

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA INGENIERIA ELECTRICA

**PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL
DISEÑO DE REDES SUBTERRANEAS DE LA EMPRESA
ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR S.A.**

**Tesis previa a la obtención del Título
de Ingeniero Eléctrico**

AUTORES:

**JOHNSON OSWALDO AUCAPIÑA QUINDE
JUAN CARLOS NIOLA MOROCHO**

**DIRECTOR:
ING. JAIME SANCHEZ**

**CUENCA – ECUADOR
2012**

Certifico que bajo mi dirección el presente
proyecto de tesis fue realizado por

los señores:

Johnson Oswaldo Aucapiña Quinde

Juan Carlos Niola Morocho

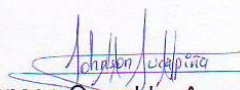

Johnson Oswaldo Aucapiña Quinde
Autor


Ing. Jaime Sánchez.
Director


Juan Carlos Niola Morocho
Autor

AGRADECIMIENTO

Exponemos que, el proyecto de tesis
desarrollado a continuación con sus ideas e
investigaciones, son responsabilidad de
los autores con experiencias propias vividas y adquiridas
dentro y fuera de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur
al Ing. Jaime Sánchez, nuestro director de tesis,
a mi Esposa y a mis hijos,
a mis padres, hermanos, sobrinos y a toda mi familia,
quienes me apoyaron día a día
hasta verme culminar con
éxito mis estudios y metas trazadas.


Johnson Oswaldo Aucapiña Quinde
Autor


Juan Carlos Niola Morocho.
Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme la vida,
a la Empresa Eléctrica en la que laboro,
al Ing. Jaime Sánchez, nuestro director de tesis,
a mi Esposa y a mis hijos,
a mis padres, hermanos y a toda mi familia,
quienes me apoyan día a día
hasta verme culminar con
éxito mis estudios.

Johnson

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios,
al Ing.Jaime Sánchez director de tesis,
a mi Esposa,
a mi Padre y Madre, hermanos y familiares
quienes supieron apoyarme e influirme para seguir
adelante y llegar a la culminación exitosa
de mis estudios

Juan Carlos

DEDICATORIA

El presente trabajo
quiero dedicar con el más grande
sentimiento de respeto y admiración
A mi esposa Noralma,
a mis hijos Nicolás y Raúl,
quienes me comprendieron
y me brindaron su apoyo incondicional
en todo momento que por el estudio
no estuve junto a ellos.
También dedico a mis padres y hermanos
que velan siempre
por mi bienestar y el de mi familia
Gracias por apoyarme y comprenderme
Que Dios les bendiga

Johnson Oswaldo

DEDICATORIA

Ese trabajo de culminación
de mi estudio universitario quiero dedicarlo
de todo corazón a mi esposa Viviana,
que durante todo este tiempo a estado junto a mi
apoyo incondicional,
a mis padres a quienes siempre les he admirado
por todo el esfuerzo realizado
para darme el estudio de todos estos años
y a mis hermanos
que me han ayudado en todo momento.
Gracias a todos que por ustedes llegue
a ser lo que soy.

Juan Carlos

INTRODUCCION

Con el desarrollo creciente de proyectos urbanísticos, comerciales e industriales en nuestro país, se ha incrementado el uso de la tecnología de la distribución eléctrica subterránea como resultado de las ventajas que presenta este esquema de distribución con respecto de otros.

Así mismo, la distribución subterránea viene a ser la solución para satisfacer, de una manera adecuada, las necesidades cada vez mayores de los clientes de las empresas de distribución, por obtener un servicio de energía eléctrica de mayor calidad y con mejores índices de continuidad.

Esta situación ha hecho que la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur se haya visto en la necesidad de contar con sus propias especificaciones técnicas para la regulación de los nuevos sistemas de distribución eléctrica subterránea.

Fue así como esta empresa nos designó realizar los estudios e investigaciones necesarias para obtener sus especificaciones y contar con una base para futuras normalizaciones de este tipo de redes eléctricas.

Para conseguir los objetivos deseados, contar con una buena información y sustento teórico se vio la necesidad de asesorarse con profesionales eléctricos, civiles, mecánicos y proveedores de los diferentes equipos eléctricos que intervienen en redes subterráneas.

También la experiencia y capacitación de los autores de este proyecto fue un factor fundamental para la buena culminación de las especificaciones técnicas que servirá de guía a los profesionales que diseñen, supervisen y ejecuten proyectos de distribución eléctrica subterránea, así como a fabricantes, proveedores y desarrolladores de equipo y materiales.

INDICE

<u>CAPÍTULO I</u>	1
<u>1 SISTEMAS SUBTERRANEOS DE DISTRIBUCION</u>	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE	1
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.2.3 ALCANCE.....	2
1.3 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA DE LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR.....	2
1.3.1 TOPOLOGIA DE LA RED	2
1.3.2 TOPOLOGIA DE LA CABINA SUBTERRANEA.....	4
1.4 ALIMENTADORES SUBTERRANEOS	5
1.5 TRANSFERENCIAS ENTRE ALIMENTADORES DE LAS CABINAS SUBTERRANEAS	6
1.6 CABINAS DE TRANSFORMACION SUBTERRANEA	7
1.6.1 DESCRIPCION	7
1.6.2 TRANSFORMADORES	10
1.6.3 UNIDAD ENCAPSULADA.....	11
1.6.4 TABLEROS PARA BAJO TENSION.	12
1.6.5 PROTECTORES TERMOMAGNÉTICOS.....	13
1.6.6 EQUIPOS PREMOLDEADOS.....	13
1.7 REDES SECUNDARIAS.....	15
1.7.1 CONDUCTORES SUBTERRANEOS UTILIZADOS EN BAJO VOLTAJE.....	15
1.7.1.1 CONDUCTORES DE FASE.....	15
1.7.1.2 CONDUCTORES PARA NEUTRO	16
1.8 REDES PRIMARIAS.....	16
1.8.1 CONDUCTORES SUBTERRANEOS UTILIZADOS EN MEDIO VOLTAJE.....	16
<u>CAPITULO II</u>	18
<u>2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO DE REDES SUBTERRANEAS</u>	18
2.1 CABINAS.....	18
2.1.1 OBRA CIVIL	18
2.1.1.1 OBJETIVOS.....	18
2.1.1.2 REQUERIMIENTOS BASICOS	18

