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	52.40	Comp	51.50	g1071P	37.494(F7)	1,1	113.972	99.195	101.649	72.809	1.063	2	1.000	1.905
C3-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	83.50	Tens	83.50	g1077Y	29.839(F5)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	1.131	1	1.000	1.905
C3-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	12.63	Tens	12.63	g1050Y	4.513(F3)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	0.566	1	1.000	1.905
CE1-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	24.66	Comp	21.96	g102C693P	108.923(F4)	1,1	510.989	495.977	1016.485	853.741	0.726	10	2.000	1.905
CE1-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	15.75	Comp	13.89	g91C673P	70.977(F3)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
CE1-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	13.51	Comp	12.38	g101C802P	63.279(E3)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
CE1-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	80.95	Comp	41.82	g37C727P	20.741(E3)	1,1	250.712	49.598	67.766	56.403	0.400	1	1.000	1.905
CE1-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	38.97	Tens	38.97	g396C752P	16.486(E8)	1,1	152.404	49.598	50.824	42.302	1.424	1	1.000	1.905
CE1-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	53.73	Tens	53.73	g428C784P	22.728(E8)	1,1	152.404	49.598	50.824	42.302	1.099	1	1.000	1.905
CE1-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	44.66	Comp	41.70	g445C817P	7.642(E3)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	1.131	1	1.000	1.905
CE1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	12.59	Comp	12.02	g379C813P	5.083(F7)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	0.566	1	1.000	1.905
CE2-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	34.91	Comp	31.39	g1C828P	155.707(F3)	1,1	510.989	495.977	1016.485	853.741	0.726	10	2.000	1.905
CE2-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	20.66	Comp	19.37	g7C898P	98.982(F4)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
CE2-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	17.95	Comp	15.79	g16C886P	80.698(E1)	1,1	510.989	595.172	609.891	512.245	0.726	6	2.000	1.905
CE2-M4	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	22.89	Tens	22.89	g18C970P	116.974(E1)	1,1	510.989	0.000	0.000	0.000	0.700	6	2.000	1.905
CE2-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	71.73	Tens	71.73	g27C1000P	71.150(F8)	1,1	250.712	99.195	135.531	105.834	0.400	2	1.000	1.905
CE2-C2	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	40.45	Comp	23.59	g32C1018P	23.396(F6)	1,1	250.712	99.195	135.531	105.834	0.400	2	1.000	1.905
CE2-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	50.12	Tens	50.12	g60C947P	21.204(F4)	1,1	152.404	49.598	50.824	42.302	1.424	1	1.000	1.905
CE2-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	75.87	Tens	75.87	g68C963P	32.096(F4)	1,1	152.404	49.598	50.824	42.302	1.099	1	1.000	1.905
CE2-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	90.17	Tens	90.17	g69C1036P	38.143(E4)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	1.131	1	1.000	1.905
CE2-D4	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	77.91	Tens	77.91	g80C1060P	32.959(E6)	1,1	152.404	49.598	50.824	42.302	1.063	1	1.000	1.905
CE2-DS	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	73.79	Tens	73.79	g84C1069P	31.213(F6)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	1.131	1	1.000	1.905
CE2-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	16.50	Tens	16.50	g34C1021P	6.980(E8)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	0.566	1	1.000	1.905
CE2-CD2	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	5.17	Comp	4.26	g35C1025P	1.801(F4)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	0.566	1	1.000	1.905
CE3-M1	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	26.35	Comp	22.76	g85C1073P	112.878(E3)	1,1	510.989	495.977	1016.485	853.741	0.726	10	2.000	1.905
CE3-M2	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	16.05	Comp	14.43	g109C1119P	73.717(E4)	1,1	510.989	0.000	0.000	0.000	0.726	6	2.000	1.905
CE3-M3	MONTEANTE	SAE	4X4X0.375	344.7	8.51	Comp	5.62	g115C1131P	28.702(F8)	1,1	510.989	0.000	0.000	0.000	0.726	6	2.000	1.905
CE3-C1	CIERRE	SAE	3X3X0.25	344.7	39.22	Tens	39.22	g369C1137P	19.452(E4)	1,1	250.712	49.598	67.766	56.403	0.400	1	1.000	1.905
CE3-D1	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	36.85	Tens	36.85	g395C1163P	15.589(F7)	1,1	152.404	49.598	50.824	42.302	1.467	1	1.000	1.905
CE3-D2	DIAGONAL	SAE	2.5X2.5X0.1875	344.7	52.70	Tens	52.70	g443C1211P	22.292(F8)	1,1	152.404	49.598	50.824	42.302	1.137	1	1.000	1.905
CE3-D3	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	42.51	Tens	42.51	g445C1229P	17.981(F7)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	1.131	1	1.000	1.905
CE3-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	3.48	Tens	3.48	g378C1147P	1.474(F4)	1,1	113.972	49.598	50.824	42.302	0.566	1	1.000	1.905
VE1-M1	MONTEANTE	SAE	3X3X0.25	344.7	25.74	Tens	25.74	g1100P	60.979(E5)	1,1	236.867	595.172	406.594	341.496	0.500	6	2.000	1.905
VE1-M2	MONTEANTE	SAE	3X3X0.25	344.7	30.77	Tens	30.77	g1114P	72.893(E7)	1,1	236.867	0.000	0.000	0.000	0.500	6	2.000	1.905
VE1-C1	CIERRE	DAE	2X2X0.1875	344.7	17.55	Tens	17.55	g1150Y	8.702(E7)	1,1	229.945	49.598	101.649	71.470	0.400	1	1.000	1.905
VE1-CD1	ARRIOSTRE	SAE	2X2X0.1875	344.7	19.87	Tens	19.87	g1160P	7.101(E5)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	0.566	1	1.000	1.905
VE1-D1	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	40.38	Tens	40.38	g1195P	14.429(E5)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	0.949	1	1.000	1.905
VE1-D2	DIAGONAL	SAE	2X2X0.1875	344.7	15.78	Tens	15.78	g1255P	5.640(F7)	1,1	113.972	49.598	50.824	35.735	0.943	1	1.000	1.905
VE2-M1	MONTEANTE	SAE																

Resumen de usos máximos por caso de carga:

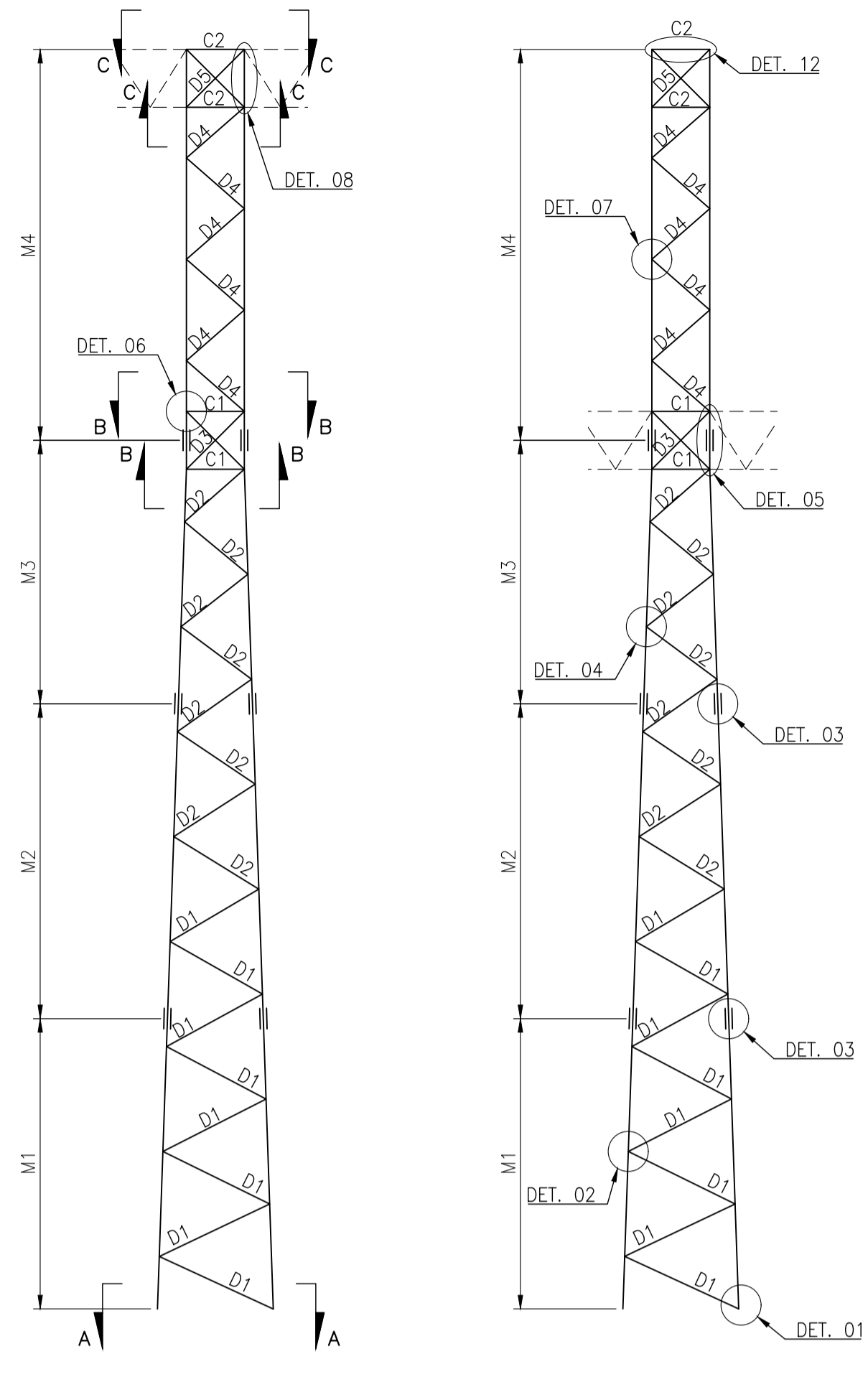
	Load Case	Maximum Usage %	Element Label	Element Type
	(A) 1,2 DL + 1,3 ST + 1,2 ML	52.31	g80C1060P	Angle
	(B) 1,1 DL + 1,1 ST + 1,0 SC	67.60	g80C1060P	Angle
	(C1) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,3 Wx	63.59	g374C808P	Angle
	(C2) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,3 Wx	71.02	g74C1048P	Angle
	(D1) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,3 Wy	63.96	g25C316P	Angle
	(D2) 1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,3 Wy	70.63	g27C1000P	Angle
(E1)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex + 0,3 Ey + 1,0 Ez	76.60	g374C808P	Angle
(E2)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex + 0,3 Ey + 1,0 Ez	89.37	g69C1036P	Angle
(E3)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex - 0,3 Ey + 1,0 Ez	80.95	g374C808P	Angle
(E4)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex - 0,3 Ey + 1,0 Ez	90.17	g69C1036P	Angle
(E5)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex + 0,3 Ey - 1,0 Ez	71.70	g374C808P	Angle
(E6)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex + 0,3 Ey - 1,0 Ez	88.67	g69C1036P	Angle
(E7)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 1,0 Ex - 0,3 Ey - 1,0 Ez	76.06	g374C808P	Angle
(E8)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 1,0 Ex - 0,3 Ey - 1,0 Ez	89.46	g69C1036P	Angle
(F1)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex + 1,0 Ey + 1,0 Ez	74.44	g1077Y	Angle
(F2)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex + 1,0 Ey + 1,0 Ez	76.27	g80C1060P	Angle
(F3)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex - 1,0 Ey + 1,0 Ez	75.53	g68C963P	Angle
(F4)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex - 1,0 Ey + 1,0 Ez	75.87	g68C963P	Angle
(F5)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex + 1,0 Ey - 1,0 Ez	83.50	g1077Y	Angle
(F6)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex + 1,0 Ey - 1,0 Ez	81.69	g1077Y	Angle
(F7)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC + 0,3 Ex - 1,0 Ey - 1,0 Ez	83.11	g84XY	Angle
(F8)	1,1 DL + 1,1 ST + 0,75 SC - 0,3 Ex - 1,0 Ey - 1,0 Ez	82.72	g84C494P	Angle

ANEXO H

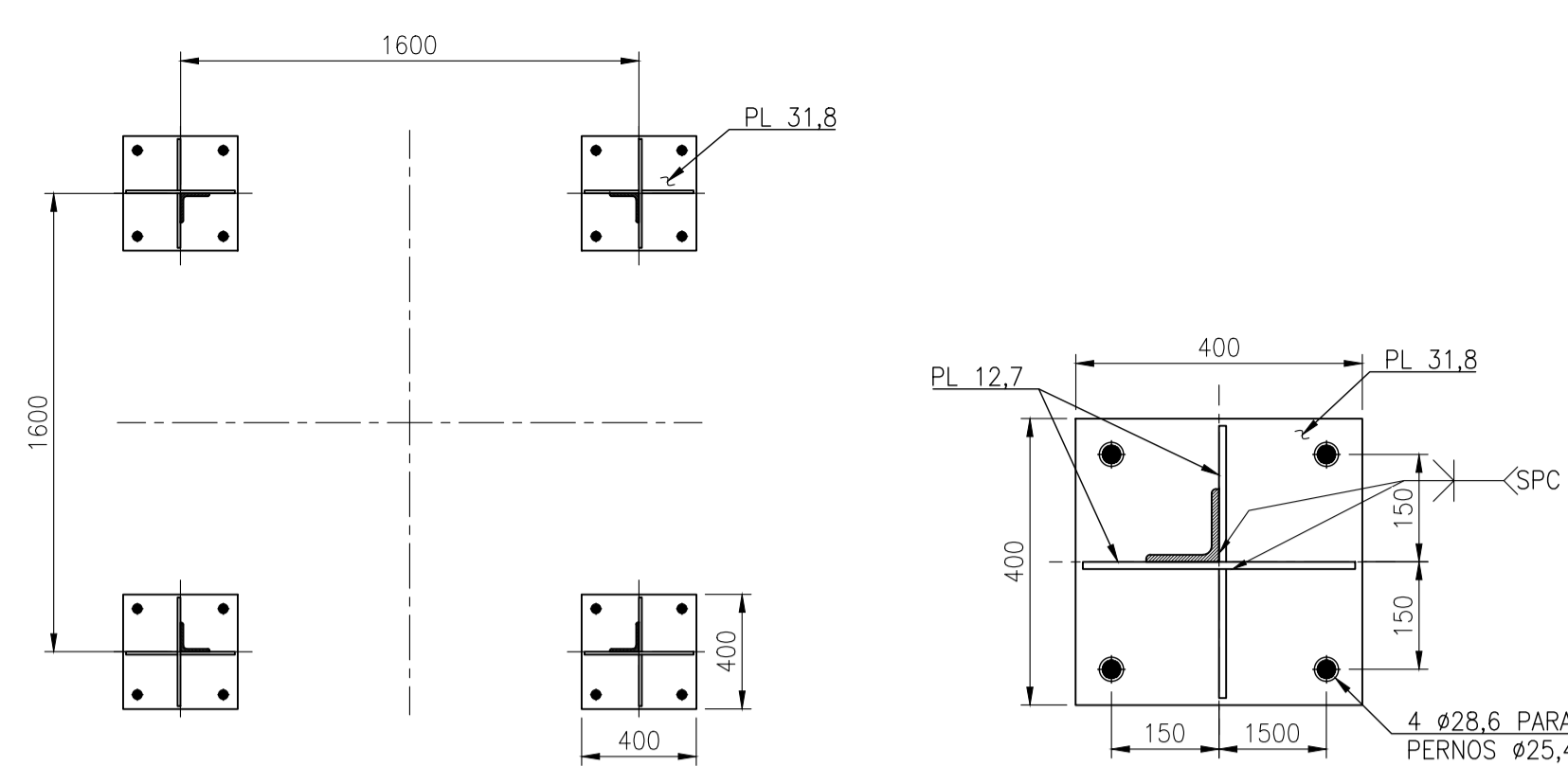
Plano guía de fabricación Pórtico 1 – 220 kV



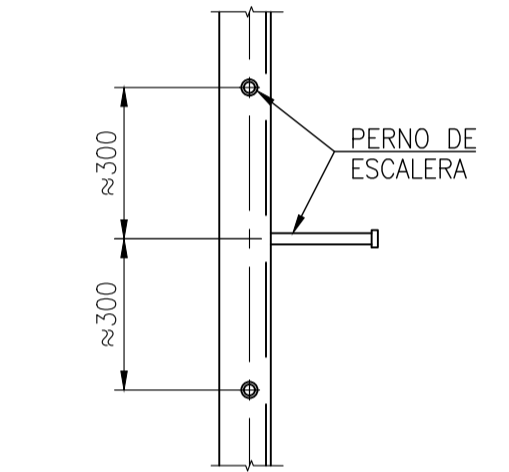
VISTA FRONTAL
VISTA LATERAL
COLUMNA C1
ESCALA 1:75



VISTA FRONTAL
VISTA LATERAL
COLUMNA C1
ESCALA 1:75



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:25
SECCIÓN B-B
SIN ESCALA
SECCIÓN C-C
SIN ESCALA
SECCIÓN D-D
ESCALA 1:50



DISTRIBUCIÓN EN ALTURA
PERNOS DE ESCALERA
SIN ESCALA

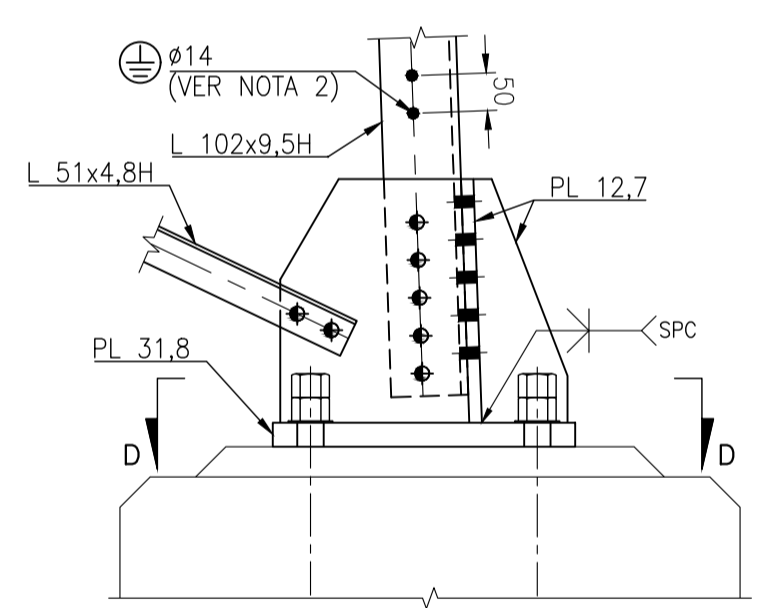
IDENTIFICACIÓN DE COLUMNA C1 - PATIO 220 kV					
TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 102x102x9,5	A572-50	10 Ø15,9 mm	SIMPLE
	M2	L 102x102x9,5	A572-50	6 Ø15,9 mm	DOBLE
	M3	L 102x102x9,5	A572-50	6 Ø15,9 mm	DOBLE
	M4	L 102x102x9,5	A572-50	6 Ø15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	D1	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
	D2	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
	D3	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
	D4	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
	D5	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	C1	L 76x76x6,4	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
	C2	L 76x76x6,4	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8	A572-50	1 Ø15,9 mm	SIMPLE
	CD2	L 51x51x4,8	A572-50	1 Ø15,9 mm	SIMPLE

CONVENCIONES:

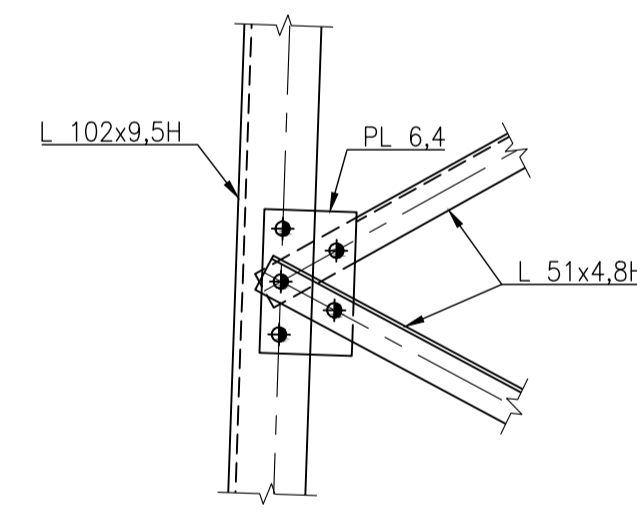
- PROYECCIÓN DEL ELEMENTO CONECTADO.
- DET. DETALLE.
- TIP. TÍPICO.
- SPC. SOLDADURA DE PENETRACIÓN COMPLETA.
- ⊗ FIJACIÓN DE CADENA DE AISLADORES.
- ⊗ FIJACIÓN DE AISLADORES.
- ⊕ PUESTA A TIERRA.
- PERFORACIÓN Ø 14,2 PARA TORNILLO Ø 12,7.
- PERFORACIÓN Ø 17,5 PARA TORNILLO Ø 15,9.
- PERFORACIÓN Ø 20,6 PARA TORNILLO Ø 19,1.
- PERFORACIÓN Ø 17,5 PARA PERNO DE ESCALERA Ø 15,9.
- PERFORACIÓN Ø INDICADO.

NOTAS:

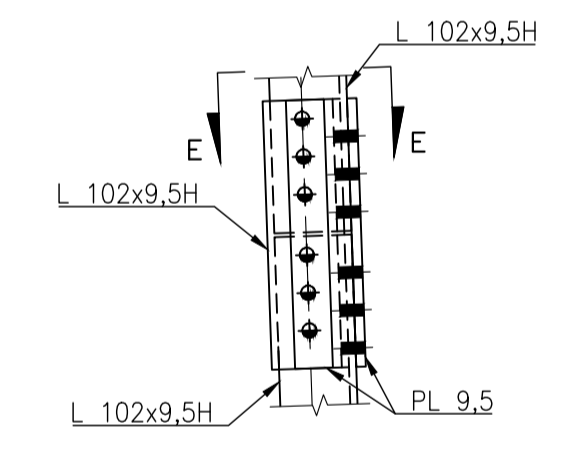
1. VER NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
2. COLOCAR PERFORACIONES DE PUESTA A TIERRA CADA 1000 mm EN TODA LA LONGITUD DEL MONTANTE.
3. VER LA CANTIDAD REQUERIDA DE ESTA ESTRUCTURA EN LA HOJA 1 DE ESTE PLANO.
4. ELEMENTOS CON SUFIZO "H" DEBEN FABRICARSE EN ACERO DE CALIDAD A572-50.



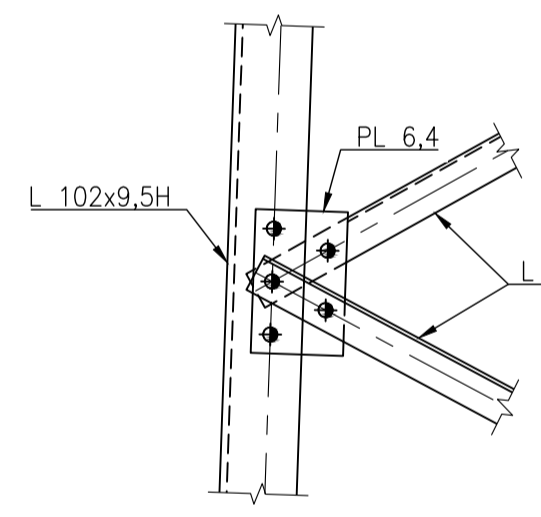
DETALLE 01
SIN ESCALA



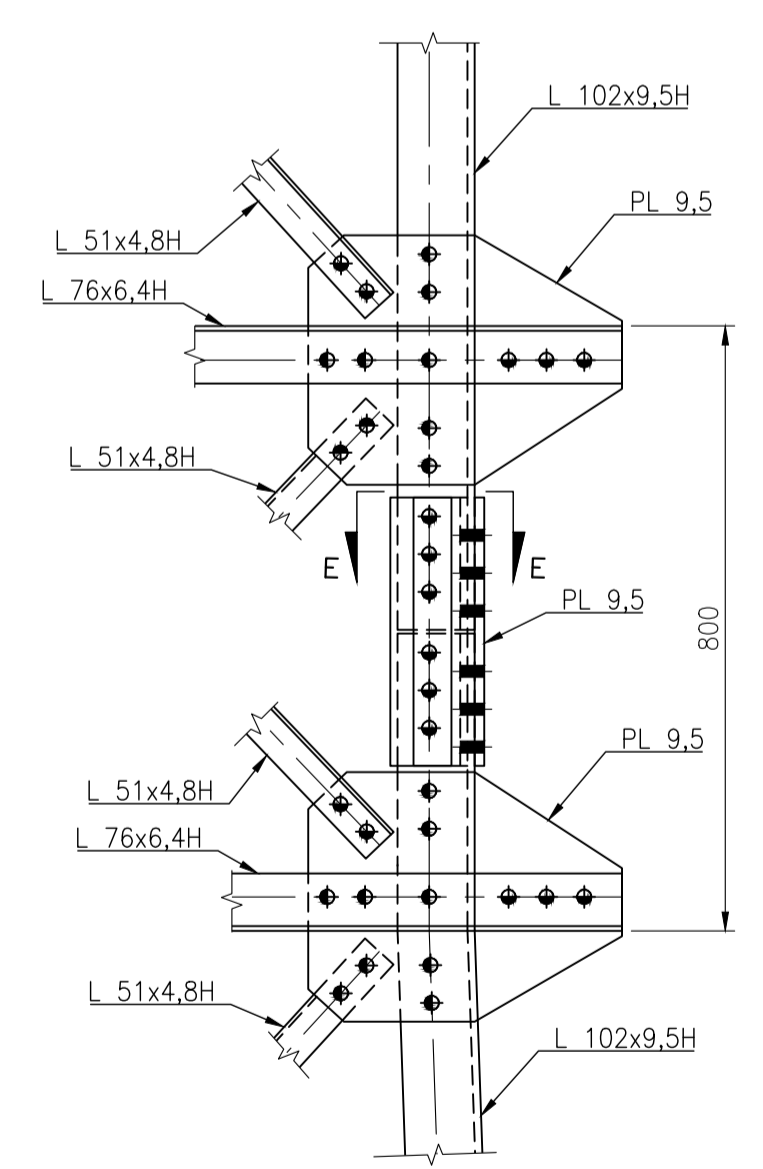
DETALLE 02
SIN ESCALA



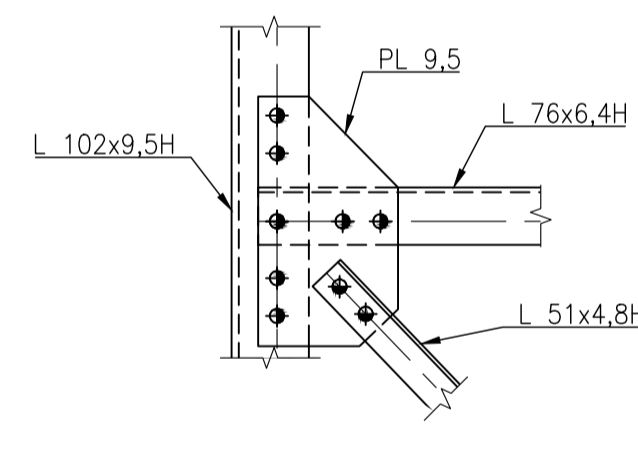
DETALLE 03
SIN ESCALA



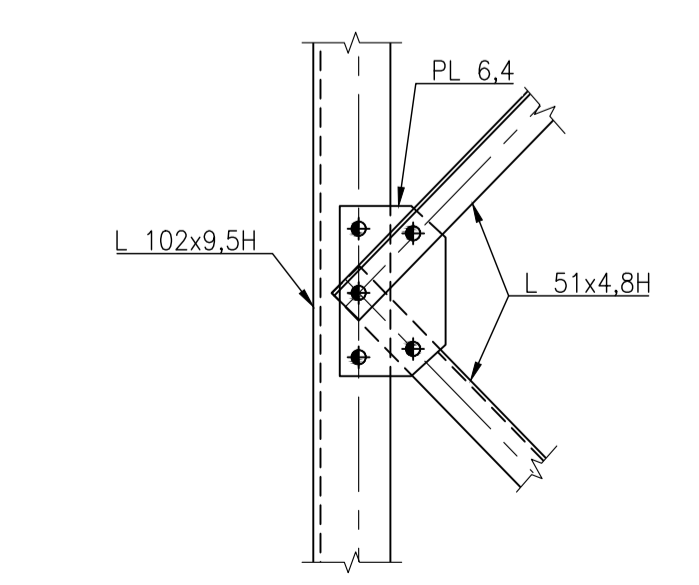
DETALLE 04
SIN ESCALA



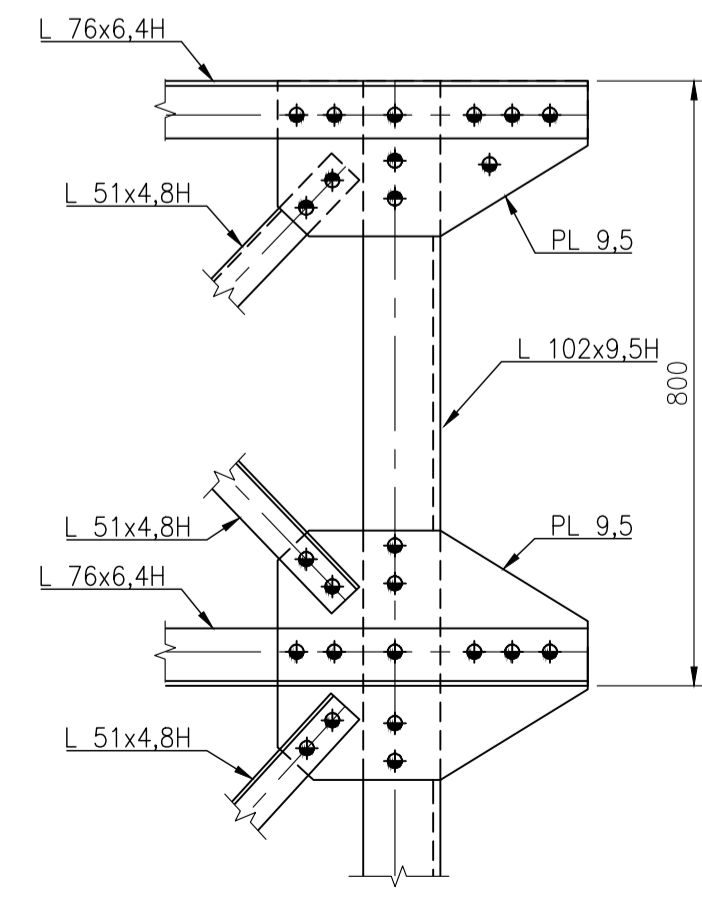
DETALLE 05
SIN ESCALA



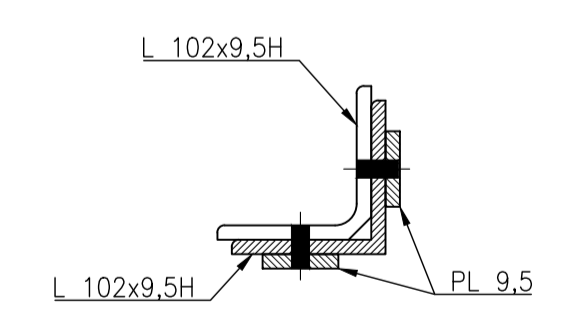
DETALLE 06
SIN ESCALA



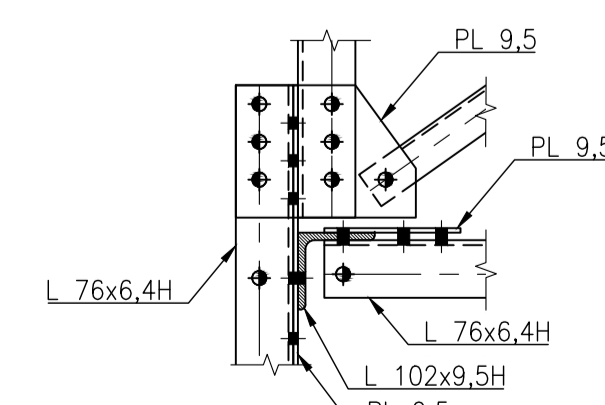
DETALLE 07
SIN ESCALA



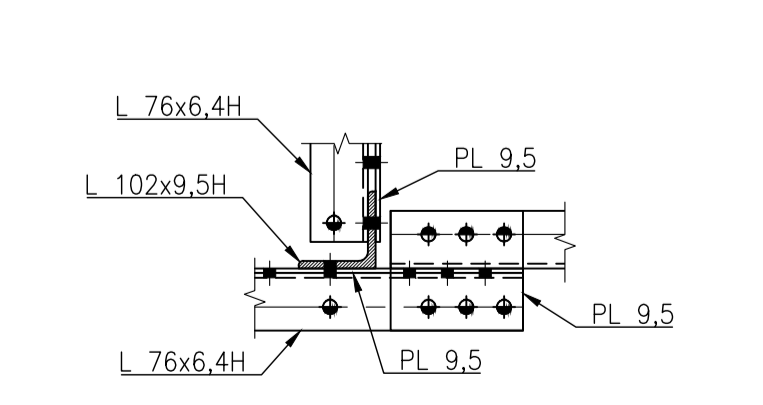
DETALLE 08
SIN ESCALA



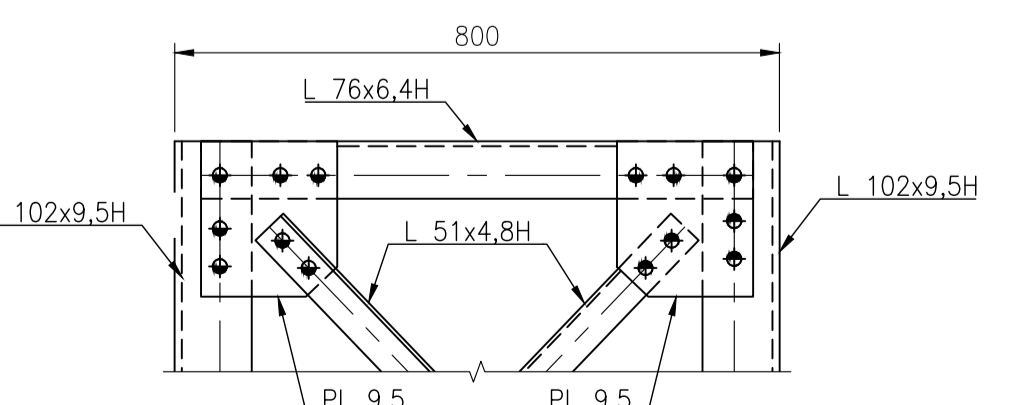
DETALLE 09
SIN ESCALA



DETALLE 10
SIN ESCALA



DETALLE 11
SIN ESCALA



DETALLE 12
SIN ESCALA

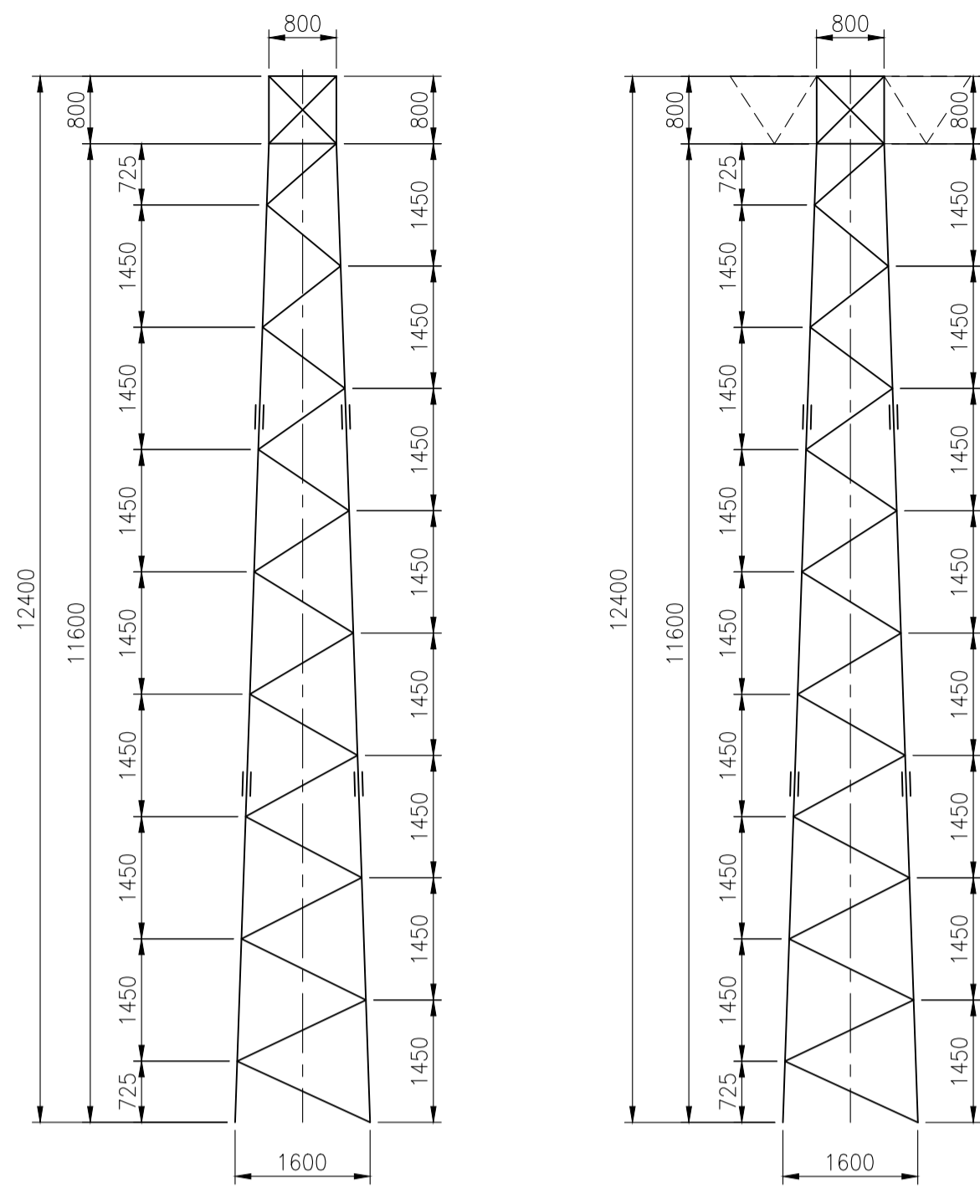
SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	RPMAR/HMV	17.05.2019	-
REVISADO	A.RIOS/HMV	17.05.2019	-
APROBADO	J.FLORES/HMV	17.05.2019	-
NOMBRE	FECHA	FIRMA	

CÓDIGO GE
A19-PIU-220-CO-HMV-0554-ID
CÓDIGO CLIENTE
PE-AM19-GP007-S-01-K1720
REVISIÓN: A3 02
17

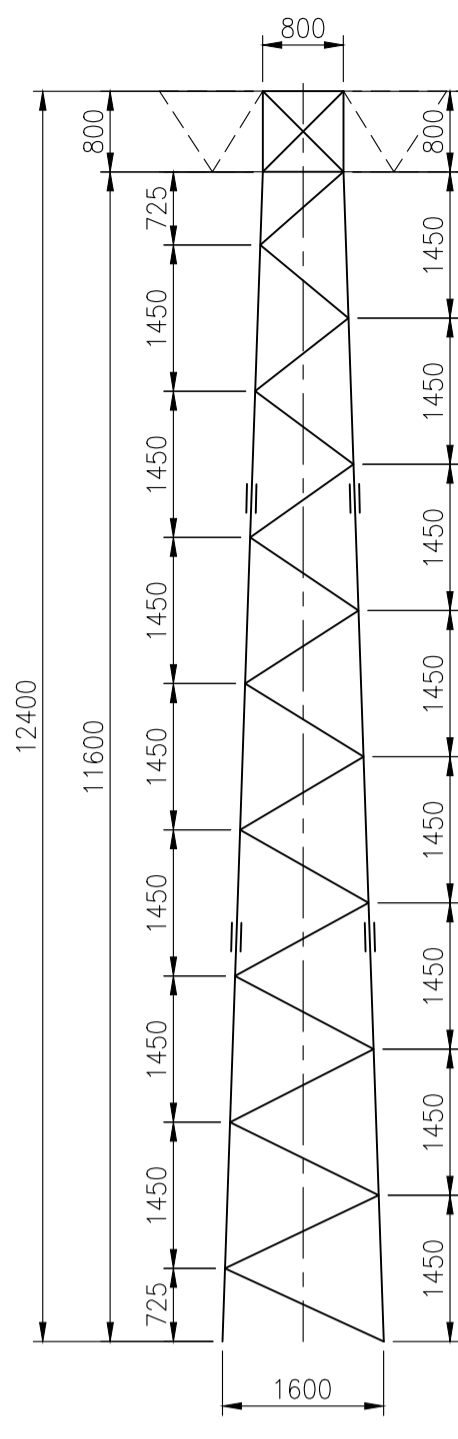
PÓRTICOS 220 kV
PLANO GUIA PARA FABRICACIÓN

© 2016 GE EC-Cold Solutions (US) LLC. Proprietary and confidential information. All Rights Reserved.
 This document is the property of GE EC-Cold Solutions (US) LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in
 whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE EC-Cold Solutions (US)
 LLC.