2.1.1.3	NORMAS Y REGLAMENTOS.....	19
2.1.1.4	EQUIPOS Y MATERIALES.	19
2.1.1.5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA OBRAS CIVILES DE LAS CABINAS DE TRANSFORMACIÓN SUBTERRANEAS.....	20
2.1.1.5.1	DIMENSIONES.....	20
2.1.1.5.2	PARÁMETROS Y CONSIDERACIONES PARA DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DE LAS CABINAS SUBTERRÁNEAS.	21
2.1.1.5.3	DETERMINACION DE DIMENSIONES DE LAS CABINAS ELECTRICAS SUBTERRÁNEAS.	23
2.1.1.5.4	AMBIENTE DE OPERACIÓN	35
2.1.1.5.5	IMPERMEABILIDAD	35
2.1.1.5.6	ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE VENTILACION DE ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LAS CABINAS SUBTERRANEAS.	37
2.1.1.5.7	DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA CABINA DE TRANSFORMACIÓN SUBTERRÁNEA.....	38
2.1.1.5.8	ESPECIFICACIONES DEL HORMIGON DE CABINAS SUBTERRANEAS.....	42
2.1.1.5.9	PISO	42
2.1.1.5.10	TAPAS O LOSAS SUPERIORES.....	46
2.1.1.5.11	PAREDES.....	46
2.1.1.5.12	BASES Y FUNDICIONES.....	46
2.1.1.5.13	CANALETAS PARA INGRESO Y SALIDA DE CABLES	49
2.1.1.5.14	TAPAS DE HIERRO DÚCTIL	51
2.1.1.5.15	MALLA ELECTROSOLDADA.....	52
2.1.2	OBRA ELECTRICA.....	52
2.1.2.1.1	OBJETO.....	52
2.1.2.2	ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA REDES SUBTERRANEAS	52
2.1.2.2.1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION	52
2.1.2.2.2	CAMPO DE APLICACIÓN:	53
2.1.2.3	TRANSFORMADORES PAD MOUNTED	57
2.1.2.3.1	ALCANCE.....	57
2.1.2.3.2	FUNCIÓN	57
2.1.2.3.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	57
2.1.2.3.4	INSTALACIÓN A LA INTEMPERIE	59
2.1.2.3.5	INSTALACIÓN EN INTERIORES.....	64
2.1.2.4	ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA CABINA DE TRANSFORMACIÓN.....	64
2.2	CONDUCCION.....	66
2.2.1	OBRA CIVIL.....	66
2.2.1.1	NORMAS DE SEGURIDAD.....	67
2.2.1.2	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	68

2.2.1.2.1	EXCAVACIÓN ZANJAS PARA DUCTOS	68
2.2.1.2.2	DESALOJO DE MATERIAL EXCAVADO.....	69
2.2.1.2.3	RELLENO COMPACTADO Y MATERIAL DE MEJORAMIENTO.....	69
2.2.1.2.4	DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA BANCO DE DUCTOS.....	70
2.2.1.2.5	BANCO DE DUCTOS.....	71
2.2.1.2.6	PROFUNDIDAD DE BANCOS DE DUCTOS.....	71
2.2.1.2.7	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA OBRA CIVIL DE DUCTOS BAJO LA VEREDA	73
2.2.1.2.8	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA OBRA CIVIL DE DUCTOS SOBRE LA CALZADA.....	80
2.2.1.2.9	EXCAVACIÓN PARA POZOS DE REVISION.....	87
2.2.1.2.10	POZOS DE REVISION	87
2.2.1.2.11	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA OBRA CIVIL DE POZOS.....	89
2.2.1.3	TUBO PVC D=110 MM	112
2.2.1.4	ESPECIFICACIONES DE TUBO PVC D=110 MM.....	112
2.2.1.5	COLOCACION DE TUBERIAS DE PVC EN LOS DUCTOS DE SERVICIOS	112
2.2.1.6	ALINEACIÓN DE TUBOS	113
2.2.1.7	TAPAS DE HORMIGÓN Y PERFIL DE HIERRO	115
2.2.1.8	TRANSICIÓN AÉREA SUBTERRANEA.....	115
2.2.2	OBRA ELECTRICA.....	120
2.2.2.1	CONDUCTORES ELECTRICOS SUBTERRANEOS.....	120
2.2.2.1.1	CONDUCTORES SUBTERRANEOS DE M.T.	120
2.2.2.1.2	CONDUCTORES SUBTERRANEOS DE B.T.....	129
2.2.2.1.3	ESPECIFICACIONES PARA EL TRANSPORTE Y TENDIDO DE CONDUCTORES SUBTERRANEOS	130
2.2.2.2	TRANSICIÓN AÉREA SUBTERRANEA.....	134
2.3	EMPALMES.....	137
2.3.1	OBRA CIVIL	137
2.3.1.1	EMPALMES DE CONDUCTORES DE BAJO VOLTAJE	137
2.3.1.2	EMPALMES DE CONDUCTORES DE MEDIO VOLTAJE	137
2.3.2	OBRA ELECTRICA PARA EMPALMES DE BAJO TENSION	139
2.3.2.1	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EMPALMES DE B.T.	139
2.3.2.1.1	OBJETO.....	139
2.3.2.1.2	CAMPO DE APLICACIÓN	139
2.3.2.1.3	CARACTERÍSTICAS GENERALES	139
2.3.2.1.4	CONDICIONES DE SERVICIO	140
2.3.2.1.5	NORMAS DE FABRICACIÓN.....	141
2.3.2.1.6	REQUISITOS TÉCNICOS PARTICULARES.....	141
2.3.2.1.7	CONECTORES PARA EMPALMES DE BAJO TENSION	142
2.3.3	OBRA ELECTRICA PARA EMPALMES DE MEDIO TENSION	142

2.3.3.1	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	143
2.3.3.2	REQUISITOS GENERALES	143
2.3.3.2.1	CONDICIONES AMBIENTALES	143
2.3.3.3	REQUISITOS TÉCNICOS	143
2.3.3.3.1	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	143
2.3.3.3.2	RECONSTRUCCIÓN DE LA PANTALLA METALICA.....	144
2.3.3.3.3	RECONSTRUCCIÓN SEMICONDUCTIVA	144
2.3.3.3.4	RECONSTRUCCIÓN AISLAMIENTO Y CHAQUETA	144
2.3.3.3.5	CONECTORES.....	144
2.3.3.4	TIPOS DE EMPALMES DE MEDIO TENSION	145
2.4	EQUIPO DE CORTE, MANIOBRA Y PROTECCION	145
2.4.1	OBRA CIVIL	145
2.4.2	OBRA ELECTRICA.....	145
2.4.2.1	CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE.....	146
	CADA PROTECCIÓN:	146
2.4.2.1.1	SECCIONADORES	146
2.4.2.2	CELDA DE MEDIO TENSION AISLADAS EN SF6	146
2.4.2.2.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES	146
2.4.2.2.2	APLICACIONES	147
2.4.2.2.3	PROPIEDADES.....	147
2.4.2.2.4	NORMAS.....	148
2.4.2.2.5	CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS	148
2.4.2.2.6	CARACTERISTICAS PARTICULARES	149
2.4.2.3	EQUIPO PREMOLDEADO PARA MEDIO TENSION	150
2.4.2.3.1	CONECTORES PREMOLDEADOS	151
2.4.2.4	TABLEROS DE BAJO TENSION	162
2.4.2.4.1	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOMINALES DE UN TABLERO.....	162
2.4.2.4.2	GRADO DE PROTECCIÓN IP DEL CUADRO	163
2.4.2.4.3	CARACTERISTICASPARTICULARES	163
2.4.2.5	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	164
2.4.2.5.1	INTRODUCCIÓN.	164
2.4.2.5.2	NORMAS.....	164
2.4.2.5.3	CARACTERISTICAS TECNICAS	165
<u>CAPÍTULO III</u>		166
<u>3</u>	<u>EJEMPLO DE APLICACIÓN.....</u>	166
3.1	CABINAS.....	166
3.1.1	OBRA CIVIL	166