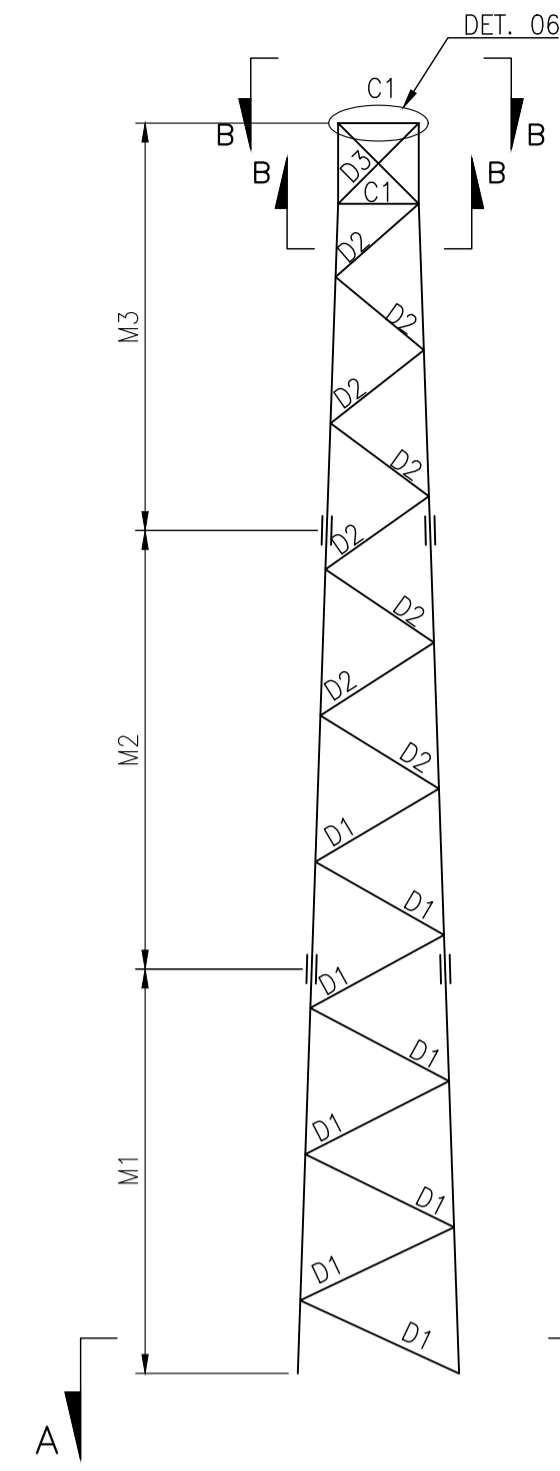


VISTA FRONTAL

COLUMNA C2
ESCALA 1:75

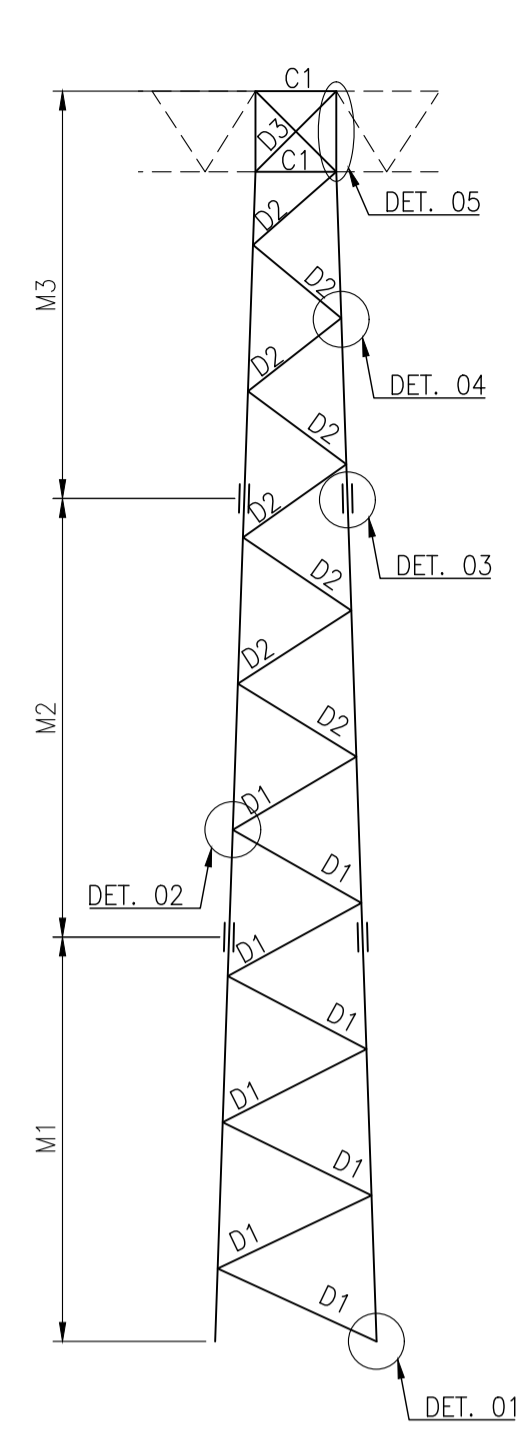


VISTA LATERAL

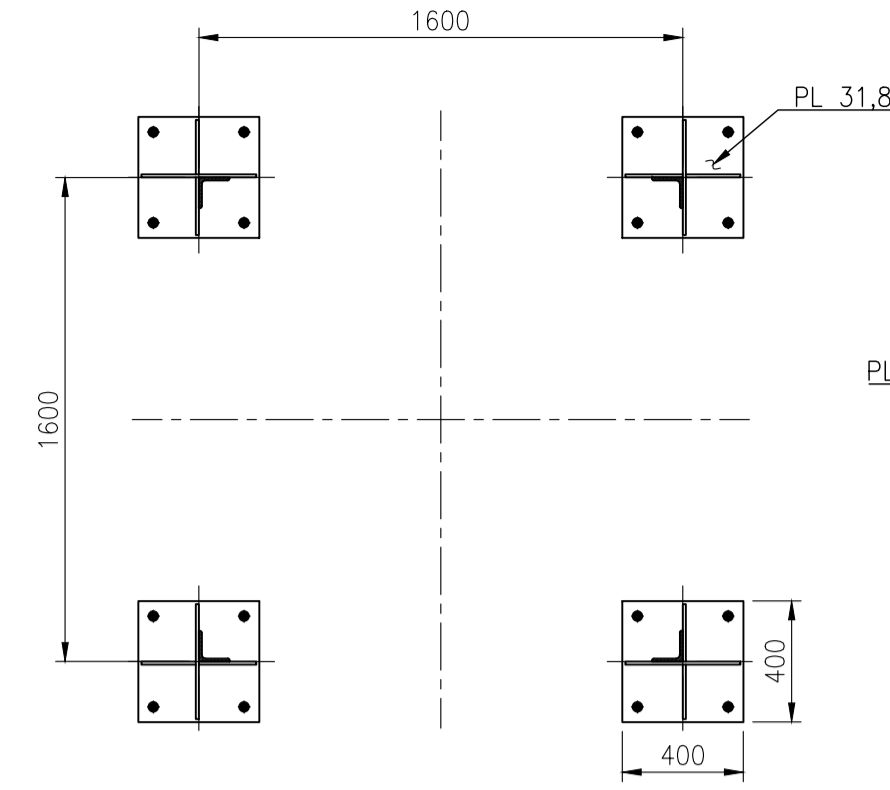


VISTA FRONTAL

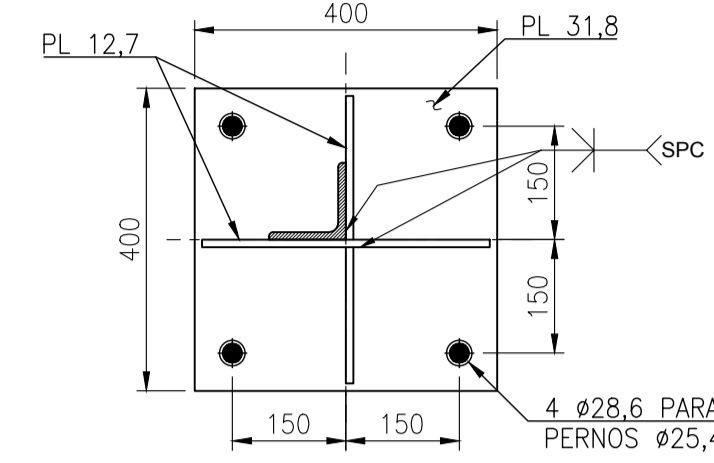
COLUMNA C2
ESCALA 1:75



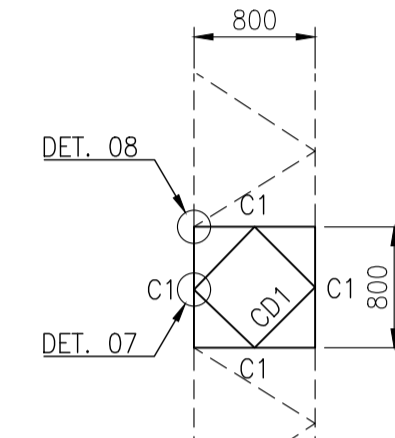
VISTA LATERAL



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:25



SECCIÓN C-C
ESCALA 1:50



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:50

DISTRIBUCIÓN EN ALTURA
PERNOS DE ESCALERA
SIN ESCALA

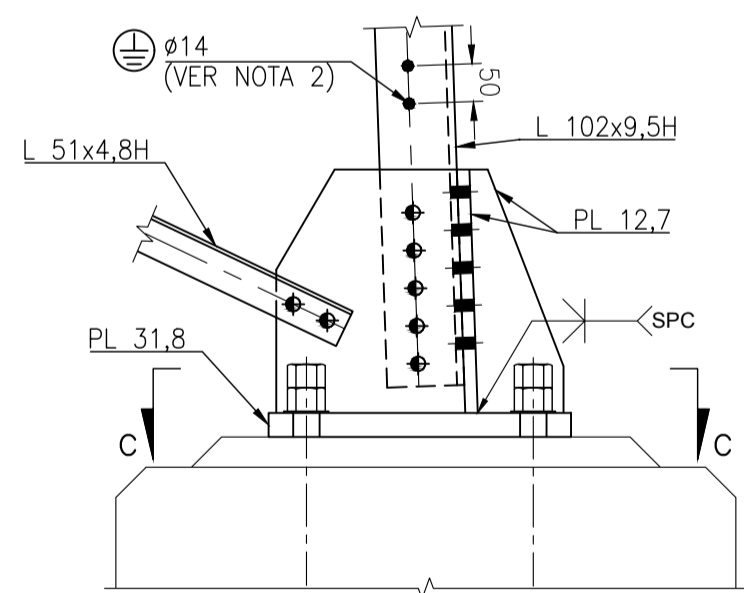
IDENTIFICACIÓN DE COLUMNA C2 - PATIO 220 kV					
TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 102x102x9,5	A572-50	10 Ø15,9 mm	SIMPLE
	M2	L 102x102x9,5	A572-50	6 Ø15,9 mm	DOBLE
	M3	L 102x102x9,5	A572-50	6 Ø15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	D1	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
	D2	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
	D3	L 51x51x4,8	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	C1	L 76x76x6,4	A572-50	2 Ø15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8	A572-50	1 Ø15,9 mm	SIMPLE

CONVENCIONES:

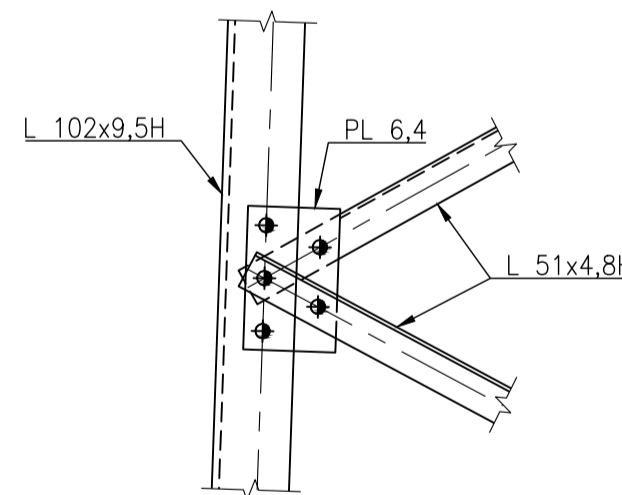
- PROYECCIÓN DEL ELEMENTO CONECTADO.
- DET. DETALLE.
- TIP. TÍPICO.
- SPC. SOLDADURA DE PENETRACIÓN COMPLETA.
- ⊗ FIJACIÓN DE CADENA DE AISLADORES.
- ⊗ FIJACIÓN DE AISLADORES.
- ⊕ PUESTA A TIERRA.
- PERFORACIÓN Ø 14,2 PARA TORNILLO Ø 12,7.
- PERFORACIÓN Ø 17,5 PARA TORNILLO Ø 15,9.
- PERFORACIÓN Ø 20,6 PARA TORNILLO Ø 19,1.
- PERFORACIÓN Ø 17,5 PARA PERNO DE ESCALERA Ø 15,9.
- PERFORACIÓN Ø INDICADO.

NOTAS:

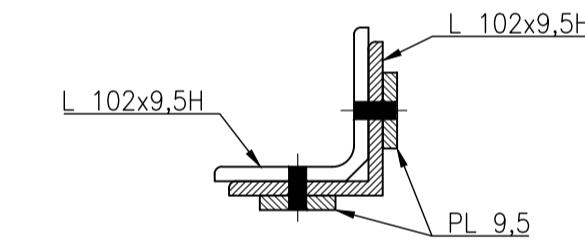
1. VER NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
2. COLOCAR PERFORACIONES DE PUESTA A TIERRA CADA 1000 mm EN TODA LA LONGITUD DEL MONTANTE.
3. VER LA CANTIDAD REQUERIDA DE ESTA ESTRUCTURA EN LA HOJA 1 DE ESTE PLANO.
4. ELEMENTOS CON SUFIZO "H" DEBEN FABRICARSE EN ACERO DE CALIDAD A572-50.



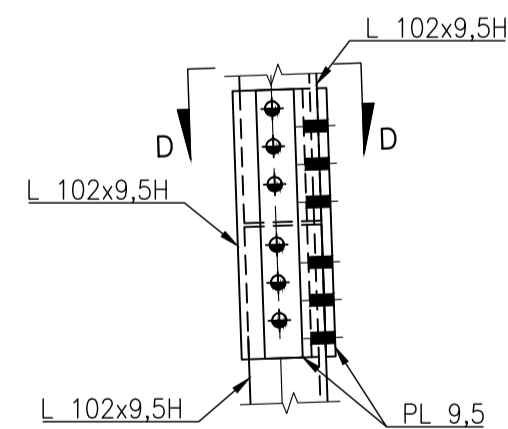
DETALLE 01
SIN ESCALA



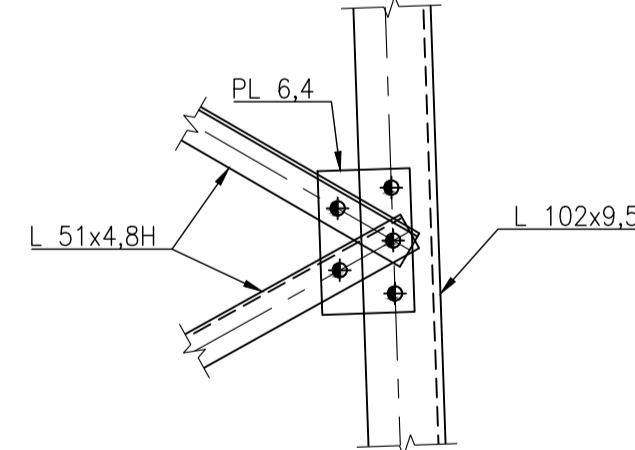
DETALLE 02
SIN ESCALA



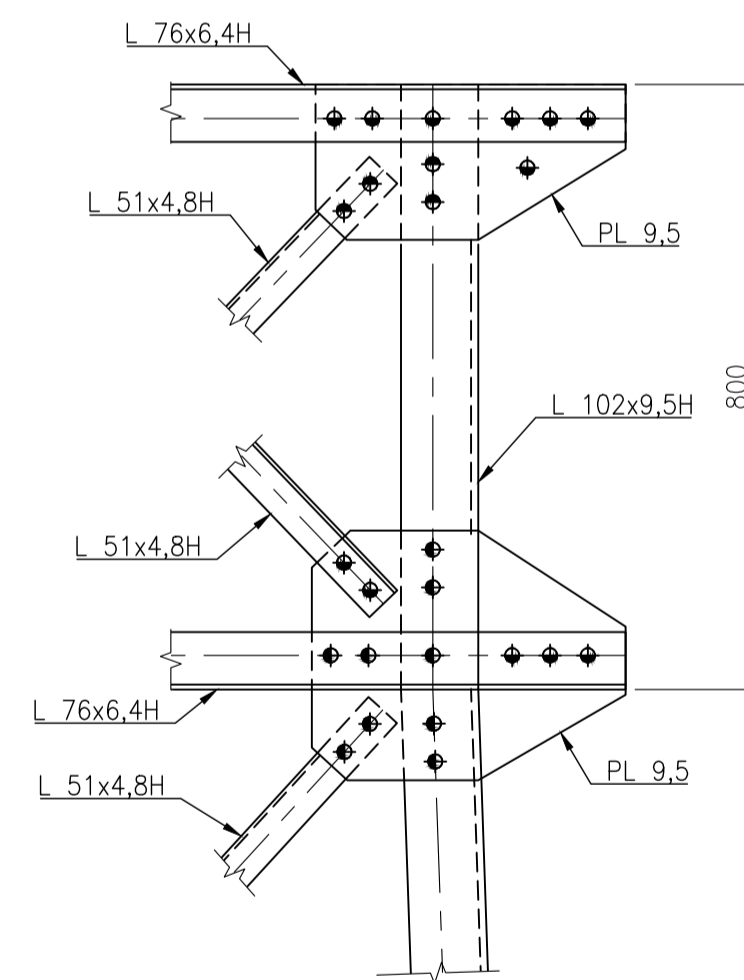
SECCIÓN D-D
SIN ESCALA



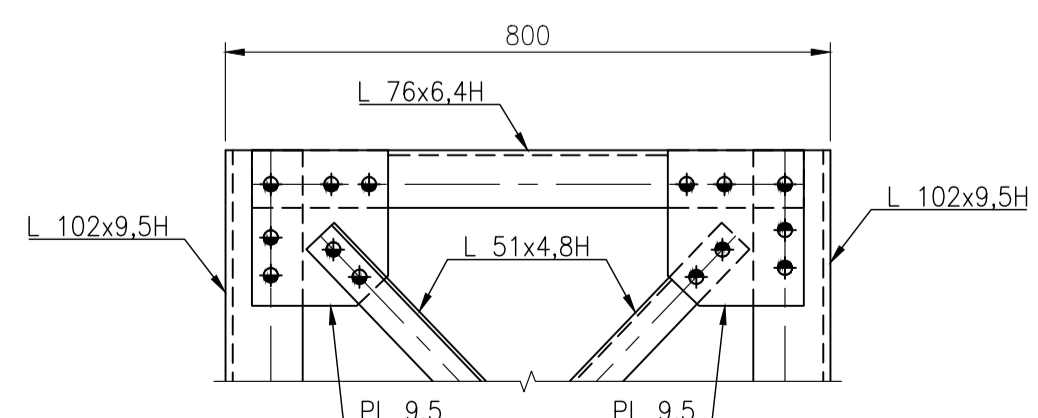
DETALLE 03
SIN ESCALA



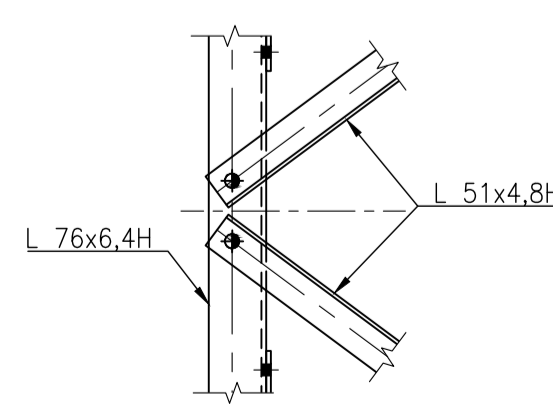
DETALLE 04
SIN ESCALA



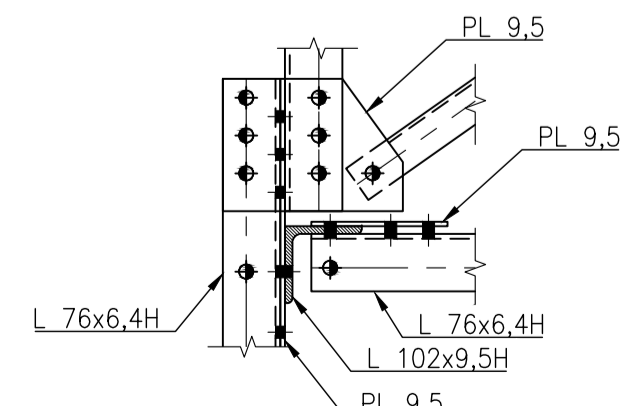
DETALLE 05
SIN ESCALA




DETALLE 06
SIN ESCALA



DETALLE 07
SIN ESCALA




DETALLE 08
SIN ESCALA



SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	R.POMAR/HMV	17.05.2019	-
REVISADO	A.RIOS/HMV	17.05.2019	-
APROBADO	J.FLORES/HMV	17.05.2019	-
NOMBRE		FECHA	FIRMA



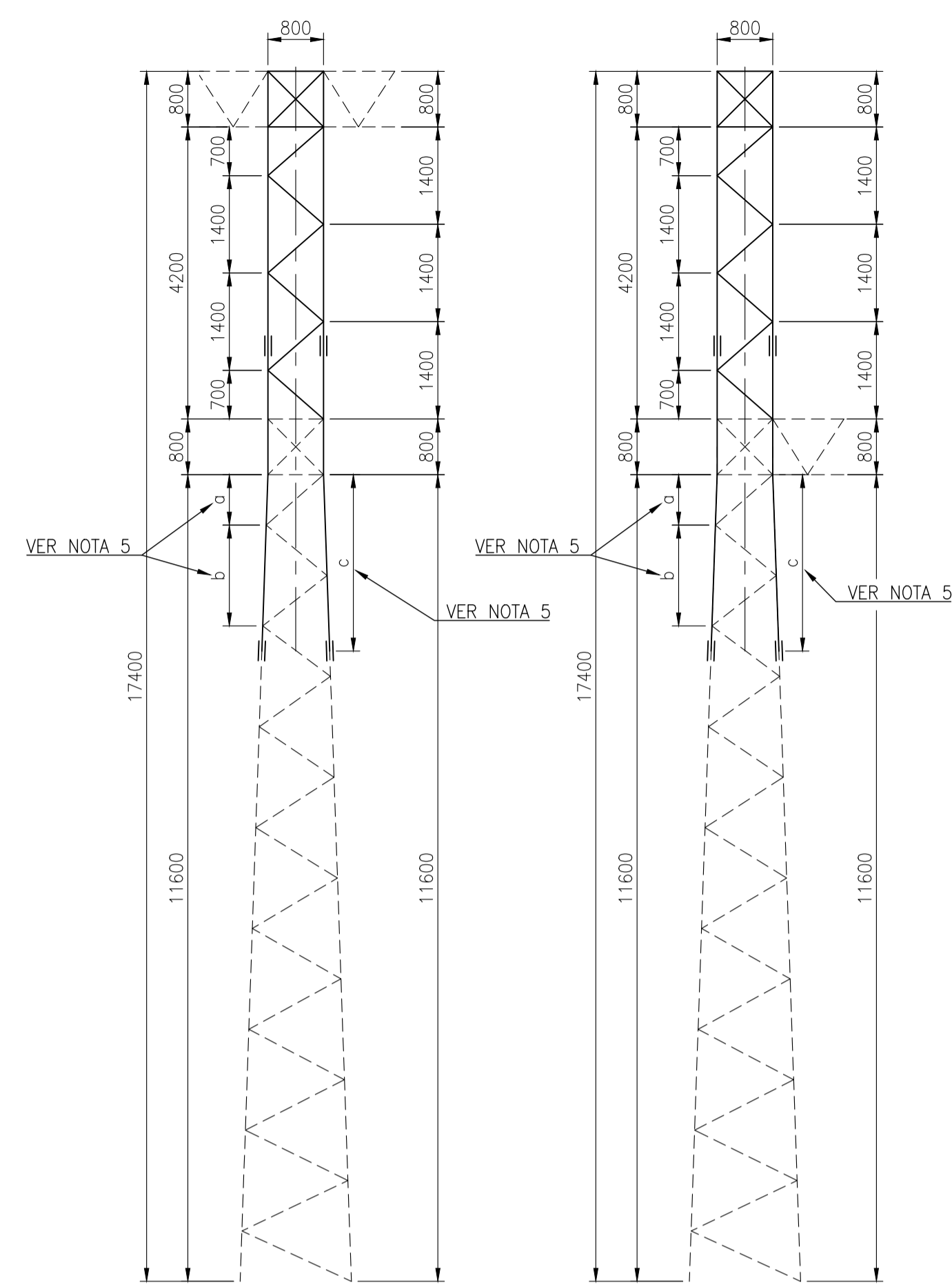
ESCALA INDICADA: A1
UNIDADES: mm

PÓRTICOS 220 kV
PLANO GUIA PARA FABRICACIÓN

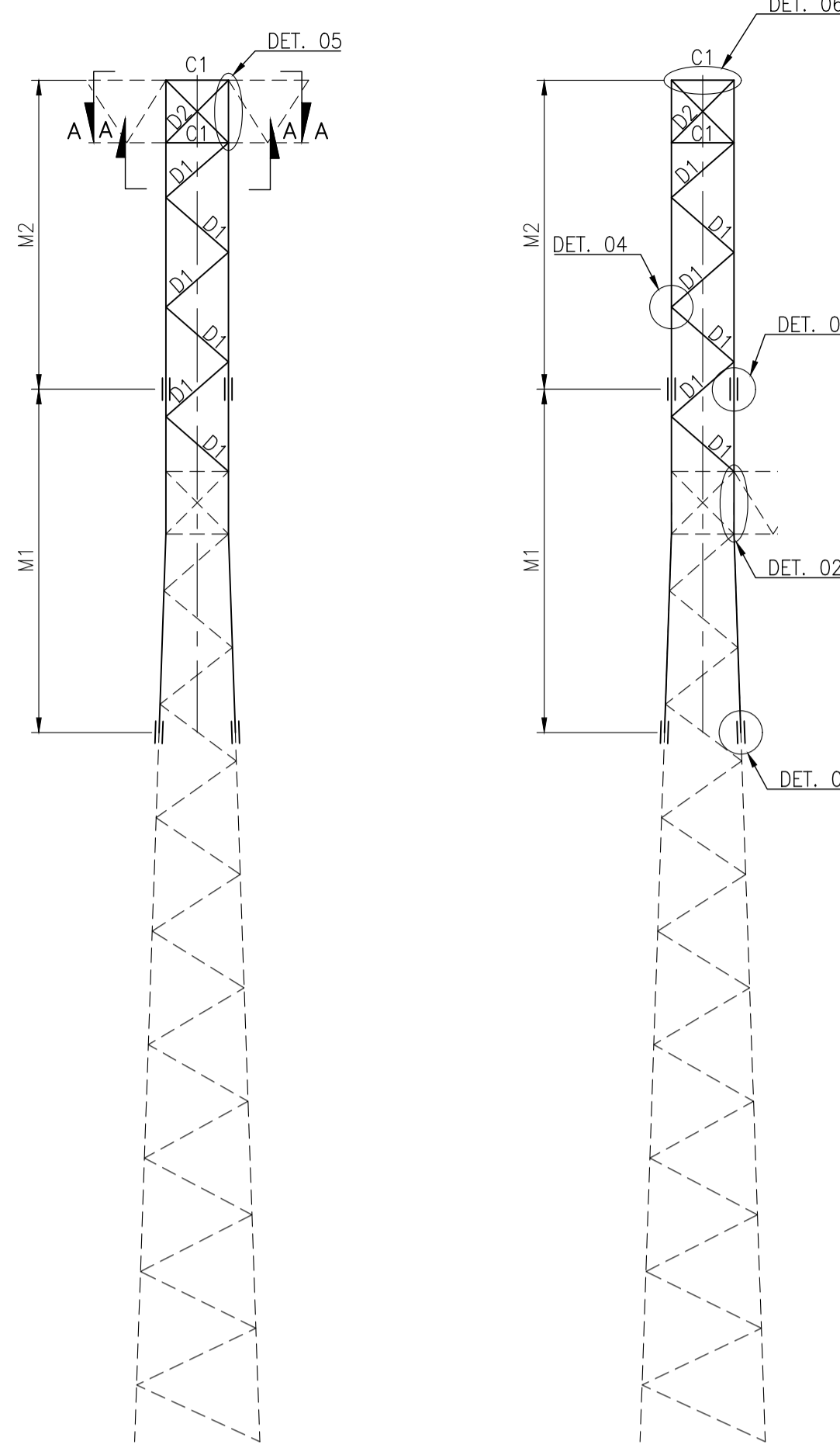
CÓDIGO GE: A19-PIU-220-CO-HMV-0554-ID
CÓDIGO CLIENTE: PE-AM19-GP007-S-01-K1720
REVISIÓN: A3 03 17

© 2016 GE EC-Cold Solutions (US), LLC. All rights reserved. This document is the property of GE EC-Cold Solutions (US), LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE EC - Grid Solutions (US), LLC.
 Creado con AutoCAD
 No Escalar
 Rev: 17/05/2019
 CDASIT/TEMA/DWG - R0

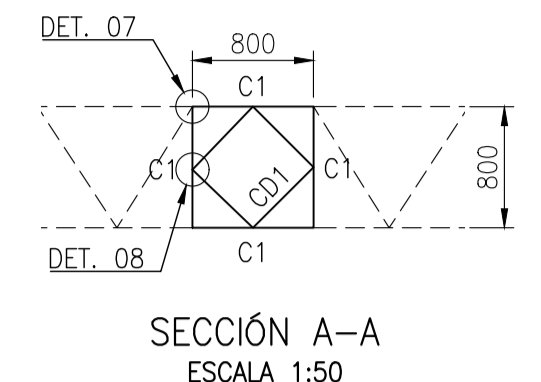
IDENTIFICACIÓN DE COLUMNA C3 – PATIO 220 kV					
TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 102x102x9,5	A572-50	6 φ15,9 mm	DOBLE
	M2	L 102x102x9,5	A572-50	6 φ15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	D1	L 51x51x4,8	A572-50	2 φ15,9 mm	SIMPLE
	D2	L 51x51x4,8	A572-50	2 φ15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	C1	L 76x76x6,4	A572-50	2 φ15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8	A572-50	1 φ15,9 mm	SIMPLE



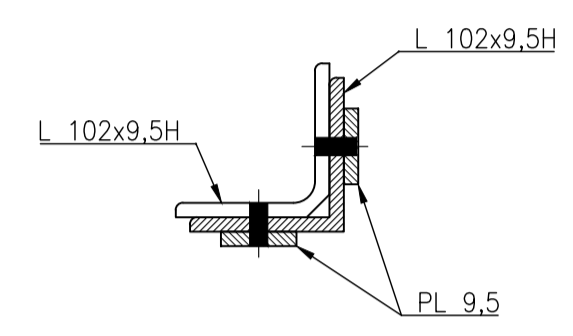
VISTA FRONTAL
COLUMNA C3
ESCALA 1:75



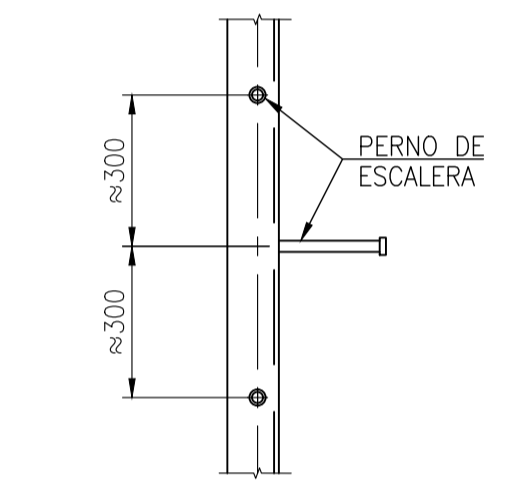
VISTA FRONTAL
COLUMNA C3
ESCALA 1:75



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:50



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:50



DISTRIBUCIÓN EN ALTURA
PERNOS DE ESCALERA
SIN ESCALA

CONVENCIONES:

- PROYECCIÓN DEL ELEMENTO CONECTADO.
- DET. DETALLE.
- TIP. TÍPICO.
- SPC. SOLDADURA DE PENETRACIÓN COMPLETA.
- ⊗ FIJACIÓN DE CADENA DE AISLADORES.
- ⊗ FIJACIÓN DE AISLADORES.
- ⊕ PUESTA A TIERRA.
- PERFORACIÓN φ 14,2 PARA TORNILLO φ 12,7.
- ◆ PERFORACIÓN φ 17,5 PARA TORNILLO φ 15,9.
- PERFORACIÓN φ 20,6 PARA TORNILLO φ 19,1.
- PERFORACIÓN φ 17,5 PARA PERNO DE ESCALERA φ 15,9.
- PERFORACIÓN φ INDICADO.

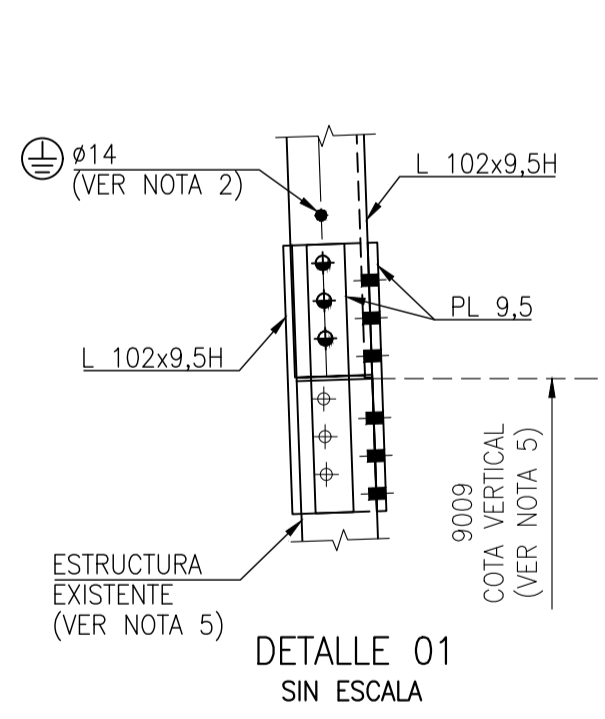
NOTAS:

1. VER NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
2. COLOCAR PERFORACIONES DE PUESTA A TIERRA CADA 1000 mm EN TODA LA LONGITUD DEL MONTANTE.
3. VER LA CANTIDAD REQUERIDA DE ESTA ESTRUCTURA EN LA HOJA 1 DE ESTE PLANO.
4. ELEMENTOS CON SUFIZO "H" DEBEN FABRICARSE EN ACERO DE CALIDAD A572-50.
5. LAS DIMENSIONES DE LA MONTANTE "M1" Y DE LOS ELEMENTOS DE EMPALME, ASÍ COMO, LA UBICACIÓN DE LOS AGUJEROS DEBEN ESTAR DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES. EN ESTE PLANO SE PRESENTAN ESQUEMAS BÁSICOS PARA LA DEFINICIÓN DE LAS DIMENSIONES DE TODOS LOS ELEMENTOS, SIN EMBARGO LAS DIMENSIONES DEFINITIVAS DEL PLANO DE TALLER DEBERÁN SER DEFINIDAS POR EL FABRICANTE TOMANDO COMO REFERENCIA LOS PLANOS DE TALLER DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES, LOS CUALES SE RELACIONAN A CONTINUACIÓN:

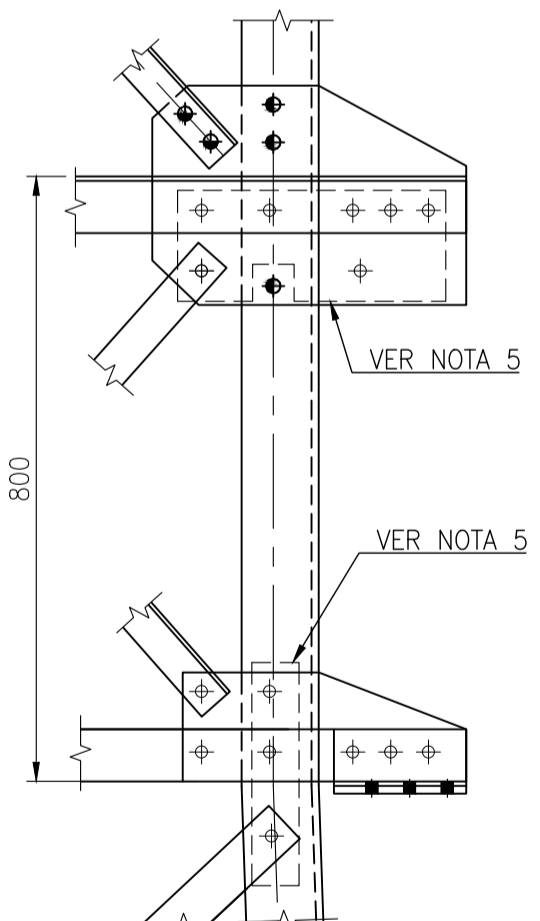
- COLUMNA "C1A" Y VIGA "V5": PE-AMP5-GT-108-2009-PIU-50.136

- A3.0 17.05.2019 J.FLORES/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE ACTUALIZACIÓN DE CONEXIÓN
- A2.0 25.09.2018 J.REINOSO/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE REVISIÓN INTERNA
- A1.0 11.09.2018 J.REINOSO/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE REUBICACIÓN DEL BANCO BC21
- A0.0 19.07.2018 J.REINOSO/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE PRIMERA EMISIÓN

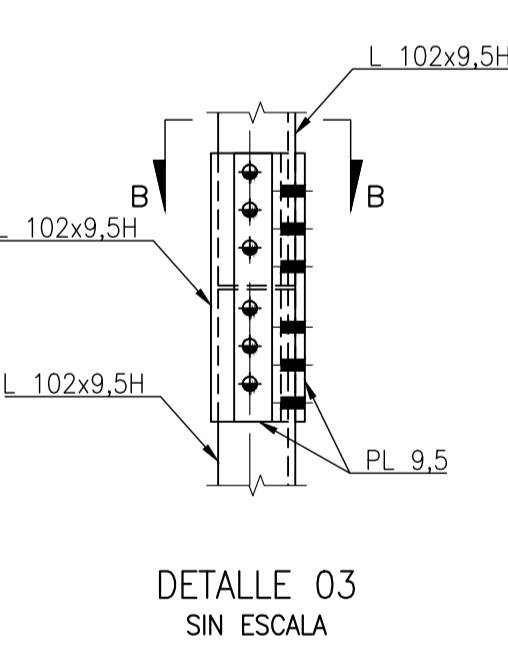
- A3 17.05.2019 J.FLORES/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE ACTUALIZACIÓN DE CONEXIÓN PA
- A2 25.09.2018 J.REINOSO/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE REVISIÓN INTERNA A
- A1 11.09.2018 J.REINOSO/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE REUBICACIÓN DEL BANCO BC21 A
- A0 19.07.2018 J.REINOSO/HMV H.LÓPEZ/GE F.LÓPEZ/GE PRIMERA EMISIÓN ACC



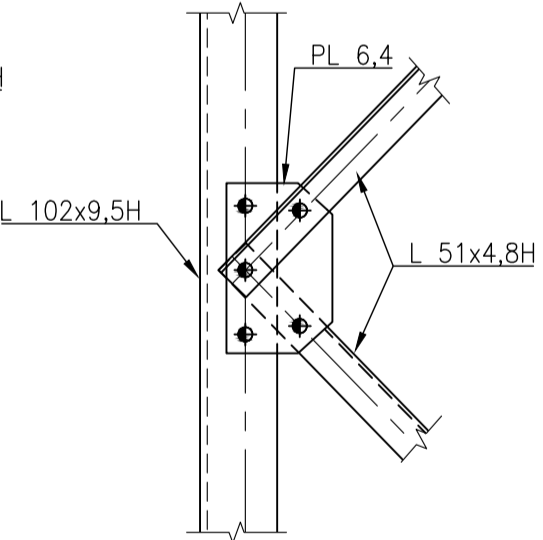
DETALLE 01
SIN ESCALA



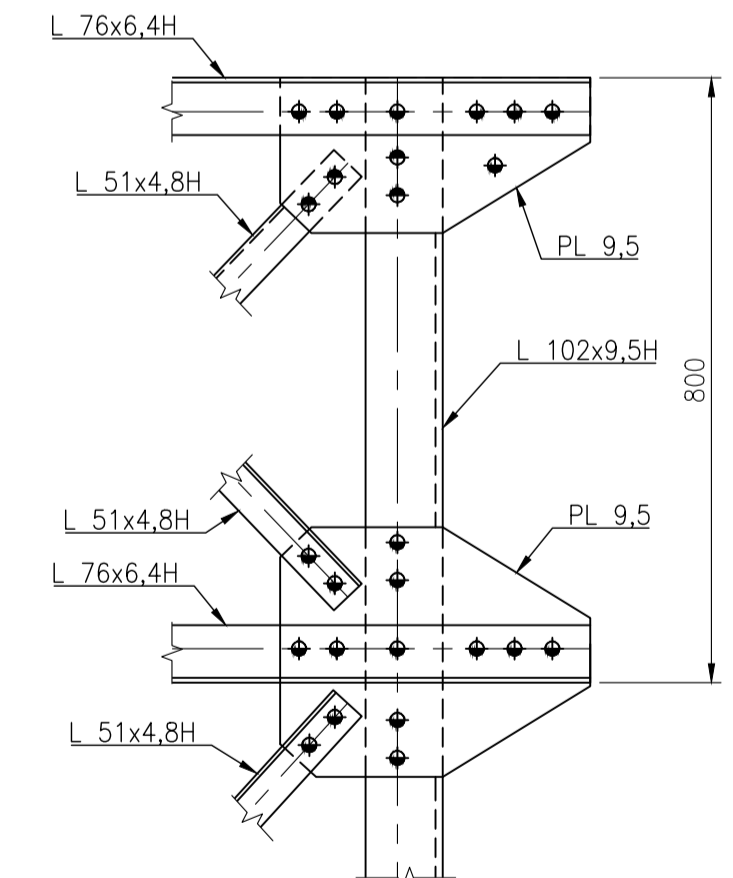
DETALLE 02
SIN ESCALA



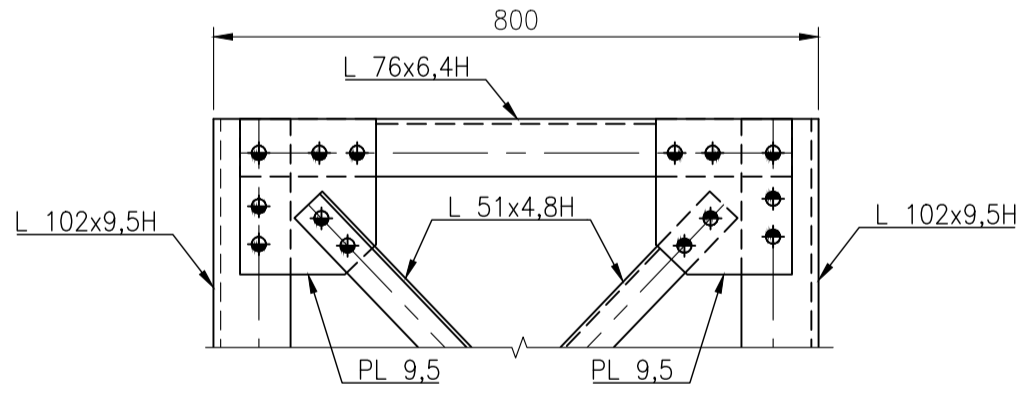
DETALLE 03
SIN ESCALA



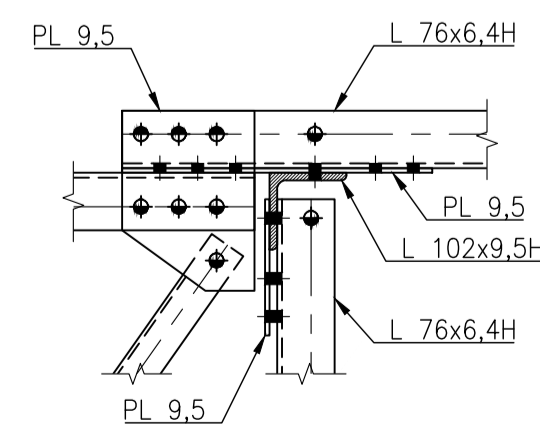
DETALLE 04
SIN ESCALA



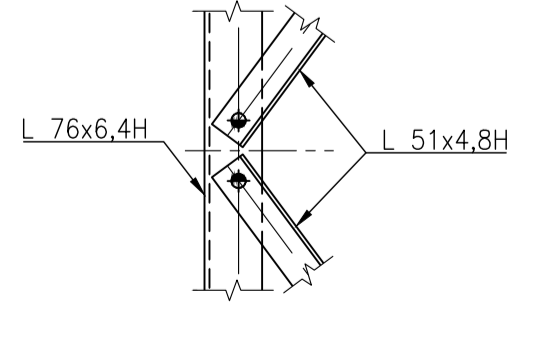
DETALLE 05
SIN ESCALA



DETALLE 06
SIN ESCALA



DETALLE 07
SIN ESCALA



DETALLE 08
SIN ESCALA

isa

SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	R.POMAR/HMV	17.05.2019	-
REVISADO	A.RIOS/HMV	17.05.2019	-
APROBADO	J.FLORES/HMV	17.05.2019	-
	NOMBRE	FECHA	FIRMA

Grid Solutions

ESCALA INDICADA: A1

FORMATO: A1

UNIDADES: mm

PÓRTICOS 220 kV

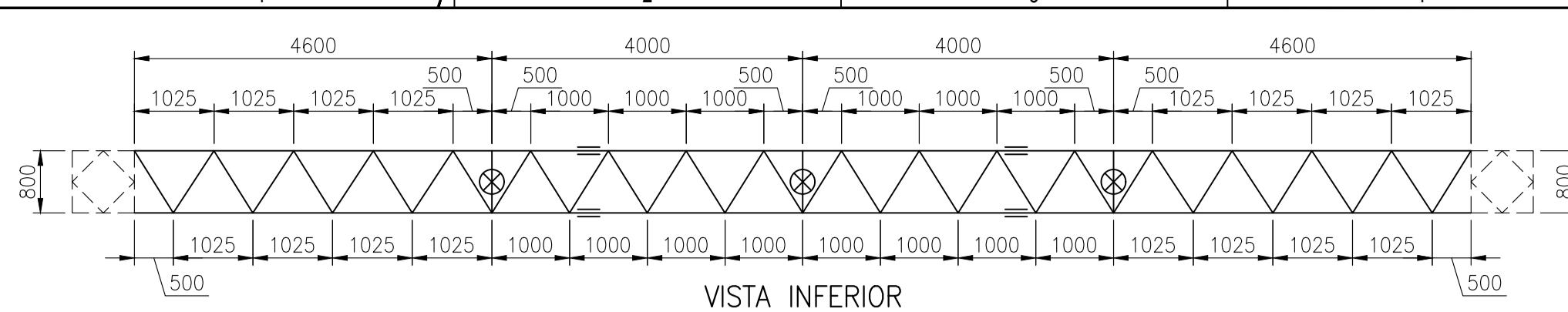
PLANO GUÍA PARA FABRICACIÓN

CÓDIGO GE: A19-PIU-220-CO-HMV-0554-ID

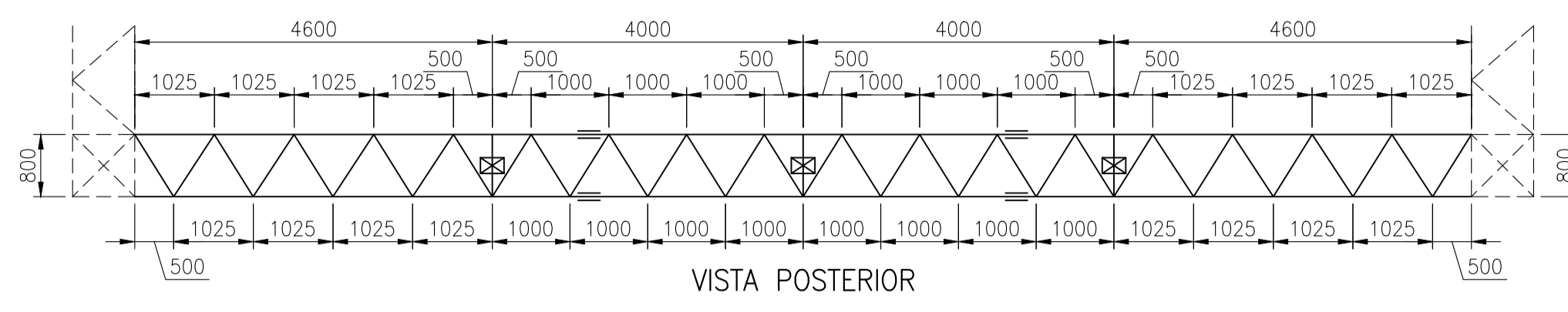
CÓDIGO CLIENTE: PE-AM19-GP007-S-01-K1720

REVISIÓN: A3

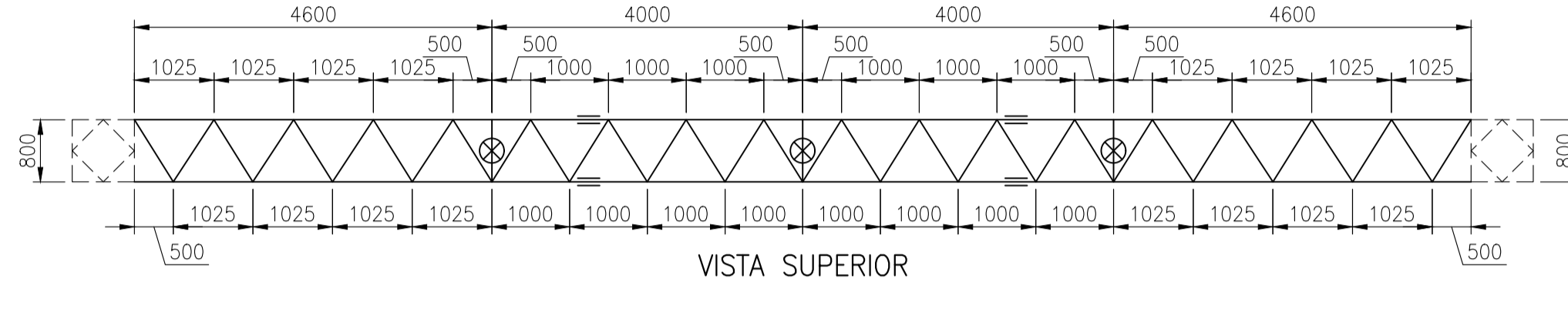
© 2016 GE EC-Cold Solutions (US) LLC. All rights reserved. This document is the property of GE EC-Cold Solutions (US) LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE EC - Grid Solutions (US) LLC.
 Creado con AutoCAD
 No Escalar
 Rev: 13/2016
 CDASIT-TEMA/DWG - R0