3.1.1.1	DIMENSIONES	166
3.1.1.2	AMBIENTE DE OPERACIÓN.....	167
3.1.1.3	IMPERMEABILIDAD.....	167
3.1.1.4	SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	167
3.1.1.5	HORMIGON DE LA CABINA DE DERIVACIÓN Y MANIOBRA	167
3.1.1.6	PISO	168
3.1.1.7	TAPAS O LOSAS SUPERIORES	168
3.1.1.8	PAREDES, BASES Y FUNDICIONES.....	168
3.1.1.9	CANALETAS PARA INGRESO Y SALIDA DE CABLES	168
3.1.1.10	TAPAS DE ACCESO A LA CABINA	169
3.1.2	OBRA ELECCTRICA	169
3.1.2.1	ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA CABINA.....	169
3.1.2.2	DERIVACIONES DE MEDIO VOLTAGE DESDE BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MULTIPLES.....	170
3.2	CONDUCCIÓN.....	170
3.2.1	OBRA CIVIL	170
3.2.1.1	BANCO DE DUCTOS	170
3.2.1.2	PROFUNDIDAD DE BANCO DE DUCTOS	171
3.2.1.3	POZOS DE REVISIÓN.....	171
3.2.1.4	TAPAS DE HORMIGÓN Y PERFIL DE HIERRO	172
3.2.2	OBRA ELECTRICA.....	172
3.2.2.1	RECORRIDO DE REDES DE MEDIO Y BAJO VOLTAGE	172
3.2.2.2	REDES DE DISTRIBUCIÓN	173
3.2.2.2.1	CONDUCTORES DE MEDIO VOLTAGE.....	173
3.2.2.2.2	CONDUCTORES DE BAJO VOLTAGE.....	174
3.2.2.3	ESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN.....	174
3.2.2.4	ESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN PARTICULARES	175
3.2.2.5	BAJANTES DE POSTES.....	175
3.2.2.6	ACOMETIDAS A USUARIOS	176
3.2.2.7	PUESTA A TIERRA.....	176
3.3	EMPALMES.....	177
3.3.1	OBRA CIVIL	177
3.3.1.1	EMPALMES DE BAJO VOLTAGE.....	177
3.3.2	OBRA ELECTRICA.....	177
3.3.2.1	EMPALMES DE BAJO VOLTAGE.....	177
3.3.2.2	EMPALMES DE MEDIO VOLTAGE.....	177
3.4	EQUIPOS DE CORTE, MIOBRA Y PROTECCION.....	178
3.4.1	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	178
3.4.2	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.....	178
3.4.3	BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MULTIPLES DE 5 VIAS	178

<u>CAPITULO IV</u>	180
<u>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	180
4.1 CONCLUSIONES.....	180
4.2 RECOMENDACIONES	182
<u>5 BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS</u>	185
<u>6 ANEXOS</u>	186

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

SISTEMAS SUBTERRANEOS DE DISTRIBUCION

FIGURA 1.1 TOPOLOGÍA DE UNA RED ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA.....	4
FIGURA 1.2 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DENTRO DE LA CABINA.....	5
FIGURA 1.3 CABINA SUBTERRÁNEA.....	7
FIGURA 1.4 TAPA METÁLICA.....	8
FIGURA 1.5 ESCALERA METÁLICA TIPO BOMBERO.....	8
FIGURA 1.6 POZO PARA RECOLECCIÓN DE LÍQUIDOS.....	9
FIGURA 1.7 DUCTO DE INGRESO Y SALIDA DE AIRE.....	9
FIGURA 1.8 LOSA DE TAPAS FIJAS Y REMOVIBLES.....	10
FIGURA 1.9 TRANSFORMADOR.....	11
FIGURA 1.10 UNIDAD ENCAPSULADA CON AISLAMIENTO SF6.....	11
FIGURA 1.11 C. INTERRUPTOR DE LÍNEA CON AISLAMIENTO SF6.....	12
FIGURA 1.12 F. INTERRUPTOR FUSIBLE CON AISLAMIENTO SF6.....	12
FIGURA 1.13 TABLERO DE B.T.....	13
FIGURA 1.14 VISTA INTERIOR DEL TABLERO DE B.T.....	13
FIGURA 1.15 PROTECTOR TÉRMICO TRIPOLAR PREMOLDEADO SQUARED.....	13
FIGURA 1.16 EQUIPOS PREMOLDEADOS.....	14
FIGURA 1.17 CONDUCTOR DE B.T. AISLAMIENTO TTU.....	15
FIGURA 1.18 PARTES DE CABLE SUBTERRÁNEO DE M.T. AISLAMIENTO XLPE.....	17

CAPITULO 2

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA DISEÑO DE REDES SUBTERRANEAS

FIGURA 2.1 DISTANCIA LIBRE MÍNIMA AL TECHO.....	22
FIGURA 2.2 ILUMINACIÓN DE LA CABINA DE TRANSFORMACIÓN SUBTERRÁNEA.....	65
FIGURA 2.3 CONDUCTOR DE M.T.....	120
FIGURA 2.4 CONDUCTOR DE SIETE HILOS CABLEADO.....	121
FIGURA 2.5 DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO.....	122
FIGURA 2.6 CABLE PARA MEDIO VOLTAJE CINTA DE COBRE.....	127
FIGURA 2.7 CABLE DE MEDIO VOLTAJE NEUTRO CONCÉNTRICO.....	127
FIGURA 2.8 CABLE DE BAJO VOLTAJE TTU.....	129
FIGURA 2.9 CONECTOR TIPO C.....	142
FIGURA 2.10 CONECTOR TIPO U.....	142
FIGURA 2.11 TERMINAL DE CABLE PREMOLDEADA.....	161

CAPITULO 3

EJEMPLO DE APLICACIÓN

FIGURA 3.1 BANCO DE DUCTOS PARA INGRESO DE CABLES A LA CABINA.....	169
FIGURA 3.2 BARRA PREMOLDEADA DE CONECTORES MULTIPLES.....	179