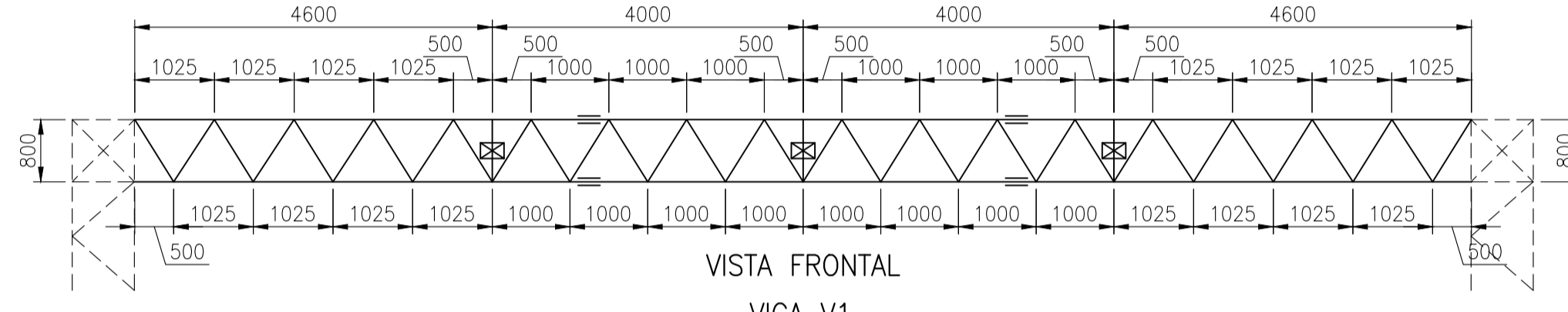
VISTA INFERIOR



VISTA POSTERIOR

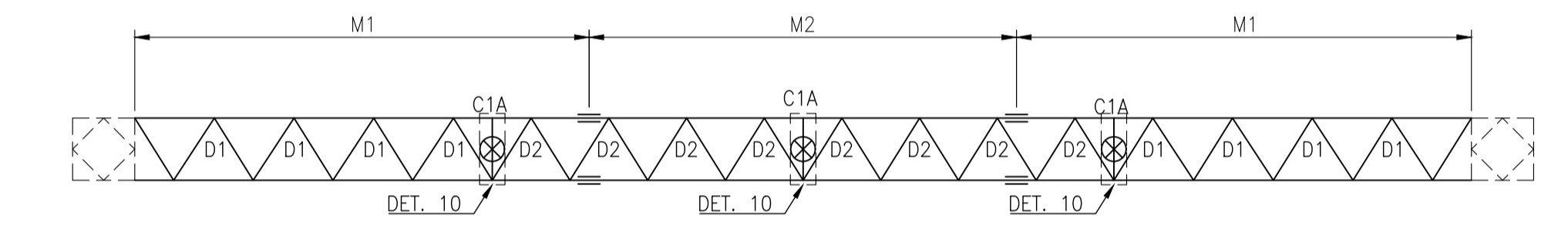


VISTA SUPERIOR

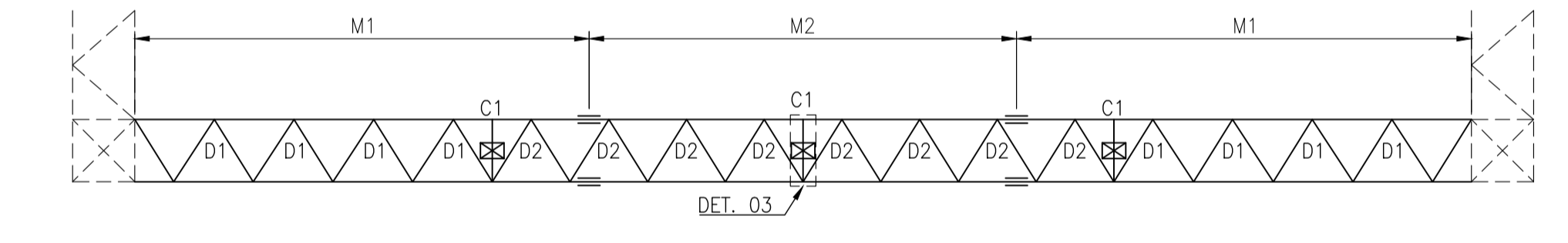


VISTA FRONTAL

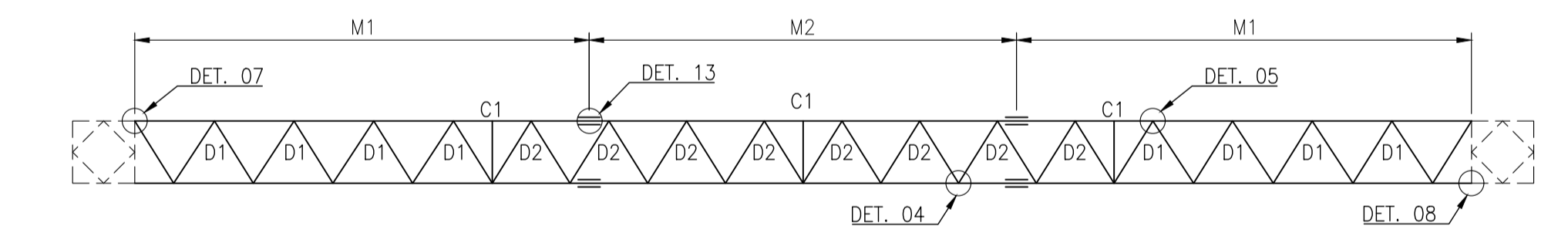
VIGA V1
ESCALA 1:75



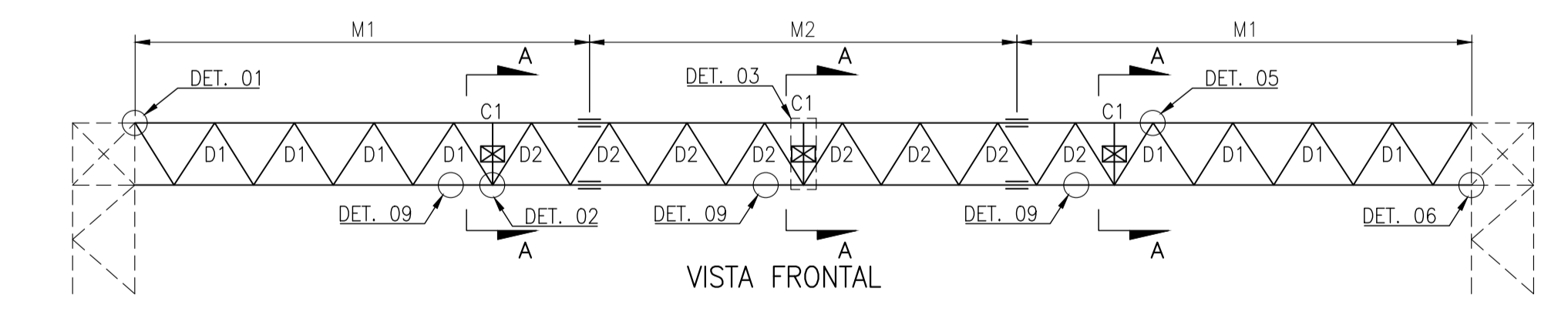
VISTA INFERIOR



VISTA POSTERIOR

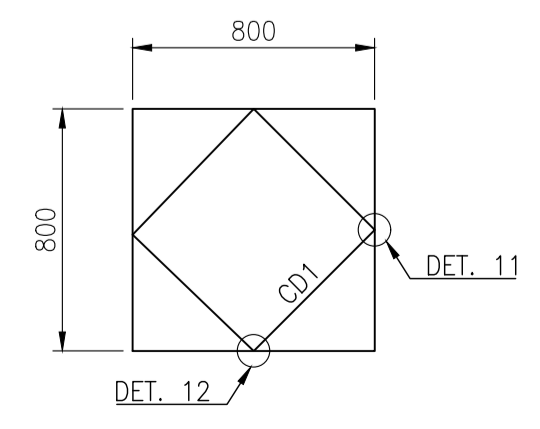


VISTA SUPERIOR

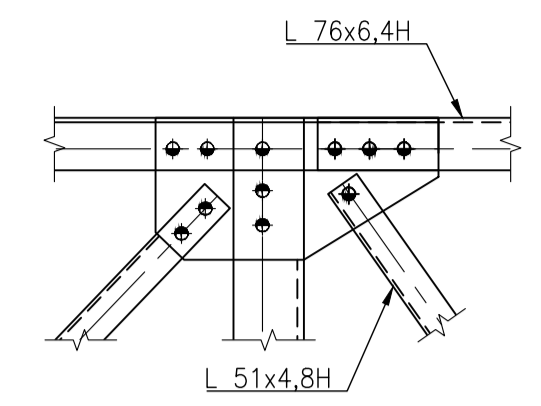


VISTA FRONTAL

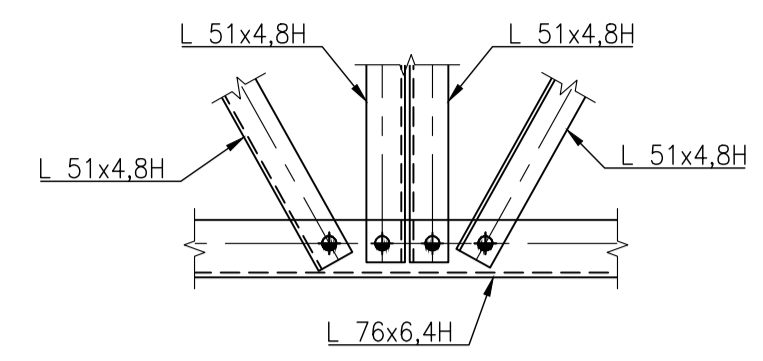
VIGA V1
ESCALA 1:75



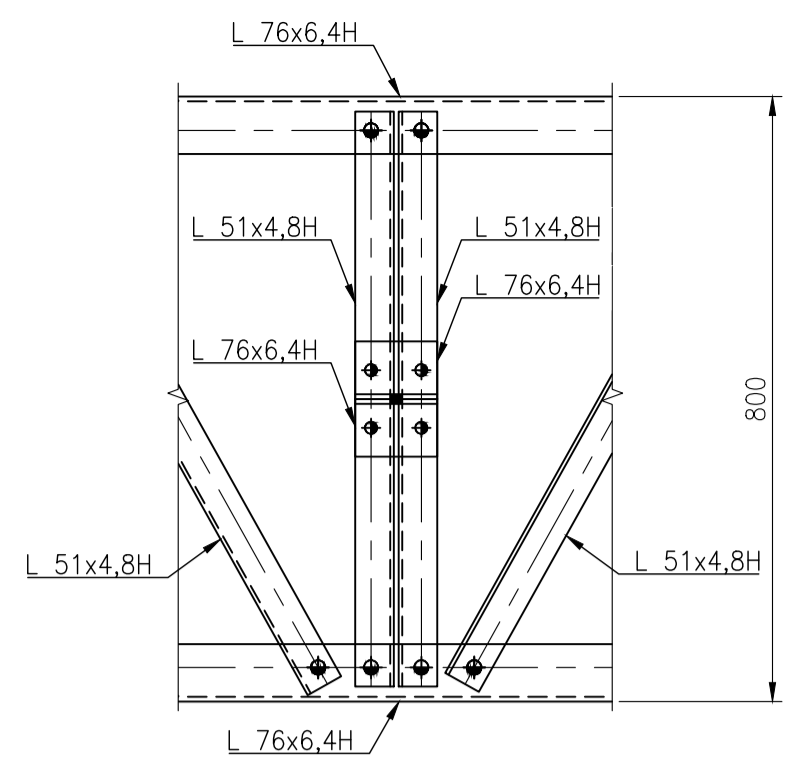
SECCIÓN A-A
SIN ESCALA



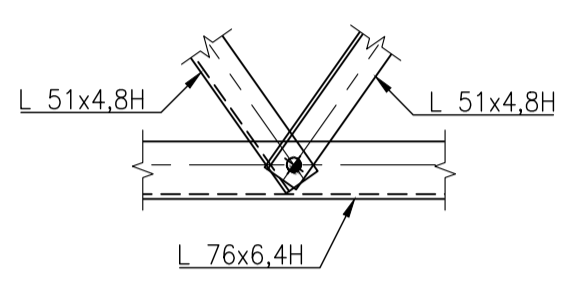
DETALLE 01
SIN ESCALA



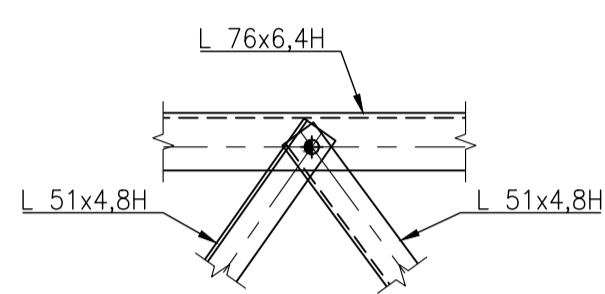
DETALLE 02
SIN ESCALA



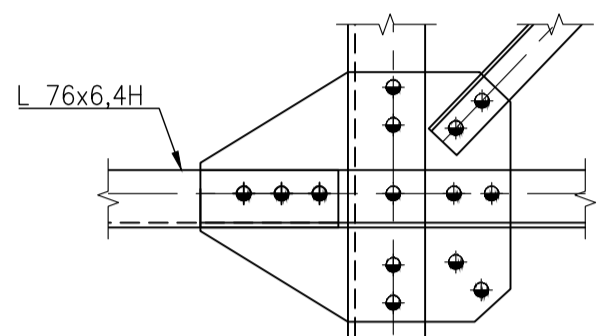
DETALLE 03
SIN ESCALA



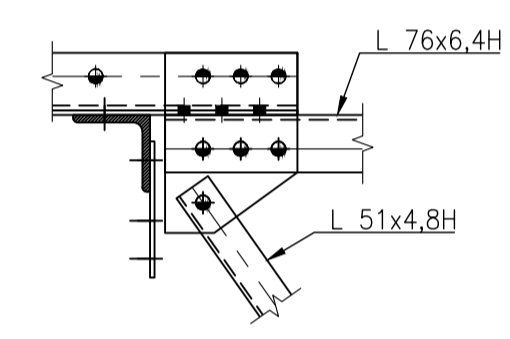
DETALLE 04
SIN ESCALA



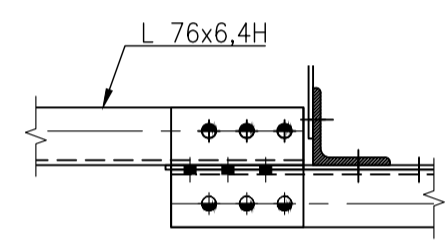
DETALLE 05
SIN ESCALA



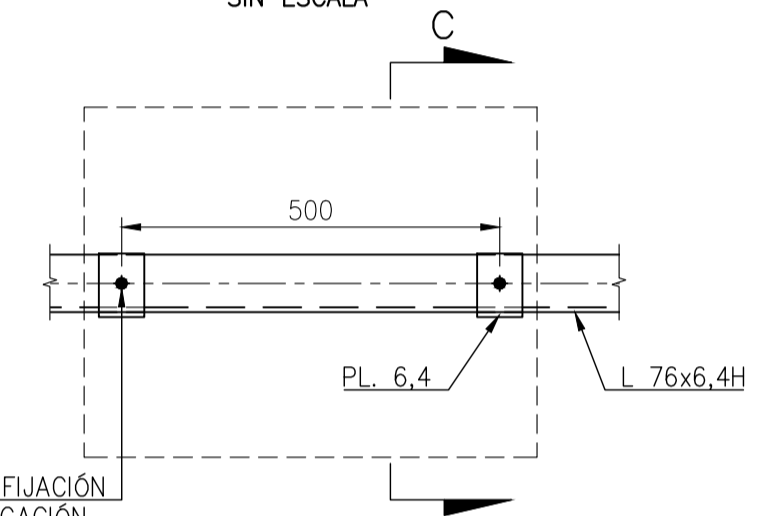
DETALLE 06
SIN ESCALA



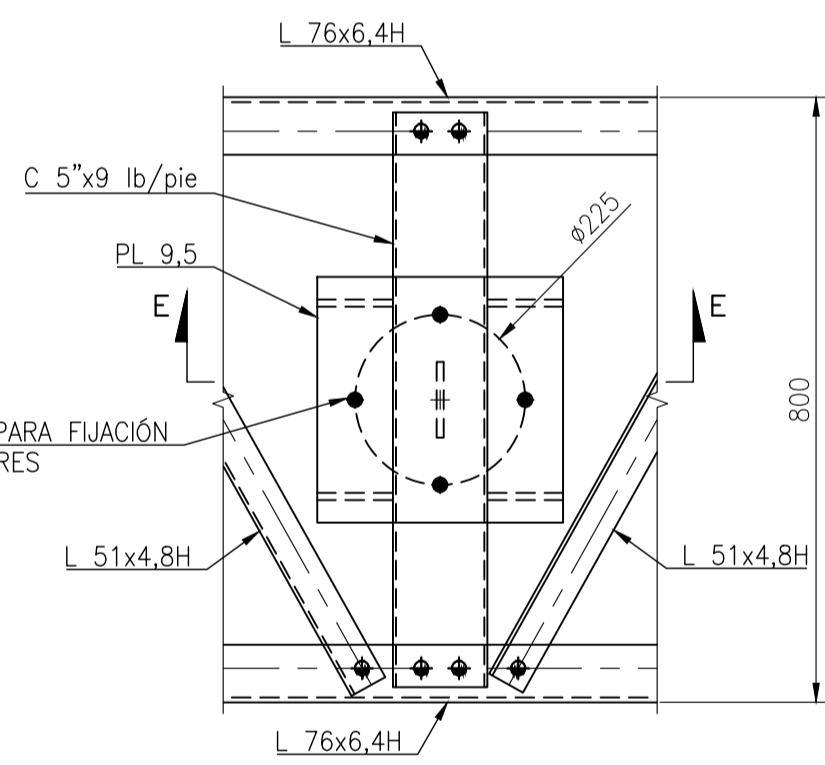
DETALLE 07
SIN ESCALA



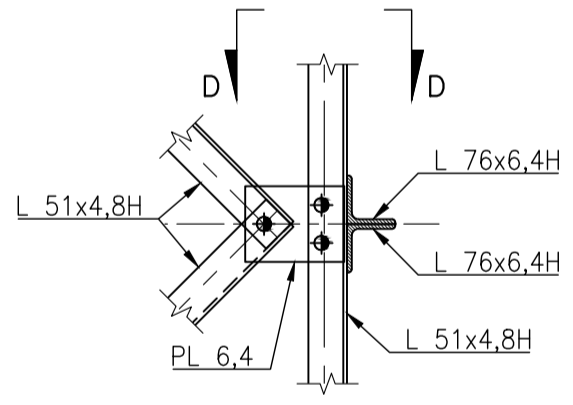
DETALLE 08
SIN ESCALA



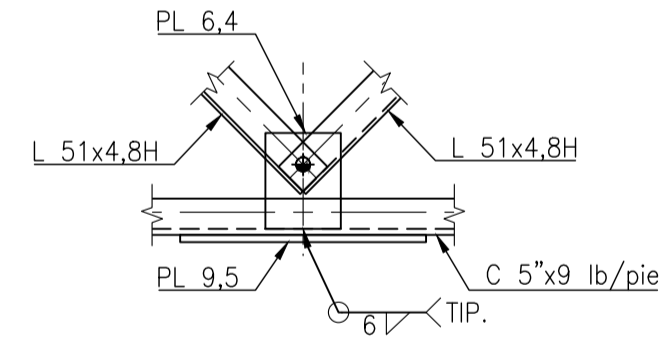
DETALLE 09
SIN ESCALA



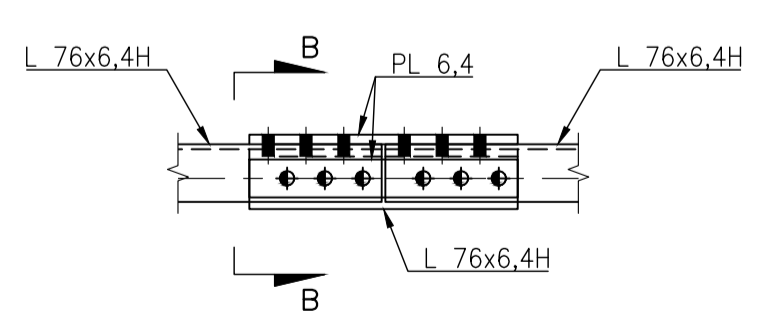
DETALLE 10
SIN ESCALA



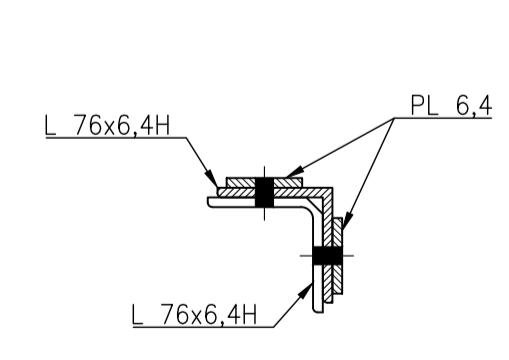
DETALLE 11
SIN ESCALA



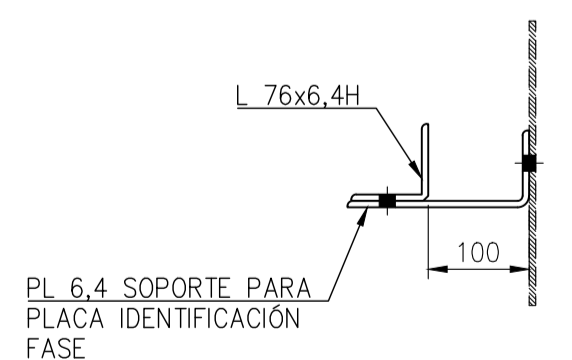
DETALLE 12
SIN ESCALA



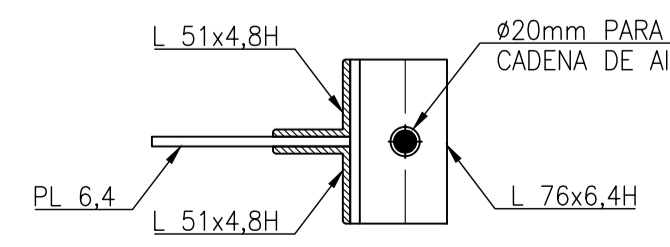
DETALLE 13
SIN ESCALA



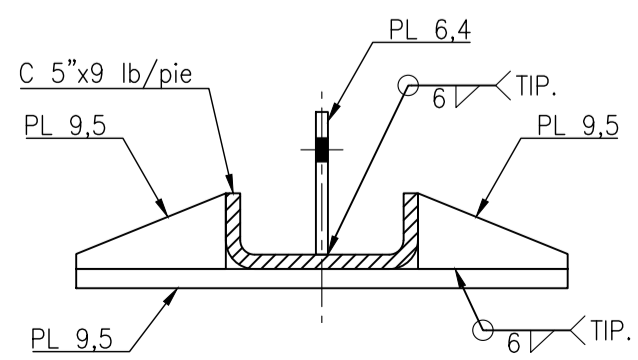
SECCIÓN B-B
SIN ESCALA



SECCIÓN C-C
SIN ESCALA



SECCIÓN D-D
SIN ESCALA



SECCIÓN E-E
SIN ESCALA

IDENTIFICACIÓN DE VIGAS V1 - PATIO 220 kV					
TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 76x76x6,4	A572-50	6 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
	M2	L 76x76x6,4	A572-50	6 ϕ 15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	D1	L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
	D2	L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	C1	2L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
	C1A	C 5"x9 lb/pie	A572-50	2 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE

CONVENCIONES:

- PROYECCIÓN DEL ELEMENTO CONECTADO.
- DET. DETALLE.
- TIP. TÍPICO.
- SPC. SOLDADURA DE PENETRACIÓN COMPLETA.
- ⊗ FIJACIÓN DE CADENA DE AISLADORES.
- ⊕ FIJACIÓN DE AISLADORES.
- ⊕ PUESTA A TIERRA.
- PERFORACIÓN ϕ 14,2 PARA TORNILLO ϕ 12,7.
- PERFORACIÓN ϕ 17,5 PARA TORNILLO ϕ 15,9.
- PERFORACIÓN ϕ 20,6 PARA TORNILLO ϕ 19,1.
- PERFORACIÓN ϕ 17,5 PARA PERNO DE ESCALERA ϕ 15,9.
- PERFORACIÓN ϕ INDICADO.

NOTAS:

1. VER NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
2. VER LA CANTIDAD REQUERIDA DE ESTA ESTRUCTURA EN LA HOJA 1 DE ESTE PLANO.
3. ELEMENTOS CON SUFJO "H" DEBEN FABRICARSE EN ACERO DE CALIDAD A572-50.

SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	R.POMAR/HMV	17.05.2019	-
REVISADO	A.RIOS/HMV	17.05.2019	-
APROBADO	J.FLORES/HMV	17.05.2019	-
	NOMBRE	FECHA	FIRMA

ESCALA INDICADA

FORMATO A1

UNIDADES mm

CONTENIDO

PÓRTICOS 220 kV

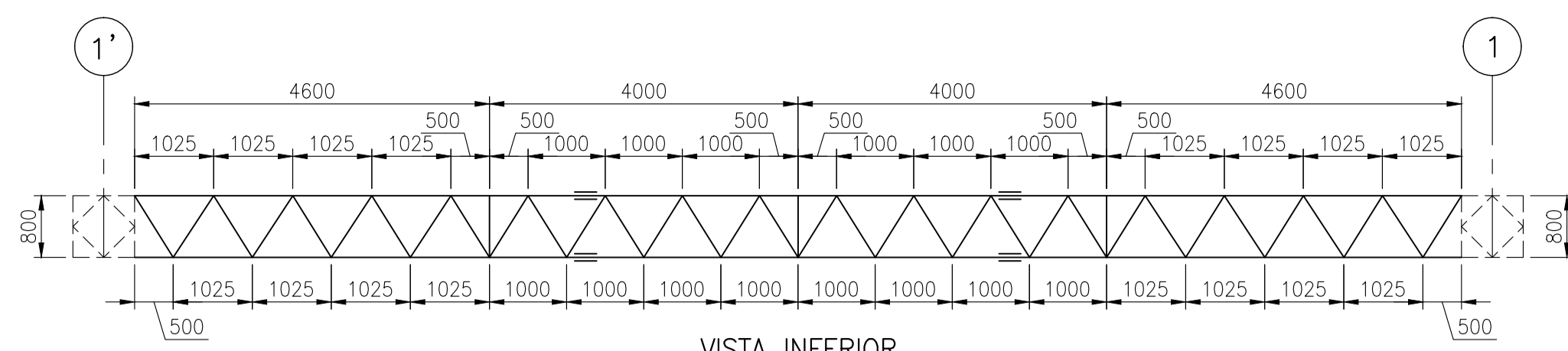
PLANO GUIA PARA FABRICACIÓN

CÓDIGO GE A19-PIU-220-CO-HMV-0554-ID

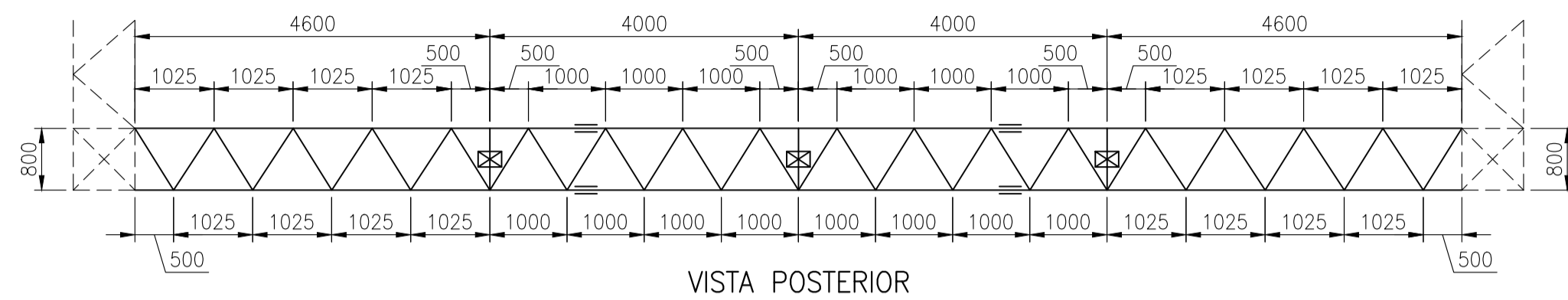
CÓDIGO CLIENTE PE-AM19-GP007-S-01-K1720

REVISIÓN: A3 06 17

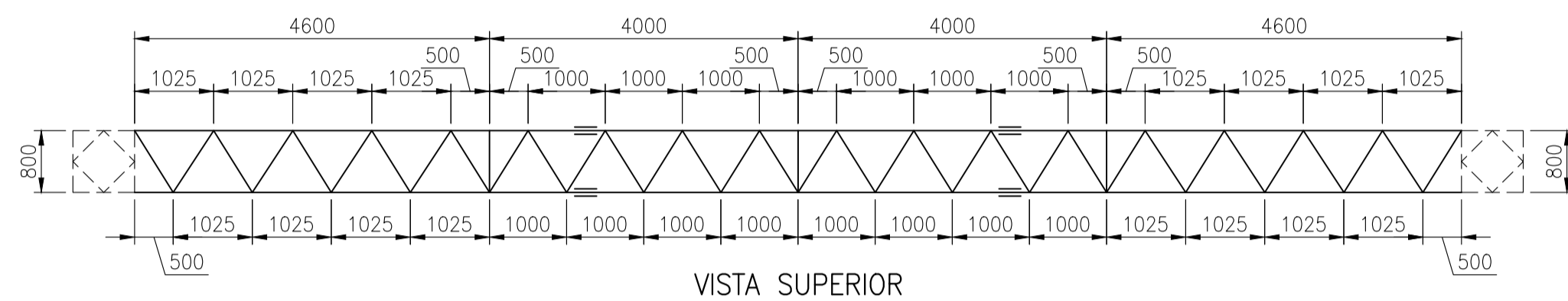
© 2016 GE EC-Cold Solutions (US) LLC. This document is the property of GE EC-Cold Solutions (US) LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE EC-Cold Solutions (US) LLC.