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 ALTURA DE PARTES VIVAS.....	21
TABLA 2.2DISTANCIA MINIMA DEL ESPACIO DE TRABAJO.....	22
TABLA 2.3DIMENSIONES DE LA CABINA DE TRANSFORMACION CON EQUIPO DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCION.....	23
TABLA 2.4 DIMENSIONES DE LA CABINA DE TRANSFORMACION CON 3 SECCIONADORES PARA PROTECCION DEL TRANSFORMADOR Y 3 SECCIONADORES PARA DERIVACION.....	26
TABLA 2.5 DIMENSIONES DE LA CABINA DE TRANSFORMACION CON 3 SECCIONADORES PARA PROTECCION DEL TRANSFORMADOR.....	29
TABLA 2.6 DIMENSIONES DE LA CABINA DE DERIVACION Y MANIOBRAS CON BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MULTIPLES.....	32
TABLA 2.7 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE EQUIPO ELECTRICO.....	35
TABLA 2.8 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE CABINA SUBTERRANEA.....	35
TABLA 2.9 GRADO DE IMPERMEABILIDAD DE MUROS.....	36
TABLA 2.10 GRADO DE IMPERMEABILIDAD DE SUELOS.....	36
TABLA 2.11 TEMPERATURA CALCULADA DE LA CABINA.....	38
TABLA 2.12 DIAMETRO CALCULADO DEL DUCTO DE AIRE.....	39
TABLA 2.13 VENTILADOR DE INYECCION DE AIRE.....	39
TABLA 2.14 VENTILADOR DE EXTRACCION DE AIRE.....	39
TABLA 2.15 RESISTENCIA DEL HORMIGON.....	42
TABLA 2.16NIVEL DE AISLAMIENTO DE TRANSFORMADORES.....	56
TABLA 2.17 MATERIAL DE MEJORAMIENTO PARA ZANJAS.....	69
TABLA 2.18 DIMENSIONES DE EXCAVACIONES DE ZANJAS PARA BANCO DE DUCTOS EN VEREDA.....	70
TABLA 2.19 DIMENSIONES DE EXCAVACIONES DE ZANJAS PARA BANCO DE DUCTOS EN CRUCE DE VIAS.....	71
TABLA 2.20PROFUNDIDAD MINIMA DE DUCTOS O BANCO DE DUCTOS.....	72
TABLA 2.21 CARACTERISTICAS DE AISLAMIENTO DE CABLES.....	124
 TABLA 3.1 DIMENSIONES DE LA CABINA DE DERIVACIÓN Y MANIOBRAS CON BARRAS PREMOLDEADASDE CONECTORES MÚLTIPLES PARA 6.3 KV.....	 166
TABLA 3.2 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA CABINA DE DERIVACIÓN Y MANIOBRAS CON BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MÚLTIPLES PARA 6.3 KV.....	167

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED SUBTERRANEA DE MEDIO VOLTAJE DEL
CENTRO HISTORICO DE CUENCA
- ANEXO 2 DIMENSIONES DE CABINA DE TRANSFORMACION CON EQUIPO DE CORTE Y
MANIOBRA
- ANEXO 3 DIMENSIONES DE CABINA DE TRANSFORMACION CON SECCIONADORES
FUSIBLE TIPO ABIERTO PARA PROTECCION Y DERIVACION
- ANEXO 4 DIMENSIONES DE CABINA DE TRANSFORMACION CON SECCIONADORES
FUSIBLE TIPO ABIERTO PARA PROTECCION DEL TRANSFORMADOR.
- ANEXO 5 DIMENSIONES DE CABINA DE DERIVACION Y MANIOBRAS CON BARRAS
PREMOOLDEADAS DE CONECTORES MULTIPLES
- ANEXO 6 CALCULO DEL SISTEMA DE VENTILACION PARA TRANSFORMADORES DE
EERCS
- ANEXO 7 CALCULO DE ESFUERZOS DINAMICOS Y MECANICOS SOPORTADOS POR LAS
PAREDES, BASES Y LOSAS DE LAS CAMARAS
- ANEXO 8 DISEÑO DE TAPA
- ANEXO 9 PLANO DE DISTRIBUCION DE REDES ELECTRICAS SUBTERRANEAS DE BAJO
Y MEDIO VOLTAJE DE LA AV. LOJA, TRAMO ENTRE REMIGIO CRESPO Y
GALAPAGOS.
- ANEXO 10 PLANO DE RECORRIDO DE DUCTOS SUBTERRANEOS DE BAJO Y MEDIO
VOLTAJE DE LA AV. LOJA, TRAMO ENTRE REMIGIO CRESPO Y GALAPAGOS
- ANEXO 11 DETALLE DE TABLERO DE DISTRIBUCION DE BAJO VOLTAJE.
- ANEXO 12 DIAGRAMA UNIFILAR DE BAJO VOLTAJE.

CAPÍTULO I

1 SISTEMAS SUBTERRANEOS DE DISTRIBUCION

1.1 GENERALIDADES

En las grandes ciudades se utilizan tanto los sistemas de distribución aéreos como subterráneos, pero al aumentar las densidades de carga, la construcción aérea se vuelve difícil y peligrosa en virtud que se requieren de transformadores y conductores de mayor tamaño. Por esta razón en las zonas comerciales del centro, en la mayor parte de las ciudades se acostumbra a utilizar la distribución subterránea.

En la ciudad de Cuenca considerando el crecimiento de la demanda de energía eléctrica, fue una preocupación la recuperación de la imagen de la ciudad y el embellecimiento del casco comercial de la ciudad, por lo que fue necesario realizar un estudio dirigido al diseño eléctrico de una red eléctrica subterránea.

La tendencia a este tipo de distribución está aumentando y se espera que siga creciendo es por ello que se debe tomar precauciones específicas en el diseño del sistema. Por estas razones, con este proyecto de especificaciones técnicas se busca reglamentar el diseño y la construcción de las redes subterráneas, mejorando la calidad y seguridad del servicio de distribución de energía eléctrica.

Para efecto de las especificaciones, se va a considerar todo lo que contiene una red de distribución eléctrica subterránea.

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

El presente proyecto tiene por objetivo establecer las especificaciones técnicas para la EERCS que permita facilitar el diseño y construcción de redes eléctricas subterráneas mediante un **PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS.**

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1.2.2.1.- Contar con las especificaciones técnicas propias de la EERCS para el diseño de redes eléctricas subterráneas ya que al momento no se cuenta con esta información que es muy útil para la empresa y los profesionales en la rama.

1.2.2.2.- Reducir los costos de diseño, construcción y mantenimiento de una red eléctrica subterránea.

1.2.2.3.- Mejorar la imagen urbana que se deteriora debido a la presencia física de las redes eléctricas aéreas primarias y secundarias.

1.2.2.4.- Determinar las características civiles y electromecánicas de cada de una cabina de transformación.

1.2.3 ALCANCE.

El uso de las especificaciones permitirá diseñar y construir de forma técnica las redes subterráneas de distribución eléctrica, garantizará la ejecución satisfactoria de cada proyecto, cuidando la seguridad y un servicio de calidad a los clientes.

El estudio, abarca las especificaciones técnicas que la EERCS implantará como modelo para el diseño y construcción de redes eléctricas subterráneas que deberán aplicar los profesionales de la rama eléctrica cuando estos tengan que realizar este tipo de trabajos; tales como, Cabinas de Transformación, ductos, pozos de distribución, zanjas, conductores subterráneos, empalmes, equipos de protección, de corte y de maniobra y transformadores.

1.3 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA DE LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR

1.3.1 TOPOLOGIA DE LA RED

Entre los sistemas de distribución primarios subterráneos se encuentra el servicio a zonas céntricas urbanas. Los secundarios son de sistema radial, el suministro primario procede de varios alimentadores primarios trifásicos que tienen un sistema de conexión en anillo.

El sistema primario está formado por una serie de circuitos trifásicos, pozos de distribución y cabinas subterráneas. Los cables se instalan dentro de ductos de PVC dispuestos en bancos para contener el número necesario de cables, estos suelen recubrirse de hormigón para darles más protección mecánica.

Los pozos suelen estar situados en las esquinas de las calles a una profundidad de 0,90 metros, aproximadamente, los mismos facilitan el acceso a los cables para estirarlos a través de los conductos, para empalmar y construir nuevos tramos de cable y dirigirlos a lo largo de las calles además de facilitar su mantenimiento.

Los transformadores de red que alimentan a la red secundaria subterránea, suelen estar situados en cabinas subterráneas llamados cabinas de transformación. Cada cabina contiene un transformador trifásico, con su equipo de maniobra y sus dispositivos protectores asociados, que incluyen interruptores para proteger la red.

Estas cabinas deben proveer un alojamiento impermeable para los equipos, además, es necesario dotarlas de ventilación y drenaje adecuados.

Los sistemas de distribución secundarios subterráneos se extienden desde los bornes de bajo voltaje del transformador de distribución hasta la acometida del usuario.

Los sistemas primarios subterráneos alimentan a los transformadores de distribución en cabinas subterráneas ó transformadores instalados en edificios que sirven para alimentar instalaciones comerciales particulares.

Sin embargo, en ocasiones, el sistema secundario subterráneo tendrá un alimentador primario aéreo y un transformador de distribución, montado sobre un poste; en este caso, los cables secundarios se hacen bajar a lo largo del poste y se llevan por debajo del suelo hasta la acometida del usuario.

Es importante resaltar que el diseño, construcción y operación correctos de un sistema de suministro eléctrico subterráneo implica además coordinar con otras personas y organizaciones, debido a que otras empresas (telefonía, semaforización,

TV cable, Internet, etc.) también instalan y operan sistemas por debajo de las calles de la ciudad.

Uno de los elementos más importantes es la cabina que está diseñada con un espacio suficiente para albergar todos los equipos que la conforman de una manera ordenada, lo suficientemente cómoda y segura para proteger a las personas de descargas eléctricas cuando se estén realizando trabajos dentro de ésta, cumpliendo con las normas de seguridad necesarias para la protección del ser humano.

Dentro de las cabinas subterráneas se realizara la distribución de circuitos en medio y bajo voltaje, para lo cual se debe disponer de todos los elementos necesarios que garanticen el correcto funcionamiento de la red, además el sistema de ventilación adecuado para evitar el recalentamiento de los equipos y el sistema de evacuación de líquidos, a continuación se detalla la topología principal de una red eléctrica subterránea, *Figura 1.1*.

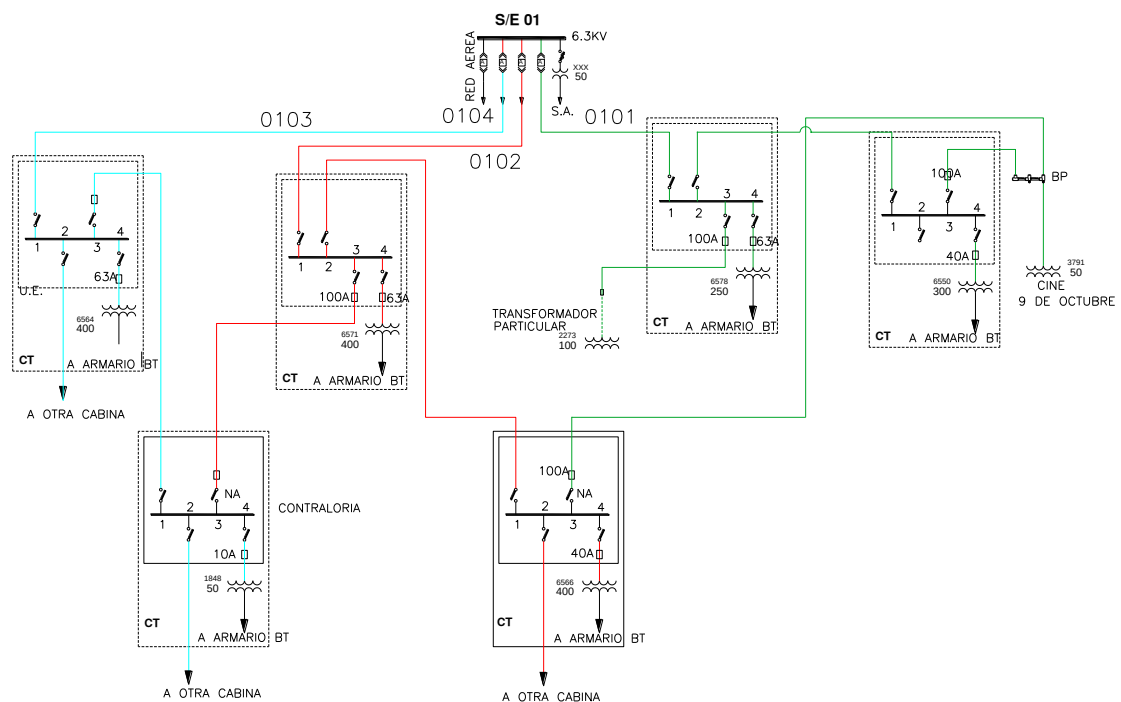


Figura 1.1 Topología de una red eléctrica subterránea

1.3.2 TOPOLOGIA DE LA CABINA SUBTERRANEA

El sistema eléctrico subterráneo es alimentado desde las Subestaciones N°1 y N°2, a un nivel de voltaje de 6.3 KV. El equipo que recibe y distribuye la medio voltaje

dentro de cabina de transformación subterránea está la unidad encapsulada, este equipo transmite la energía a otra unidad encapsulada de otra cabina del mismo alimentador mediante conductores subterráneos de medio voltaje, también en algunas cabinas se interconectan con otros alimentadores para realizar transferencias de carga en caso de alguna contingencia *Figura 1.2*.