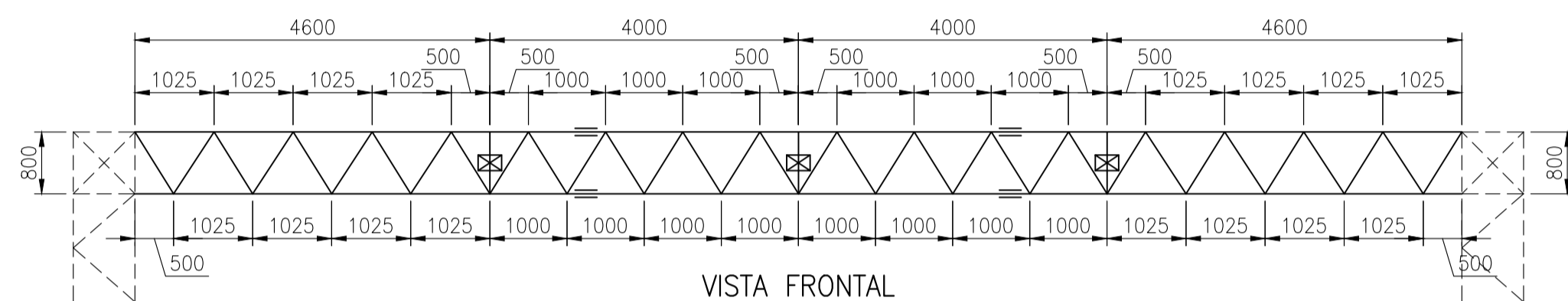
VISTA INFERIOR



VISTA POSTERIOR

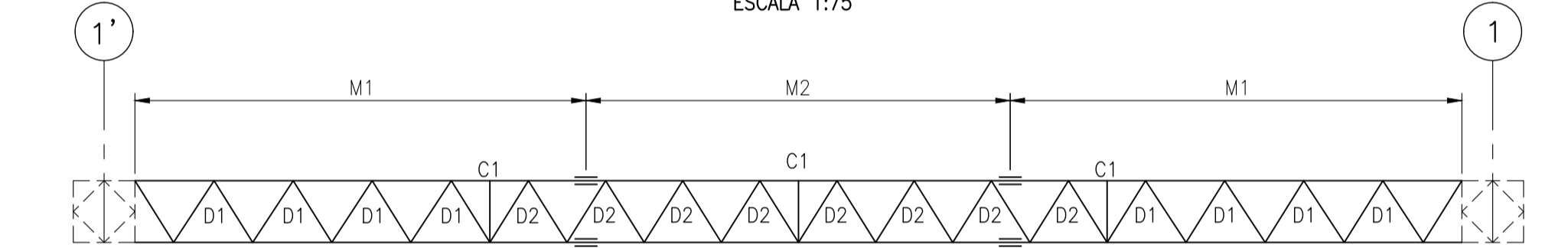


VISTA SUPERIOR

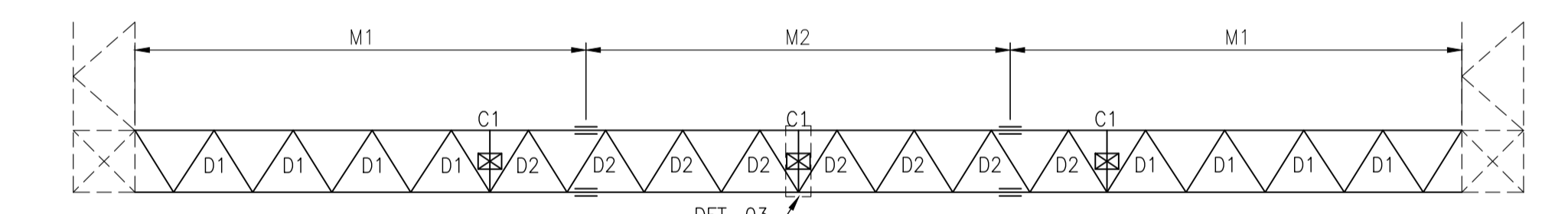


VISTA FRONTAL

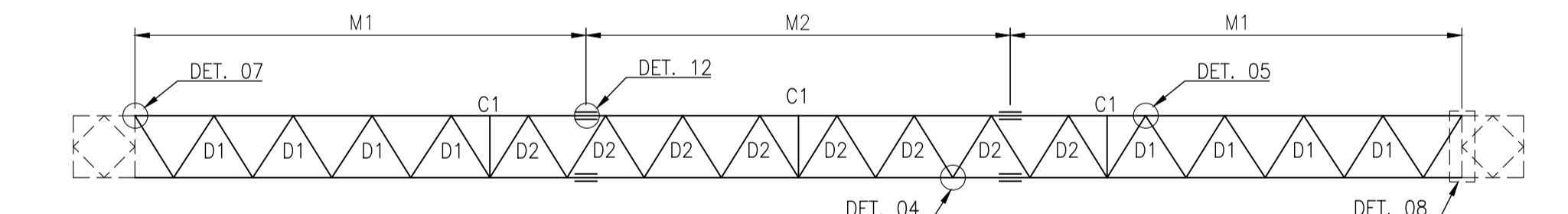
VIGA V2A
ESCALA 1:75



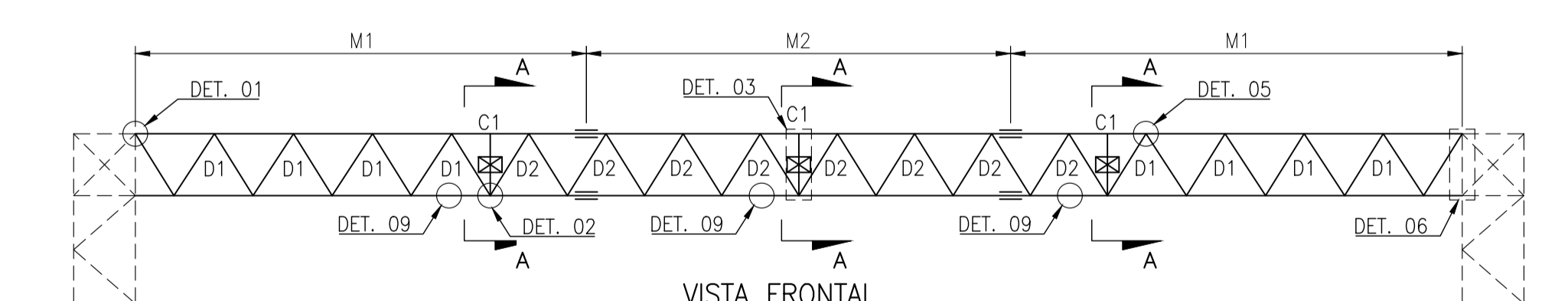
VISTA INFERIOR



VISTA POSTERIOR

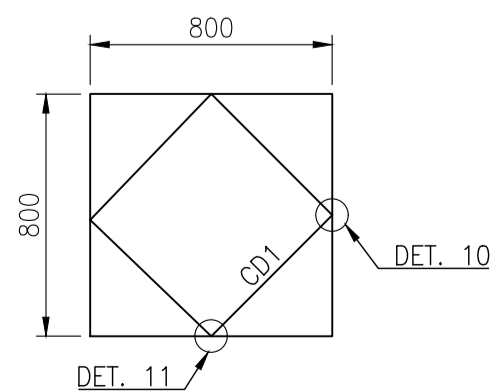


VISTA SUPERIOR

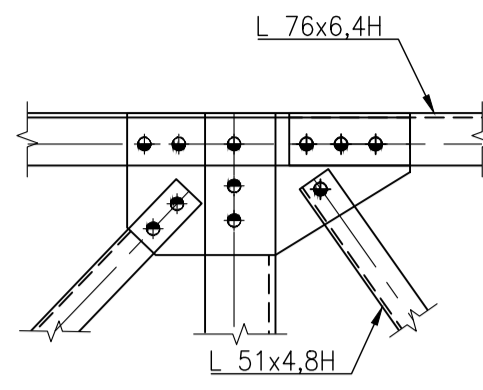


VISTA FRONTAL

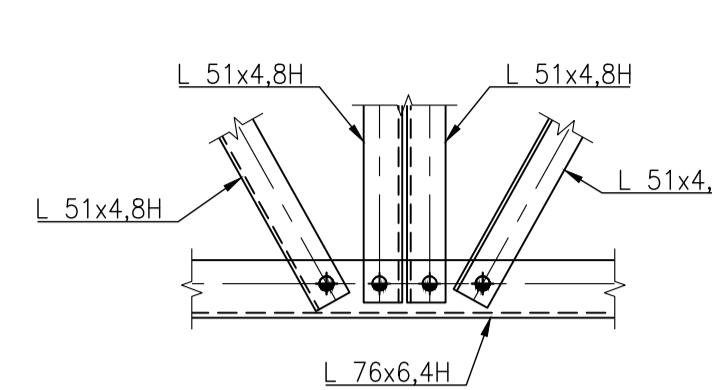
VIGA V2A
ESCALA 1:75



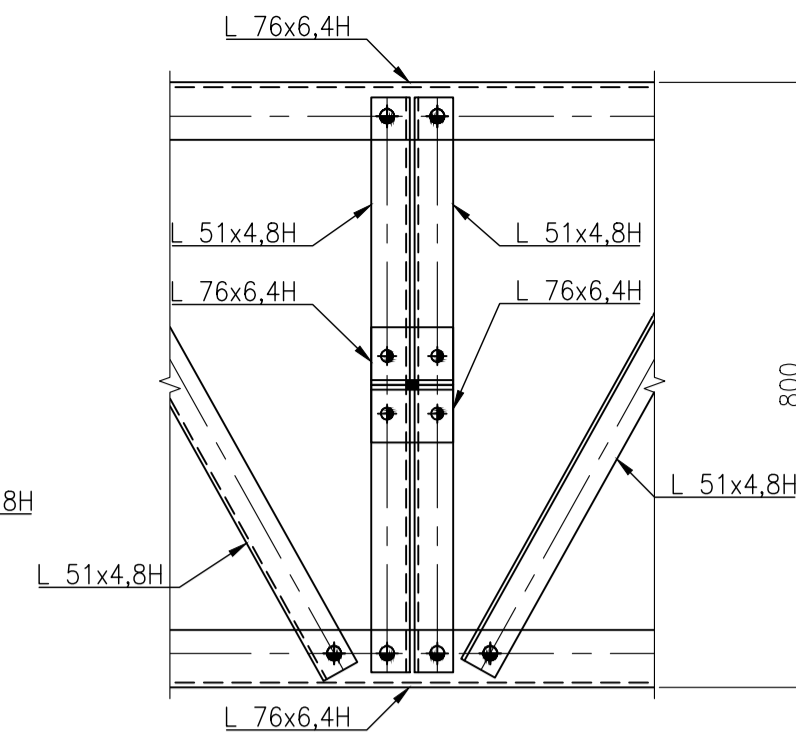
SECCIÓN A-A
SIN ESCALA



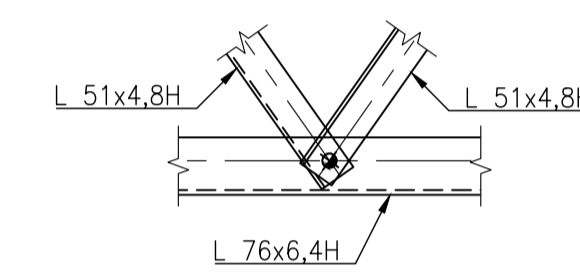
DETALLE 01
SIN ESCALA



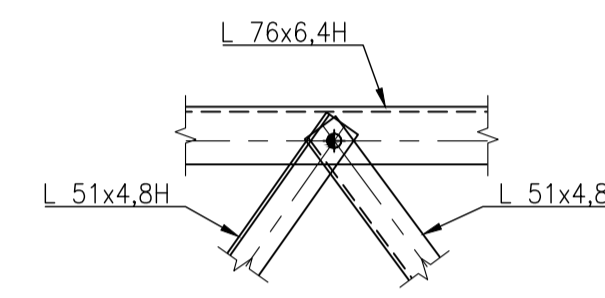
DETALLE 02
SIN ESCALA



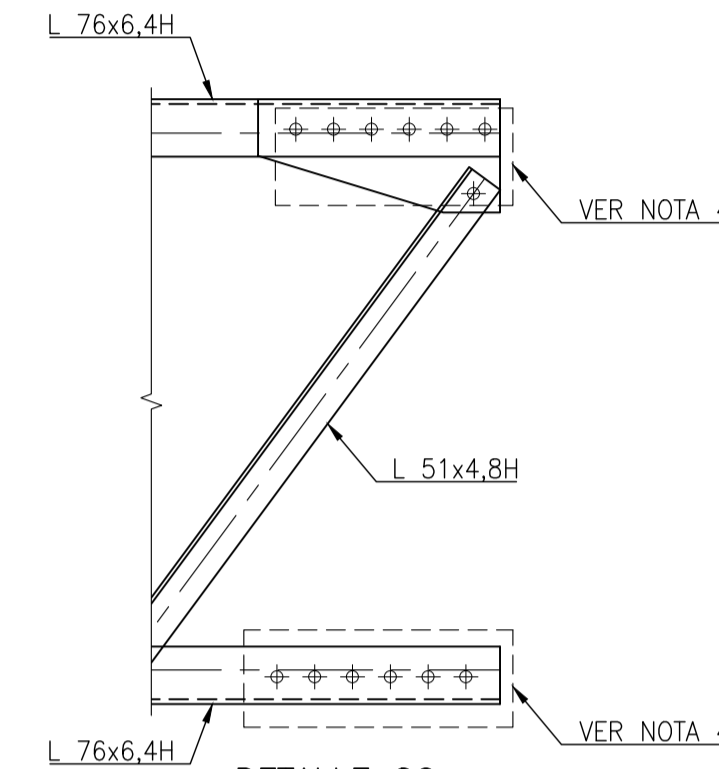
DETALLE 03
SIN ESCALA



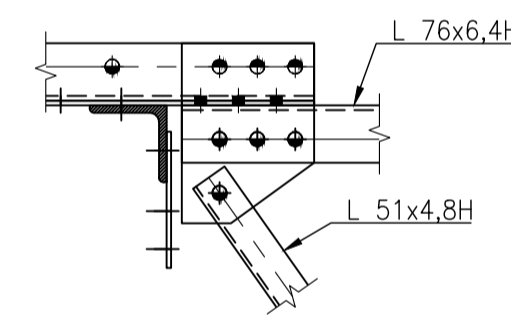
DETALLE 04
SIN ESCALA



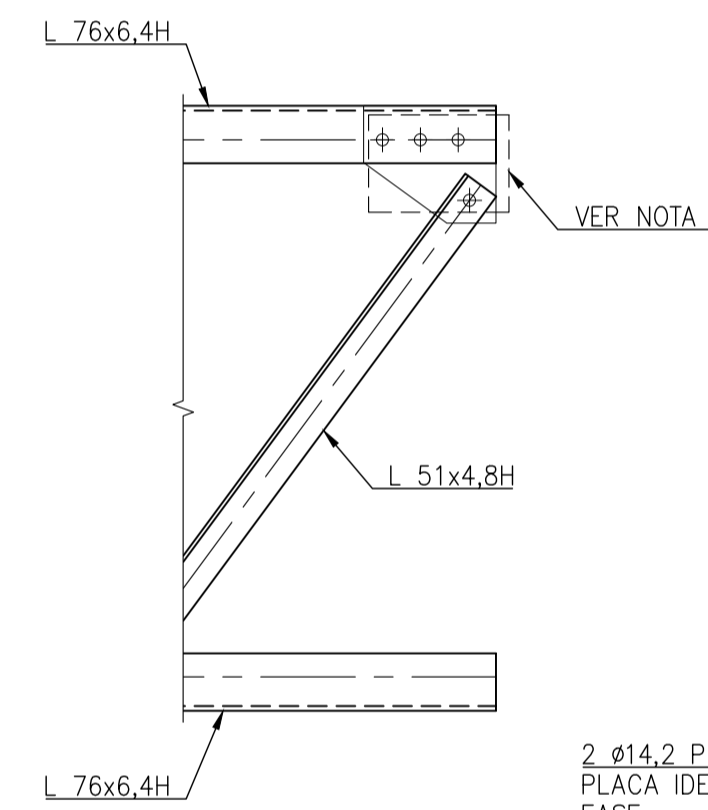
DETALLE 05
SIN ESCALA



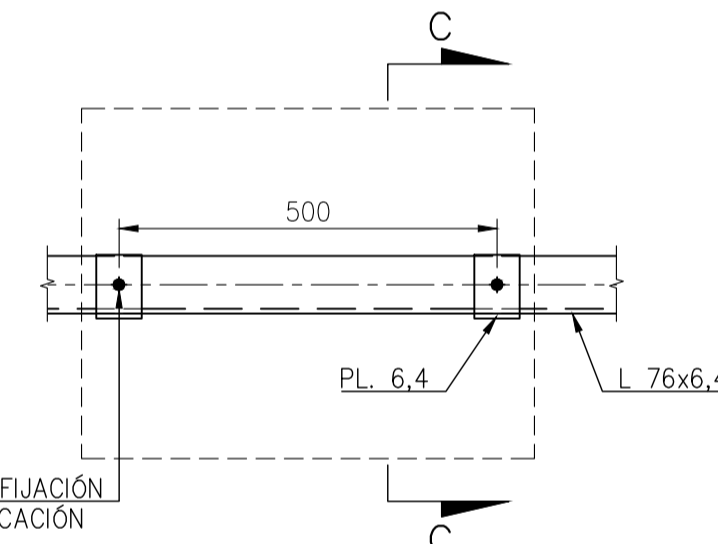
DETALLE 06
SIN ESCALA



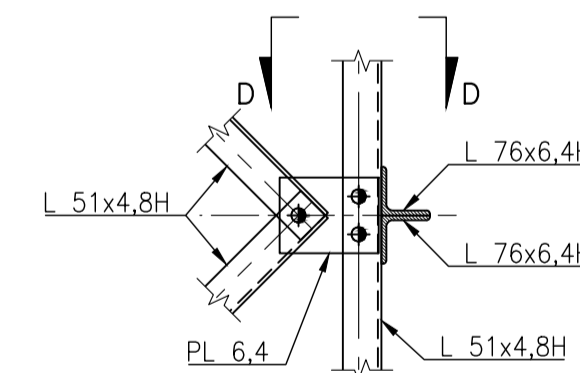
DETALLE 07
SIN ESCALA



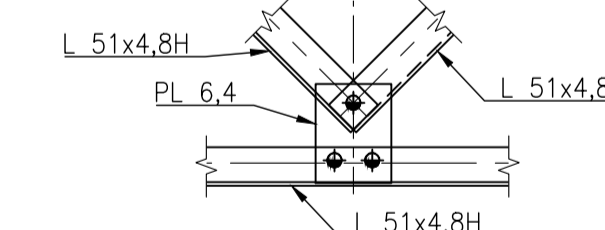
DETALLE 08
SIN ESCALA



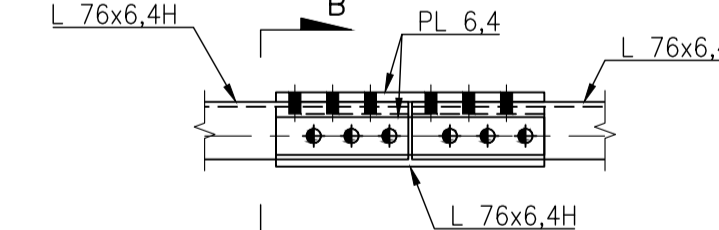
DETALLE 09
SIN ESCALA



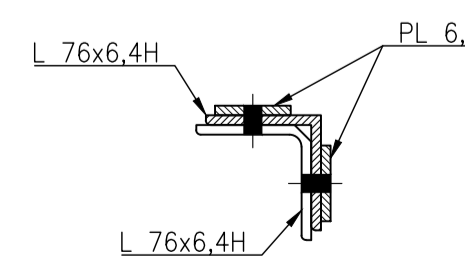
DETALLE 10
SIN ESCALA



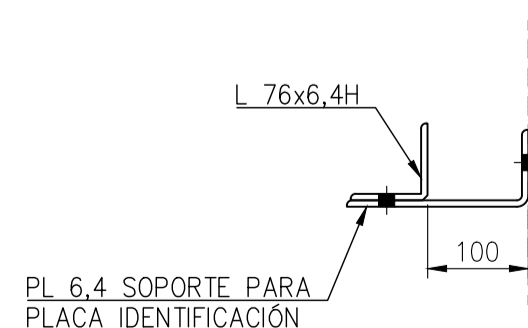
DETALLE 11
SIN ESCALA



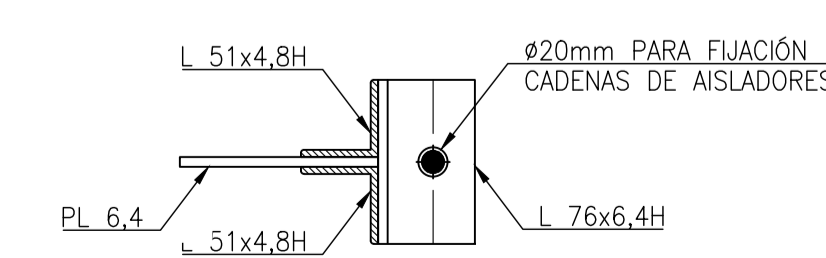
DETALLE 12
SIN ESCALA



SECCIÓN B-B
SIN ESCALA



SECCIÓN C-C
SIN ESCALA



SECCIÓN D-D
SIN ESCALA

IDENTIFICACIÓN DE VIGAS V2A - PATIO 220 kV					
TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 76x76x6,4	A572-50	6 φ15,9 mm	SIMPLE
	M2	L 76x76x6,4	A572-50	6 φ15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	D1	L 51x51x4,8	A572-50	1 φ15,9 mm	SIMPLE
	D2	L 51x51x4,8	A572-50	1 φ15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	C1	2L 51x51x4,8	A572-50	1 φ15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8	A572-50	1 φ15,9 mm	SIMPLE

CONVENCIONES:

- PROYECCIÓN DEL ELEMENTO CONECTADO.
- DET. DETALLE.
- TIP. TÍPICO.
- SPC. SOLDADURA DE PENETRACIÓN COMPLETA.
- ⊗ FIJACIÓN DE CADENA DE AISLADORES.
- ⊗ FIJACIÓN DE AISLADORES.
- ⊕ PUESTA A TIERRA.
- PERFORACIÓN φ 14,2 PARA TORNILLO φ 12,7.
- PERFORACIÓN φ 17,5 PARA TORNILLO φ 15,9.
- PERFORACIÓN φ 20,6 PARA TORNILLO φ 19,1.
- PERFORACIÓN φ 17,5 PARA PERNO DE ESCALERA φ 15,9.
- PERFORACIÓN φ INDICADO.