También desde la unidad encapsulada se alimenta al transformador de la cabina obteniéndose en la parte de los bushings de bajo voltaje voltajes de 210/121V que se pueden utilizar para el desarrollo de las actividades diarias de las personas. El equipo que recibe la bajo voltaje suministrada por el transformador es el tablero de distribución que como su nombre lo indica se encarga de distribuir la energía mediante a los diferentes circuitos subterráneos y por intermedio de acometidas individuales energiza los contadores de energía de los diferentes usuarios. Para proteger los circuitos de bajo voltaje cada tablero cuenta con protectores termomagnéticos.

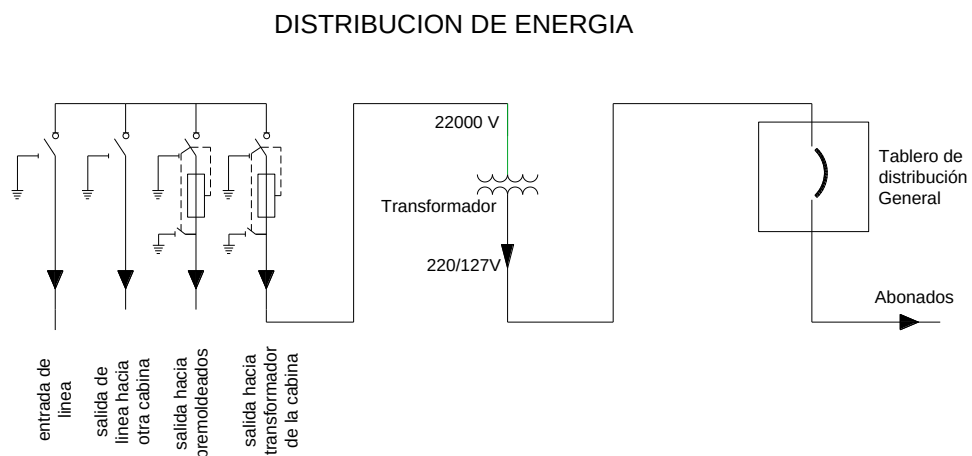


Figura 1.2 Distribución de energía eléctrica dentro de la cabina.

1.4 ALIMENTADORES SUBTERRANEOS

Las cabinas subterráneas están interconectadas una con otra y dependiendo de la ubicación de cada una son energizadas por los alimentadores 0101, 0102, y 0103 de la subestación N°1 y por los alimentadores 0201, 0202, y 0203 de la subestación N°2.

1.5 TRANSFERENCIAS ENTRE ALIMENTADORES DE LAS CABINAS SUBTERRANEAS

En todo sistema eléctrico la continuidad del servicio es muy importante para los usuarios y para la empresa distribuidora y cuando ocurre una interrupción de energía eléctrica, es necesaria la reposición del servicio eléctrico en el menor tiempo posible.

Cuando la continuidad del servicio se ve afectada por varios factores como mantenimiento, daños de conductores, equipos, problemas de alimentadores o subestaciones, etc., es necesario realizar la transferencia de la carga de un alimentador a otro.

Las redes eléctricas subterráneas primarias de Cuenca disponen de transferencias para este tipo de emergencias utilizando las unidades encapsuladas que se encuentran dentro de las cabinas subterráneas, debido a la confiabilidad de estos equipos para realizar maniobras con carga.

Las transferencias se pueden realizar entre alimentadores de la misma subestación ó entre alimentadores de subestaciones diferentes.

Las transferencias entre alimentadores de una misma subestación pueden ser:

- Alimentador 0101 con Alimentador 0102
- Alimentador 0102 con Alimentador 0103
- Alimentador 0201 con Alimentador 0202
- Alimentador 0202 con Alimentador 0203

Las transferencias entre alimentadores de la subestación N° 1 con la subestación N° 2 son las siguientes:

- Alimentador 0101 con Alimentador 0201
- Alimentador 0102 con Alimentador 0202
- Alimentador 0102 con Alimentador 0201
- Alimentador 0103 con Alimentador 0202
- Alimentador 0103 con Alimentador 0203

En el anexo 1 se puede observar el diagrama unifilar de la red eléctrica subterránea del Centro Histórico de Cuenca con sus diferentes alimentadores e interconexiones para transferencias de carga.

1.6 CABINAS DE TRANSFORMACION SUBTERRANEA

1.6.1 DESCRIPCION

La distribución de energía eléctrica en el centro histórico de la ciudad de Cuenca se realiza por medio de un sistema eléctrico subterráneo en medio y bajo voltaje, para ello existen 39 Cabinas Subterráneas con dimensiones de 5m. de largo por 3m. de ancho y 2.5m. de altura, lo suficientemente amplias y cómodas para la instalación de los equipos, además brinda seguridad y facilidad para operar y realizar maniobras, su ubicación está bajo el nivel de la calzada (*Figura 1.3*).

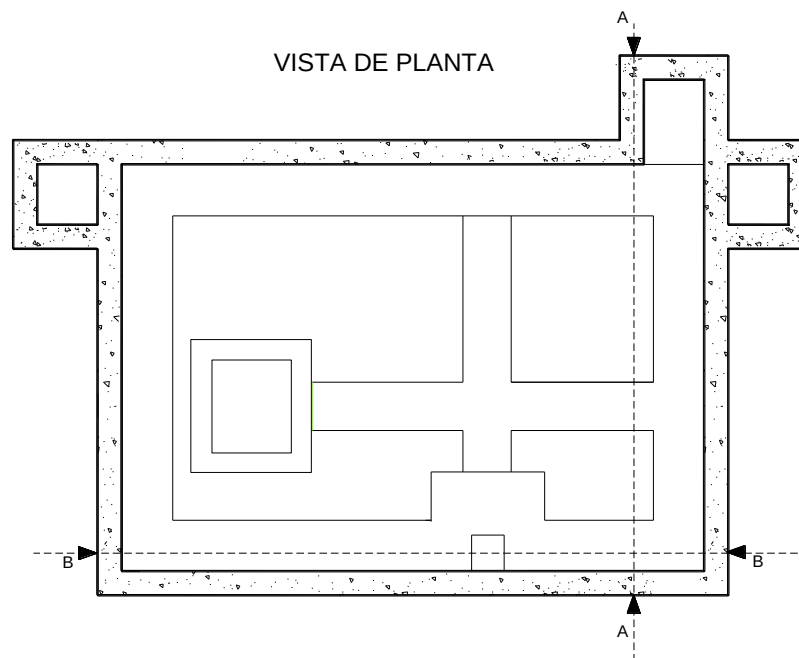


Figura 1.3 *Cabina Subterránea*

En la parte superior tenemos una tapa metálica de hierro forjado con una dimensión de 0,80 metros cuadrados fijada a la base metálica (*Figura 1.4*), que permite el ingreso a la cabina a través de una escalera metálica tipo bombero. (*Figura 1.5*)



Figura 1.4 Tapa Metálica

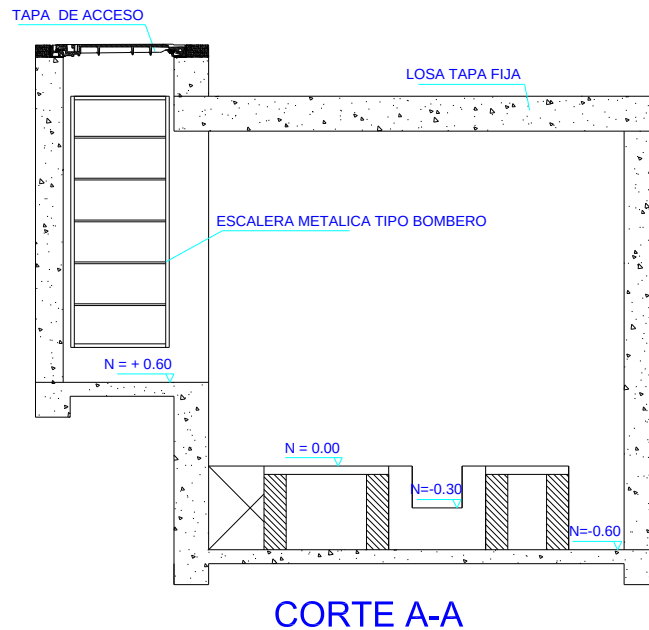


Figura 1.5 Escalera Metálica tipo Bombero

En el interior de la Cabina Subterránea existe una fundición de hormigón sobre la cual van todos sus quipos y componentes, en la misma fundición se encuentran unas canaletas destinadas para el tendido de cables tanto de Medio y Bajo Voltaje.

Tienen un desnivel del 0.5% hacia un pozo o fosa que sobre el nivel de la losa está a un desnivel de -1m. en donde esta fosa recoge líquidos que pueden ingresar a la cabina, estos líquidos son evacuados mediante una bomba eléctrica a través de un ducto de 2 pulgadas que está conectado al sistema de alcantarillado de las diferentes calles donde se ubican las cabinas. (Figura 1.6).

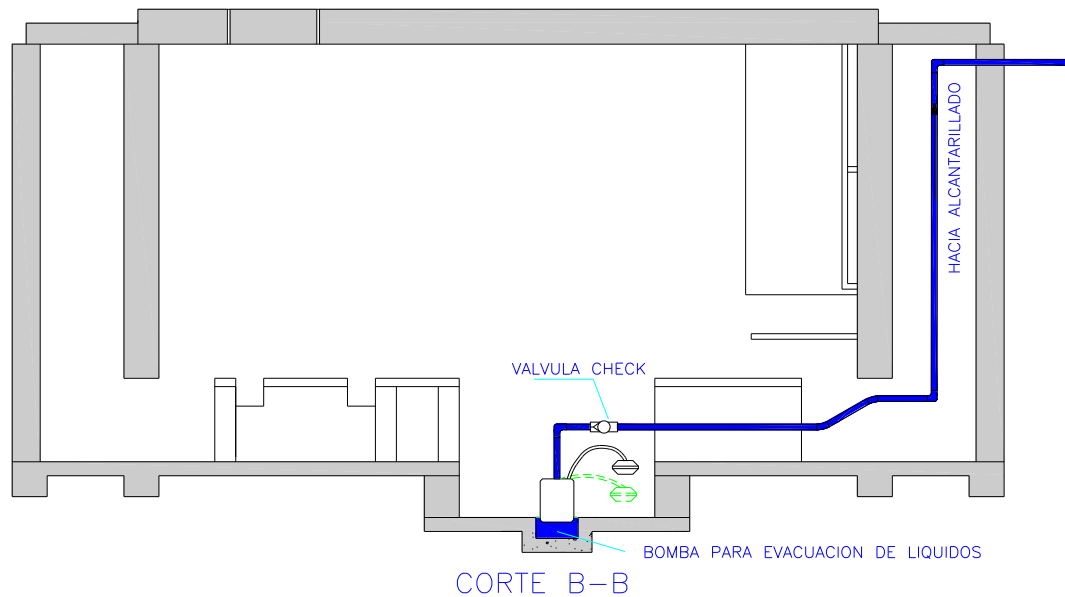


Figura 1.6 Pozo para recolección de líquidos

Los muros o paredes son de hormigón armado enlucidas, construidas tomando en cuenta los ductos destinados a la ventilación tanto de entrada como de salida de aire, estos ductos son de PVC con un diámetro de 30 cm.

La entrada del aire se realiza a nivel del transformador, mediante un ventilador y la salida del aire se permite mediante otro ducto que se encuentra en la parte superior de la cabina, para que el aire caliente interno evacue la cabina con mayor rapidez se encuentra instalado un extractor de aire. (Figura 1.7)

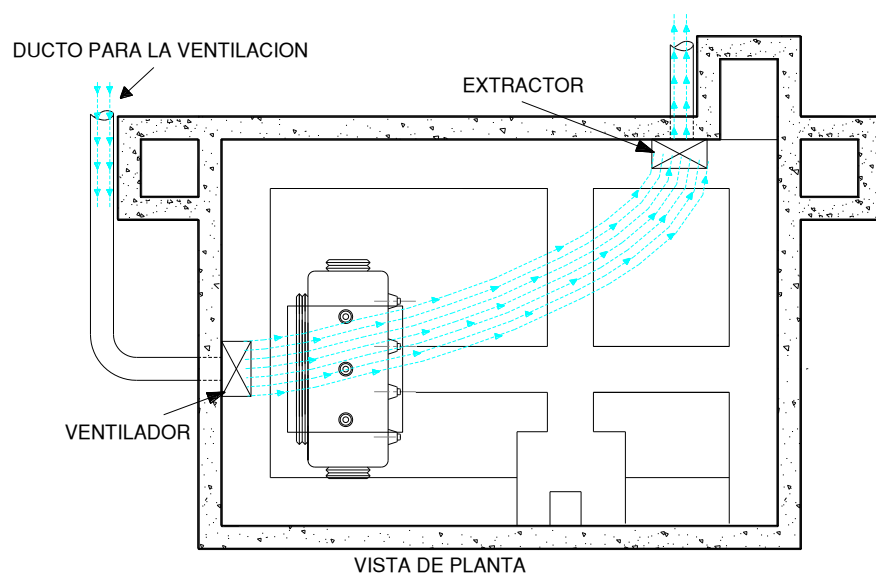


Figura 1.7 Ducto de ingreso y salida de aire

Los ventiladores no pueden estar funcionando continuamente todo el tiempo, es por eso que su funcionamiento está controlado por la temperatura de la misma cabina mediante un termostato que se calibra a una temperatura máxima de 30°C.