NOTAS:

1. VER NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
2. VER LA CANTIDAD REQUERIDA DE ESTA ESTRUCTURA EN LA HOJA 1 DE ESTE PLANO.
3. ELEMENTOS CON SUFIZO "H" DEBEN FABRICARSE EN ACERO DE CALIDAD A572-50.
4. LOS PERFILES DEBEN FABRICARSE SIN AGUJEROS DONDE SE INDICA, DICHO AGUJEROS SERÁN UBICADOS Y PERFORADOS EN CAMPO DE ACUERDO AL DETALLE DE LA COLUMNA EXISTENTE, A LA CUAL SE CONECTA LA VIGA.

SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	R.POMAR/HMV	17.05.2019	-
REVISADO	A.RIOS/HMV	17.05.2019	-
APROBADO	J.FLORES/HMV	17.05.2019	-
	NOMBRE	FECHA	FIRMA

Grid Solutions

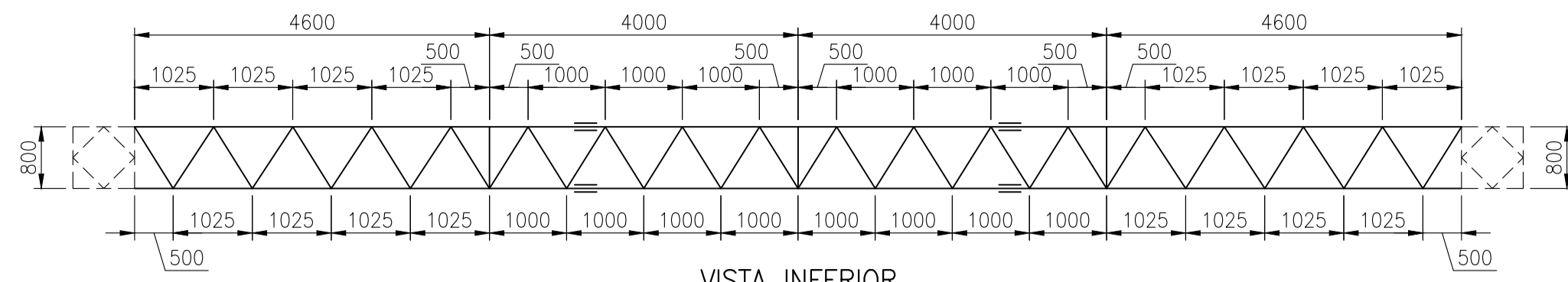
CÓDIGO GE
A19-PIU-220-CO-HMV-0554-ID

CÓDIGO CLIENTE
PE-AM19-GP007-S-01-K1720

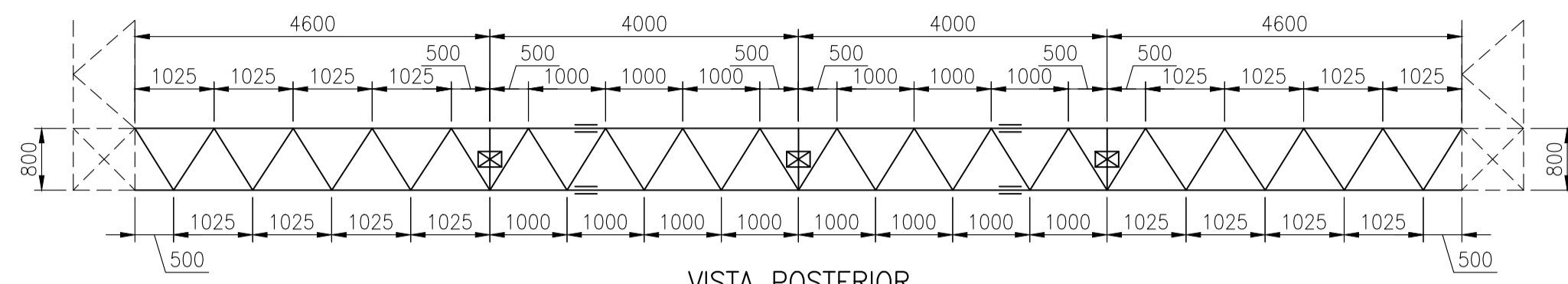
REVISIÓN: A3 07/17

PÓRTICOS 220 kV
PLANO GUÍA PARA FABRICACIÓN

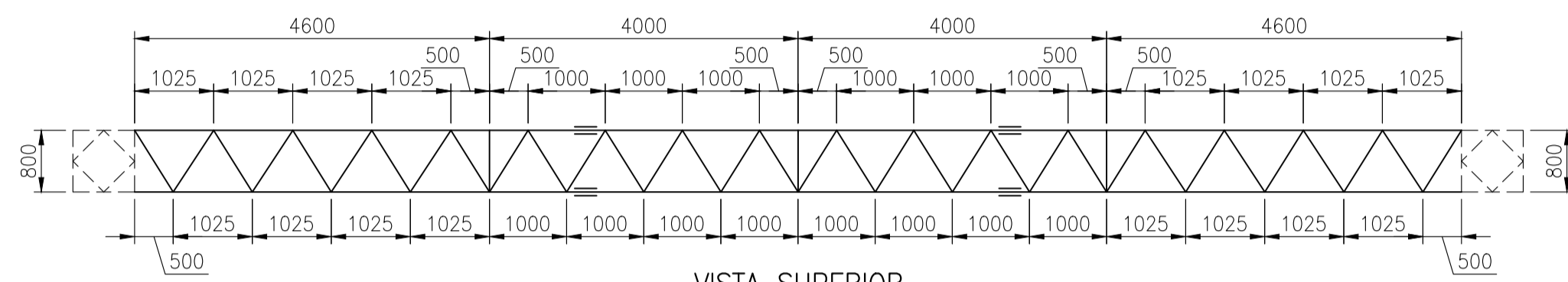
© 2016 GECCO Solutions (US) LLC. All rights reserved. This document is the property of GECCO Solutions (US) LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GECCO Solutions (US) LLC.



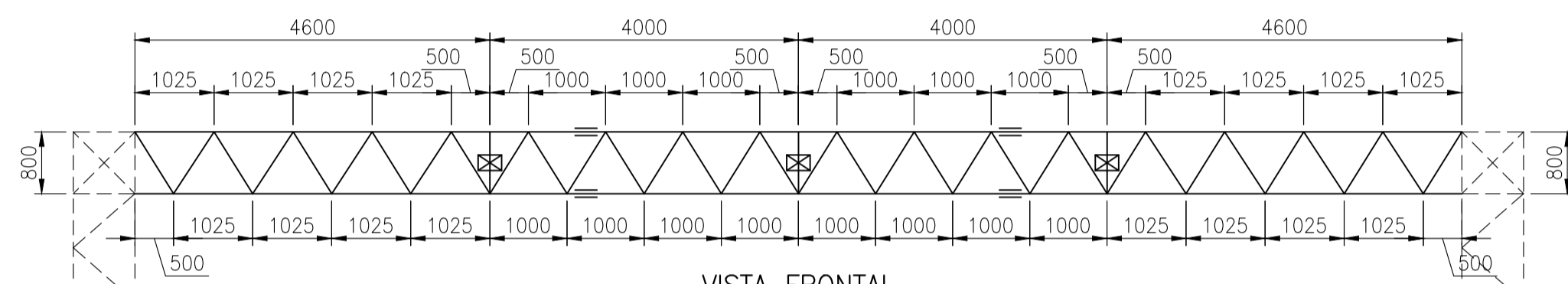
VISTA INFERIOR



VISTA POSTERIOR



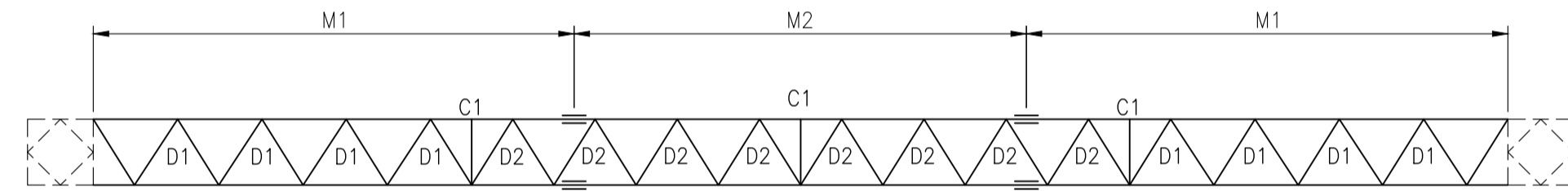
VISTA SUPERIOR



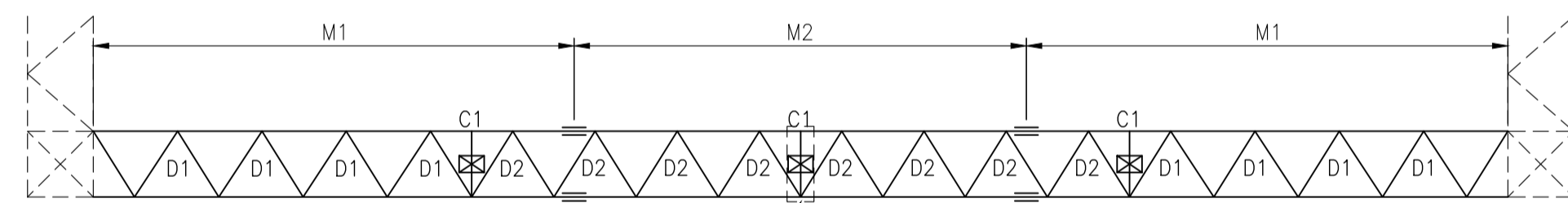
VISTA FRONTAL

VIGA V2B

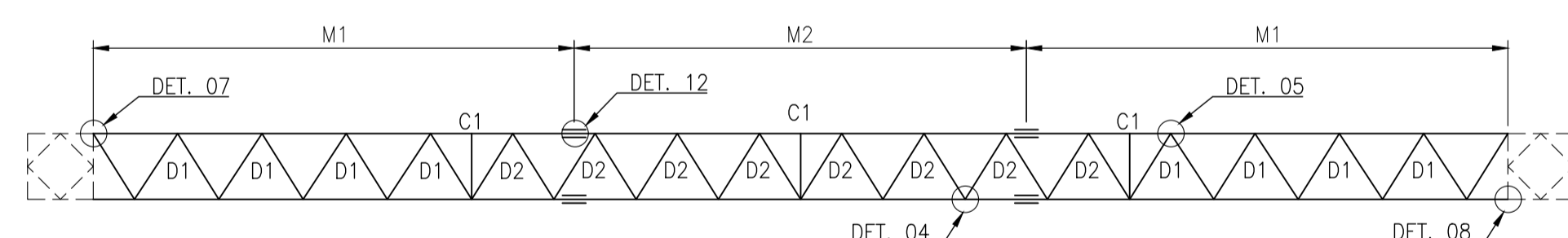
ESCALA 1:75



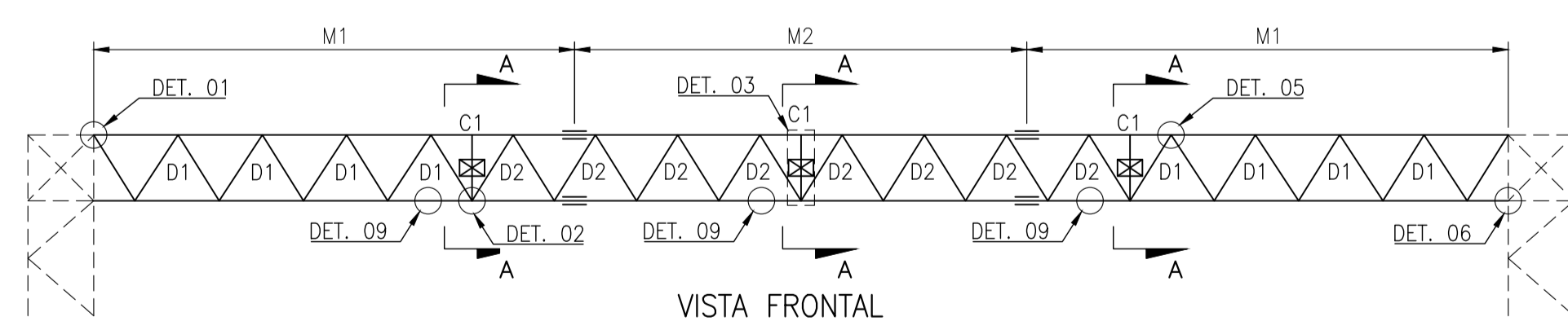
VISTA INFERIOR



VISTA POSTERIOR



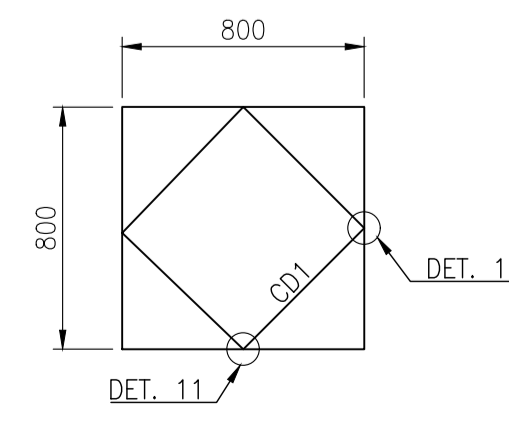
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

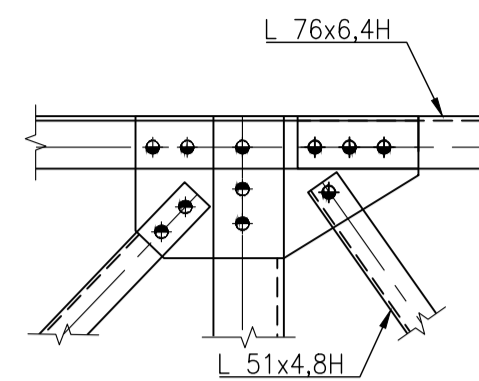
VIGA V2B

ESCALA 1:75



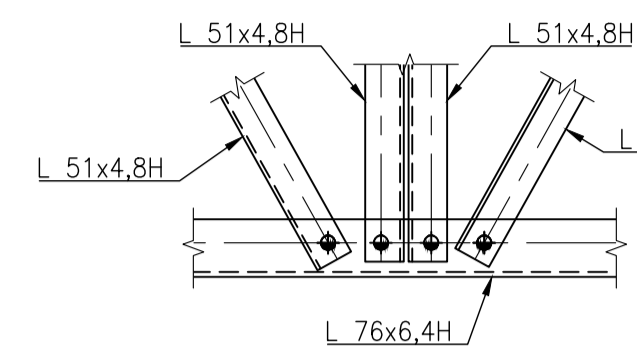
SECCIÓN A-A

SIN ESCALA



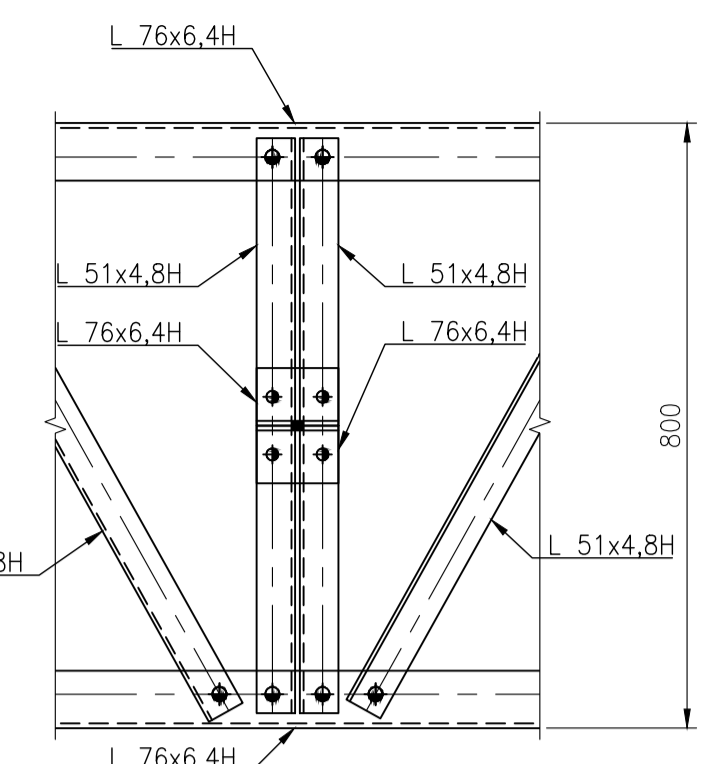
DETALLE 01

SIN ESCALA



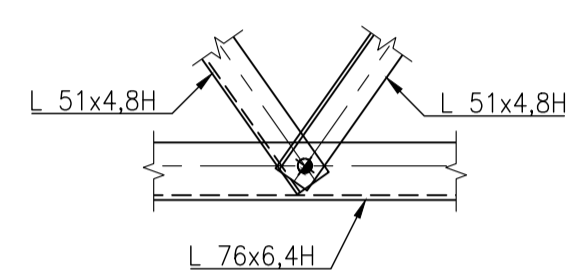
DETALLE 02

SIN ESCALA



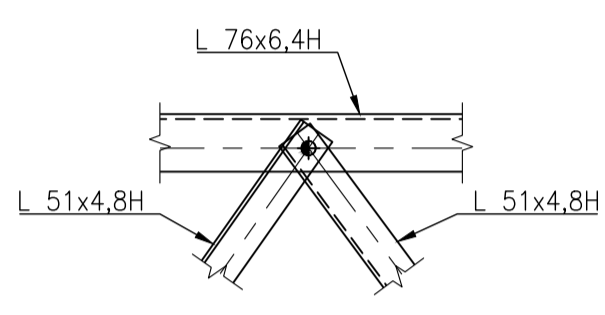
DETALLE 03

SIN ESCALA



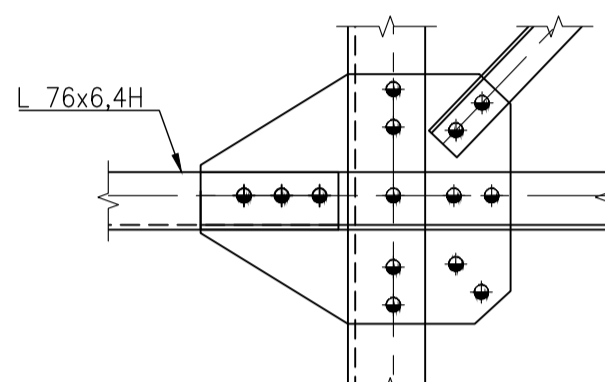
DETALLE 04

SIN ESCALA



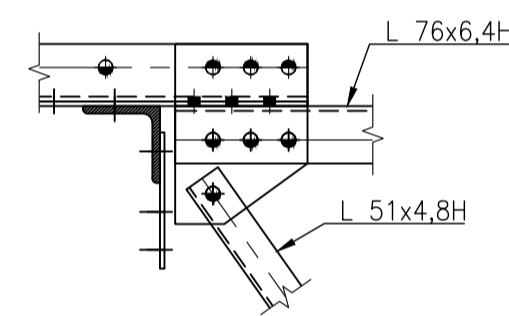
DETALLE 05

SIN ESCALA



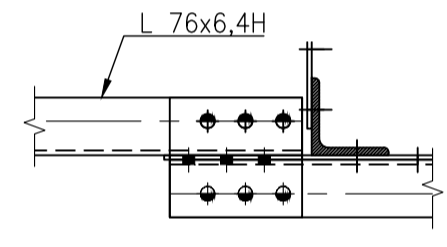
DETALLE 06

SIN ESCALA



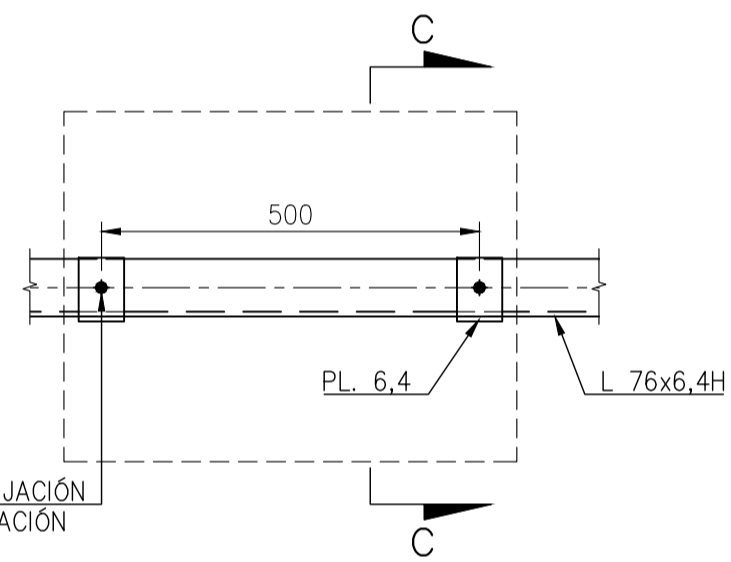
DETALLE 07

SIN ESCALA



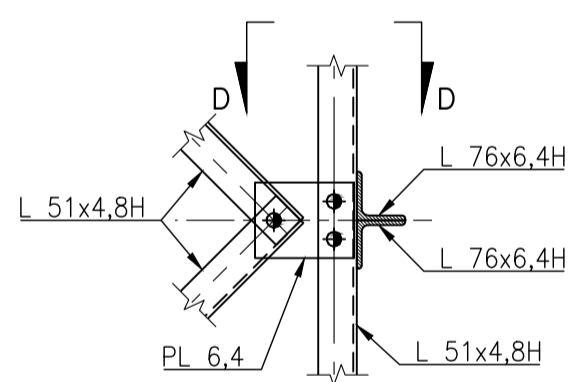
DETALLE 08

SIN ESCALA



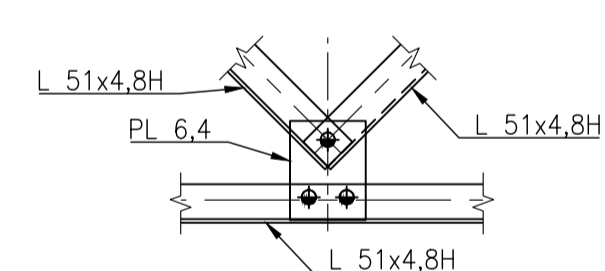
DETALLE 09

SIN ESCALA



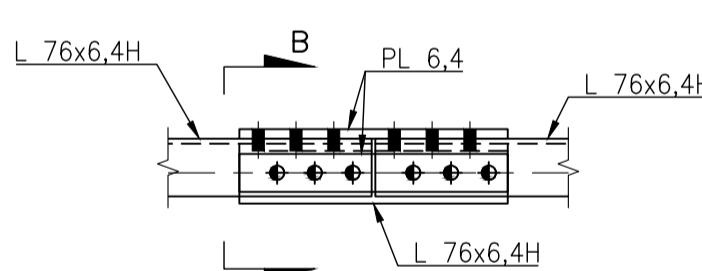
DETALLE 10

SIN ESCALA



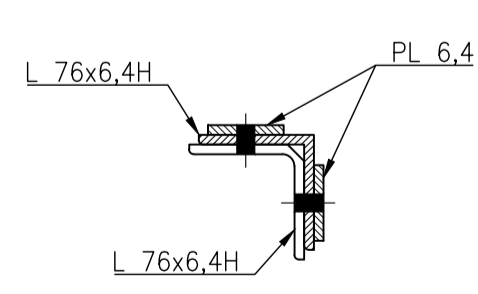
DETALLE 11

SIN ESCALA



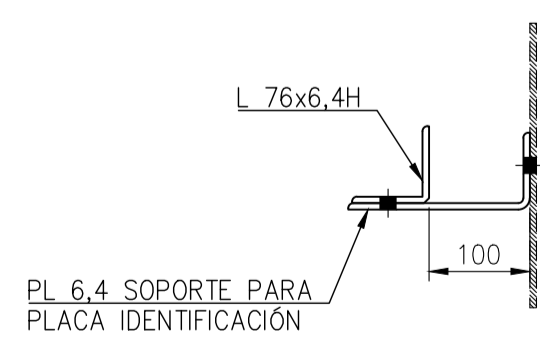
DETALLE 12

SIN ESCALA



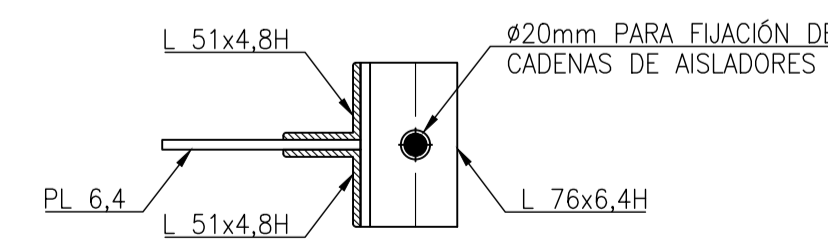
SECCIÓN B-B

SIN ESCALA



SECCIÓN C-C

SIN ESCALA



SECCIÓN D-D

SIN ESCALA

IDENTIFICACIÓN DE VIGAS V2B – PATIO 220 kV					
TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 76x76x6,4	A572-50	6 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
	M2	L 76x76x6,4	A572-50	6 ϕ 15,9 mm	DOBLE
DIAGONAL	D1	L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
	D2	L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
CIERRE	C1	2L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE
RIOSTRA	CD1	L 51x51x4,8	A572-50	1 ϕ 15,9 mm	SIMPLE

CONVENCIONES:

- PROYECCIÓN DEL ELEMENTO CONECTADO.
- DET. DETALLE.
- TIP. TÍPICO.
- SPC. SOLDADURA DE PENETRACIÓN COMPLETA.
- ⊠ FIJACIÓN DE CADENA DE AISLADORES.
- ⊗ FIJACIÓN DE AISLADORES.
- ⊕ PUESTA A TIERRA.
- PERFORACIÓN ϕ 14,2 PARA TORNILLO ϕ 12,7.
- PERFORACIÓN ϕ 17,5 PARA TORNILLO ϕ 15,9.
- PERFORACIÓN ϕ 20,6 PARA TORNILLO ϕ 19,1.
- PERFORACIÓN ϕ 17,5 PARA PERNO DE ESCALERA ϕ 15,9.
- PERFORACIÓN ϕ INDICADO.

NOTAS:

1. VER NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
2. VER LA CANTIDAD REQUERIDA DE ESTA ESTRUCTURA EN LA HOJA 1 DE ESTE PLANO.
3. ELEMENTOS CON SUFIZO "H" DEBEN FABRICARSE EN ACERO DE CALIDAD A572-50.

SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	RPMAR/HMV	17.05.2019	-
REVISADO	A.RIOS/HMV	17.05.2019	-
APROBADO	J.FLORES/HMV	17.05.2019	-
	NOMBRE	FECHA	FIRMA

CÓDIGO GE
A19-PIU-220-CO-HMV-0554-ID
CÓDIGO CLIENTE
PE-AM19-GP007-S-01-K1720
REVISIÓN: A3 08/17

PÓRTICOS 220 kV
PLANO GUIA PARA FABRICACIÓN

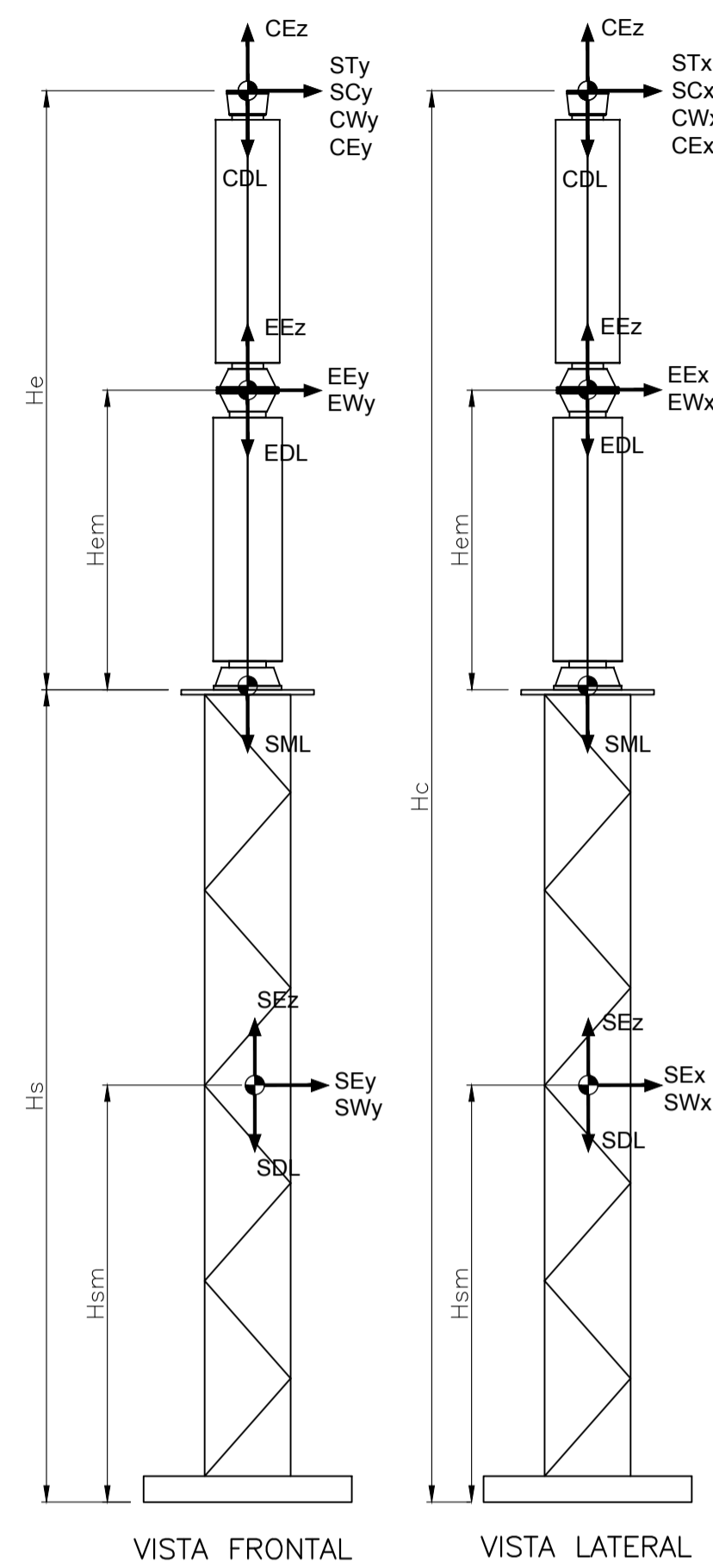
© 2016 GE EC-Cold Solutions (US), LLC. All rights reserved. This document is the property of GE EC-Cold Solutions (US), LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE EC-Cold Solutions (US), LLC.

ANEXO I

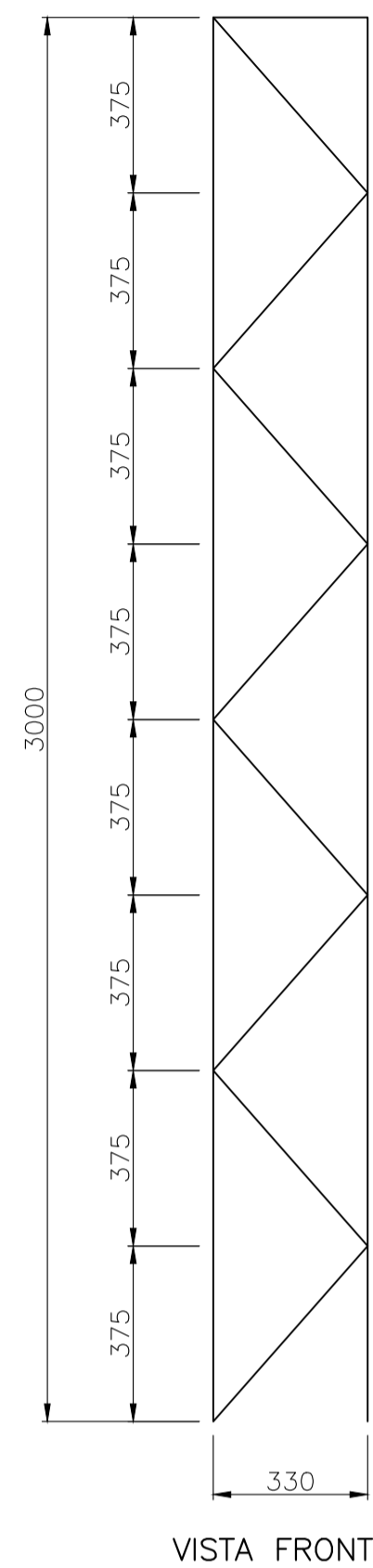
Plano guía de fabricación Aislador poste – 220 kV

CARGAS PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE EQUIPOS

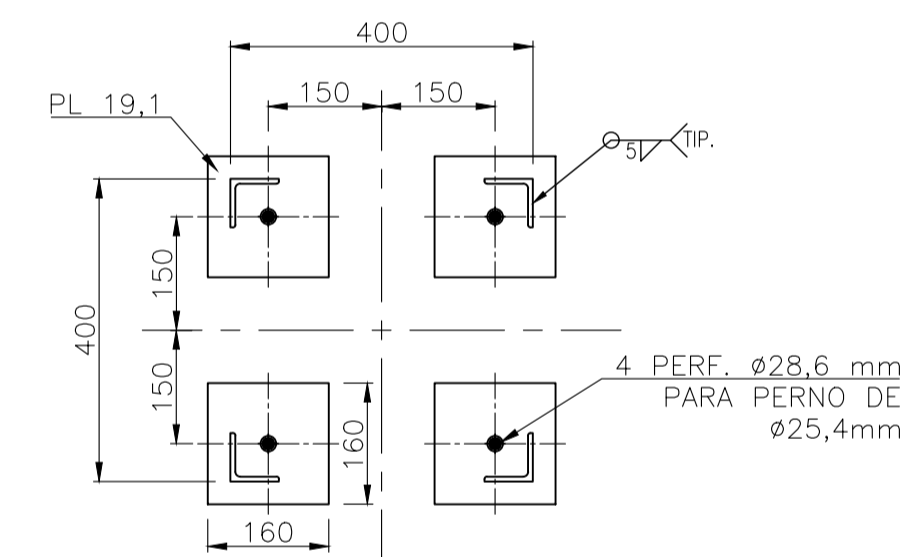
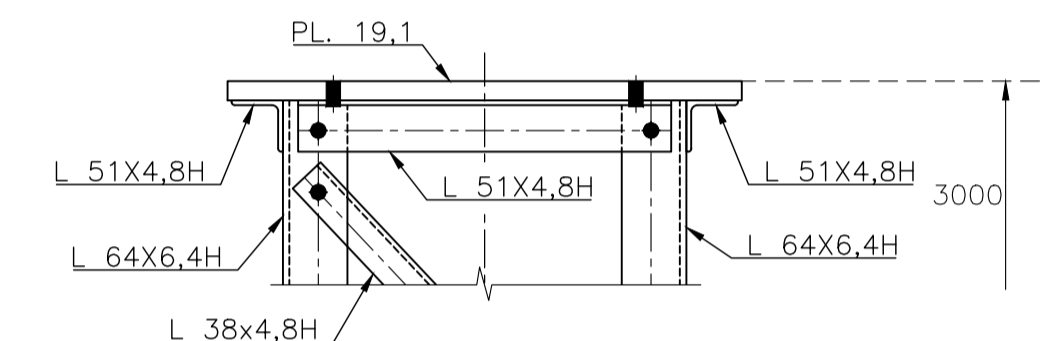
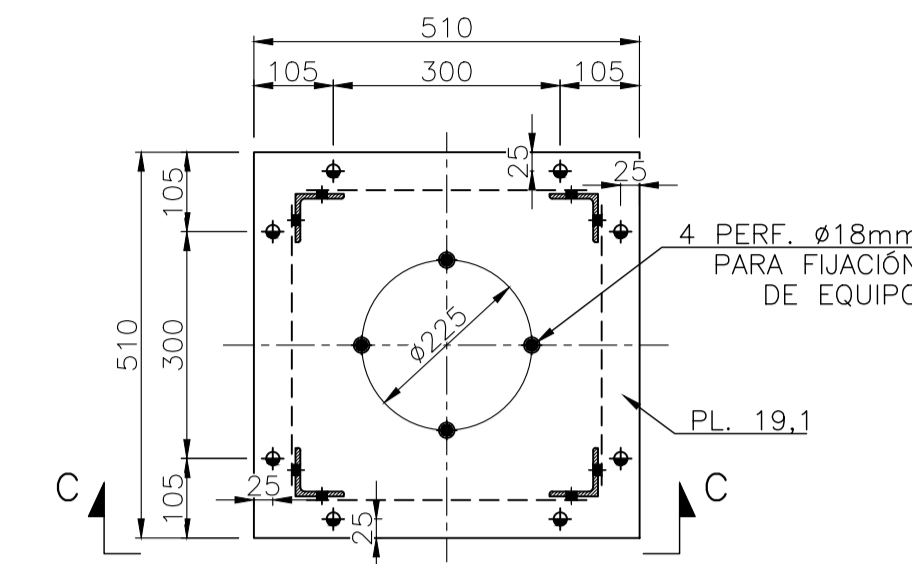
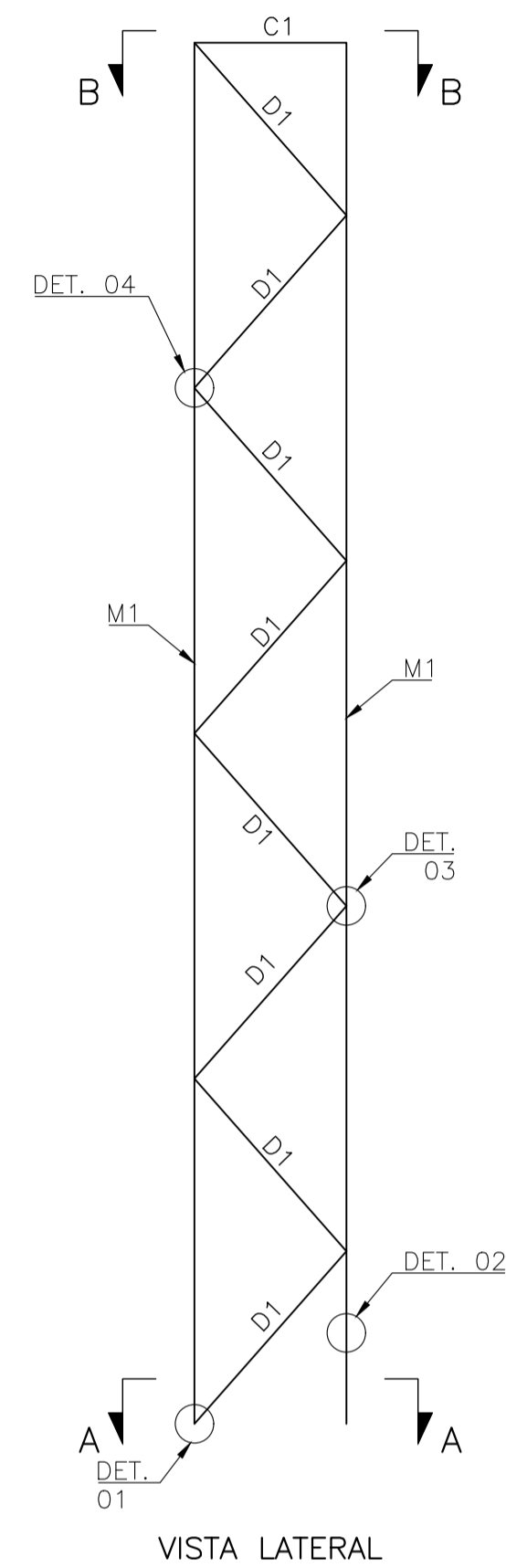
EQUIPO	GEOMETRÍA					CARGAS / CONDUCTOR											CARGAS / EQUIPO					CARGAS / SOPORTE						
	He	Hem	Hs	Hsm	Hc	STx	STy	SCx	SCy	CEx	CEy	CEz	CWx	CWy	CDL	EE _x	EE _y	EE _z	EW _x	EW _y	EDL	SE _x	SE _y	SE _z	SW _x	SW _y	SDL	SML
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
AISLADOR POSTE 220 kV	2300	1100	3000	1500	5300	0,21	0,00	2,02	0,30	0,10	0,10	0,08	0,08	0,04	-0,05	3,25	3,25	2,61	0,24	0,24	-1,65	3,61	3,61	2,89	0,79	0,79	-1,83	-1,50



AISLADOR POSTE 220 kV SIN ESCALA



ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA AISLADOR POSTE 220 kV ESCALA 1:15

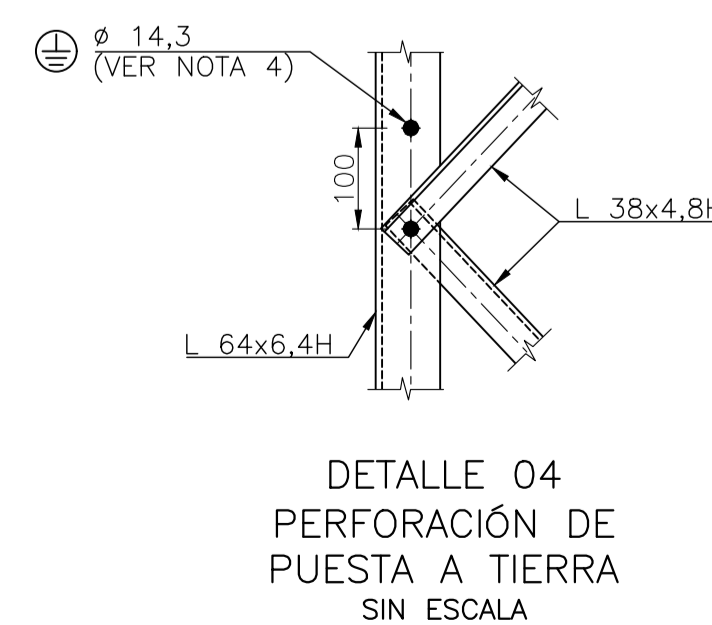
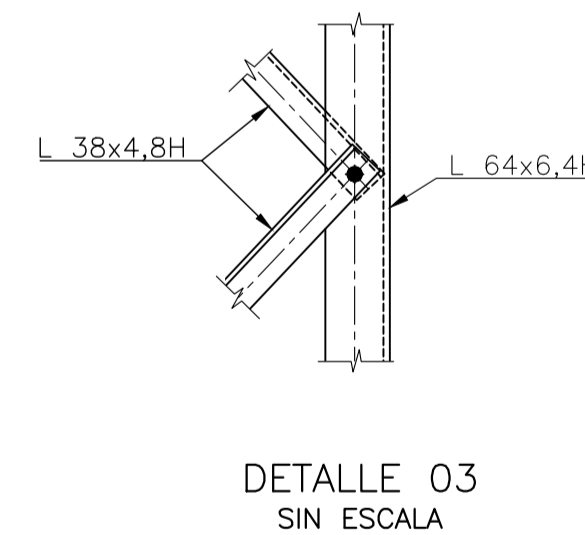
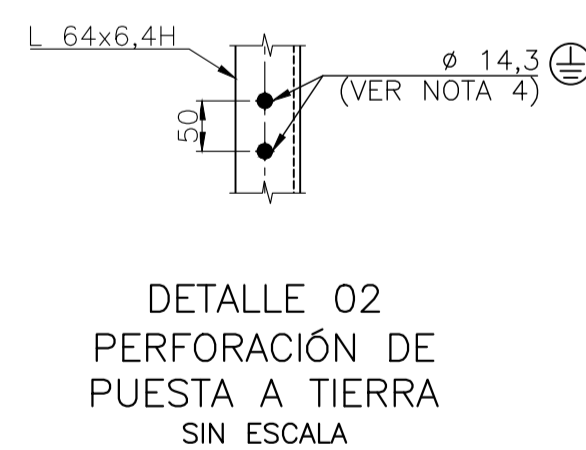
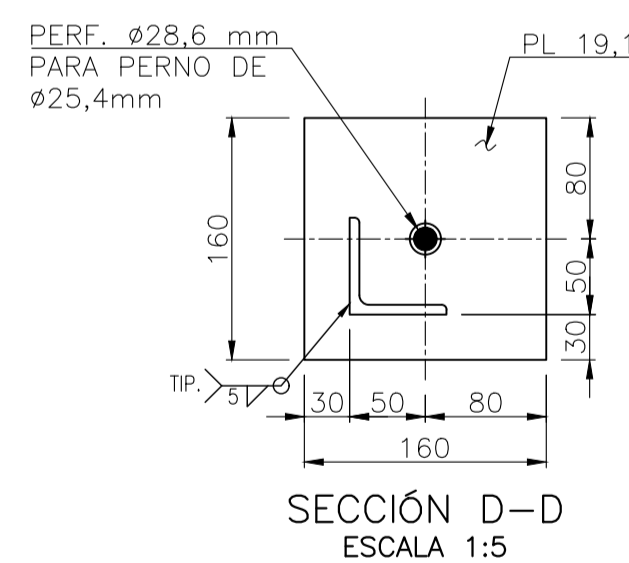
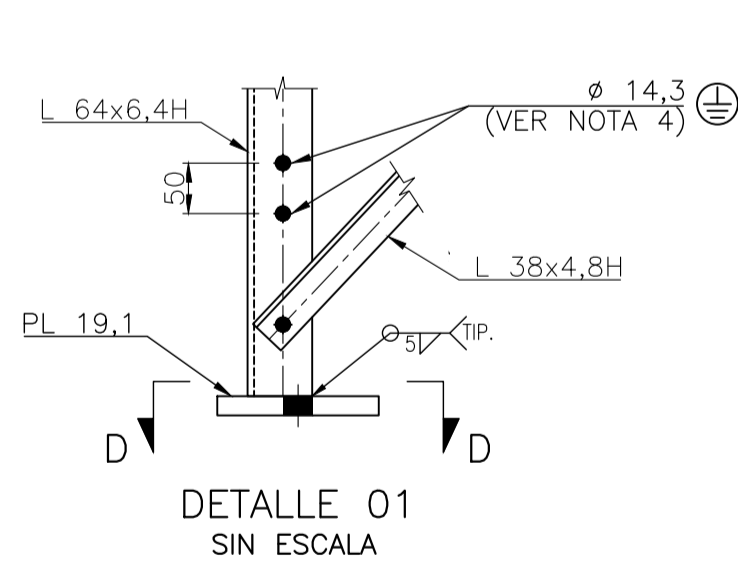


CONVENCIONES:

- PROYECCIÓN DEL ELEMENTO CONECTADO.
- DET. DETALLE.
- PERF. PERFORACIÓN.
- TIP. TÍPICO.
- ⊕ PUESTA A TIERRA.
- ⊕ SOLDADURA TÍPICA.

NOTAS:

1. VER NOTAS GENERALES EN HOJA 1 DE ESTE PLANO.
2. VER LA CANTIDAD REQUERIDA DE ESTA ESTRUCTURA EN LA HOJA 1 DE ESTE PLANO.
3. ELEMENTOS CON SUFIO "H" DEBEN FABRICARSE EN ACERO DE CALIDAD A572-50.
4. LAS PERFORACIONES DE PUESTA A TIERRA DEBEN HACERSE EN TODAS LAS MONTANTES, COMO SE MUESTRA EN EL DETALLE, EN UNA DE LAS ALETAS Y EN TODA SU LONGITUD.
5. SE DEBE CONSIDERAR 35mm DE GRAMIL PARA LAS MONTANTES.



IDENTIFICACIÓN DE AISLADOR POSTE 220 kV					
TIPO DE ELEMENTO	GRUPO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	TORNILLERÍA	CORTANTE
MONTANTE	M1	L 64x6,4	A572-50	1ø12,7	SIMPLE
DIAGONAL	D1	L 38x4,8	A572-50	1ø12,7	SIMPLE
CIERRE	C1	L 51x4,8	A572-50	1ø12,7	SIMPLE

SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60/10 kV

ELABORADO	RPMAR/HMV	05.07.2018	-	
REVISADO	ARIOS/HMV	05.07.2018	-	
APROBADO	JIRENSO/HMV	05.07.2018	-	
		NOMBRE	FECHA	FIRMA
ESCALA INDICADA	CONTENIDO			CÓDIGO GE
FORMATO A1	SOPORTE DE EQUIPOS 220 kV - PLANO GUÍA DE FABRICACIÓN			A19-PIU-060-CO-HMV-0568-ID
UNIDADES mm				CÓDIGO CLIENTE
				PE-AM19-GP007-S-01-K1790
	REVISIÓN:	A1	02	
			04	

© 2018 GE Grid Solutions, US LLC. All rights reserved. This document is the property of GE Grid Solutions (US) LLC and may not be reproduced, transmitted, stored, or copied in whole or in part, or used to furnish information to others, without the prior written permission of GE Grid Solutions (US) LLC.