La parte superior que cierra la cabina está formada por una losa fija y dos tapas removibles que comprenden la cubierta.

Las tapas removibles permiten introducir los equipos a la cabina y realizar el cambio de éstos en el caso de requerirse por algún daño (*Figura 1.8*).

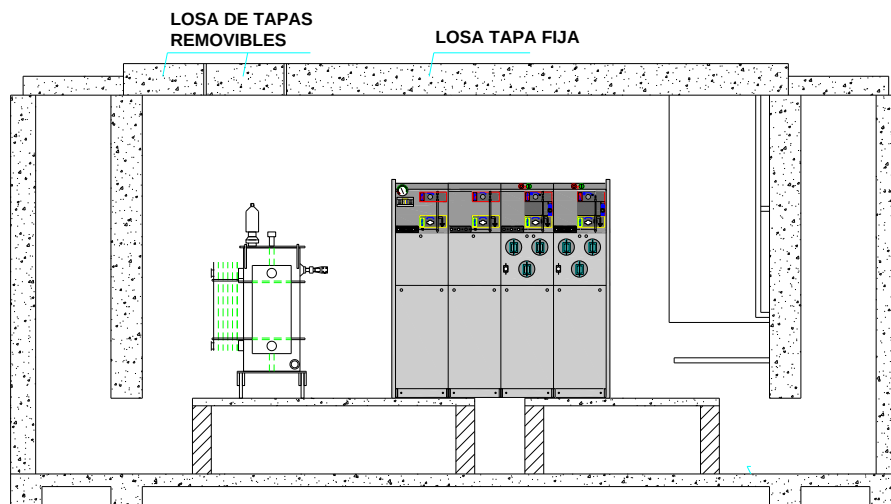


Figura 1.8 Losa de Tapas Fijas y Removibles.

1.6.2 TRANSFORMADORES

En las cabinas subterráneas están instalados transformadores de distribución trifásicos convencionales, para medio voltaje, con una frecuencia de 60 Hz. Su ventilación es mediante aire forzado y su refrigeración es de aceite (ONAF), para operación interior a 2500 msnm.

Se encuentran instalados transformadores Siemens, que van desde 150, a 500KVA. Con voltajes de 210/121V. y un grupo de conexión Dyn5, taps +-5%. Este elemento va ubicado debajo de las tapas removibles (*Figura 1.9*).

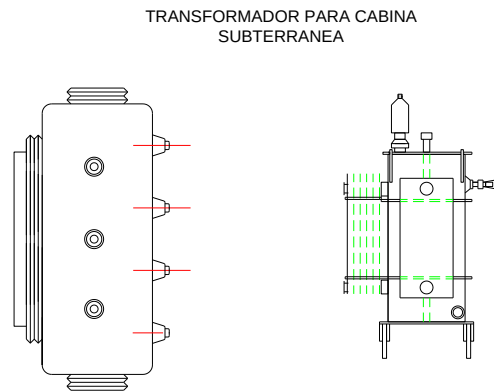


Figura 1.9 Transformador

1.6.3 UNIDAD ENCAPSULADA.

La Unidad Encapsulada o equipo CTC-F es un equipo de mucha importancia dentro de las Cabinas Subterráneas, tiene la función de controlar y proteger la red, y al mismo tiempo evitar sobretensiones al transformador de distribución. Sus compartimentos están separados para un funcionamiento de forma individual de los cables del anillo y sus salidas tipo como internacionalmente normalizados, los mismos que posibilita el uso de prácticamente todos los cables existentes dentro de esta unidad. Este equipo presta la facilidad de suspender o energizar los diferentes transformadores existentes en el sistema subterráneo, los cuales pueden encontrarse con o sin carga, utilizando únicamente una palanca que viene como parte del equipo, evitando tener el inconveniente de que se produzcan los arcos eléctricos, y también que se produzcan desconexiones del sistema cuando se esté operando con cargas altas. La apertura y cierre se realiza en una cuba con gas tipo SF₆ (*Figura 1.10*).



Figura 1.10 Unidad encapsulada con aislamiento SF₆.

Las unidades encapsuladas tienen dos Interruptores de Línea **C**, los cuales sirven para realizar las maniobras de transferencia y conexión de la red (figura 1.11), y dos interruptores-fusibles **F**, para la protección de transformadores y equipos premoldeados (Figura 1.12).

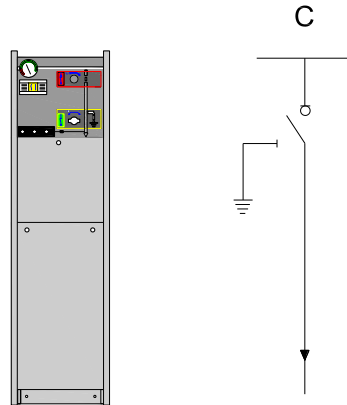


Figura 1.11 C. Interruptor de Línea con aislamiento SF6.

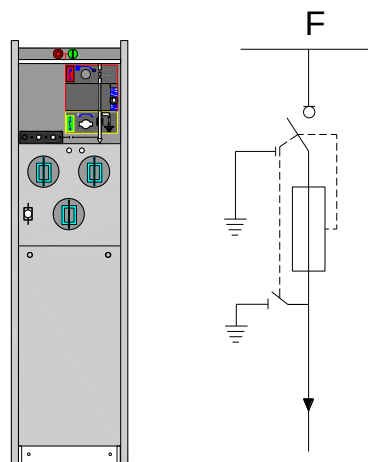


Figura 1.12 F. Interruptor Fusible con aislamiento SF6.

1.6.4 TABLEROS PARA BAJO TENSION.

A este tablero también se le puede denominar como Armario de Distribución, en su interior alberga interruptores termomagnéticos tripolares para protección y operación de los circuitos de bajo voltaje, y alumbrado público (Figura 1.13).

La cantidad de interruptores termomagnéticos depende del número de circuitos de bajo voltaje y de alumbrado público, por lo general son: 8 para circuitos de B.T. y 3 para alumbrado público (Figura 1.14).

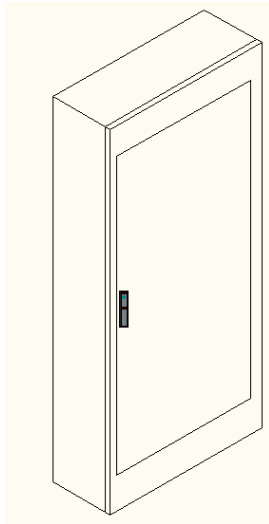


Figura 1.13 Tablero de B.

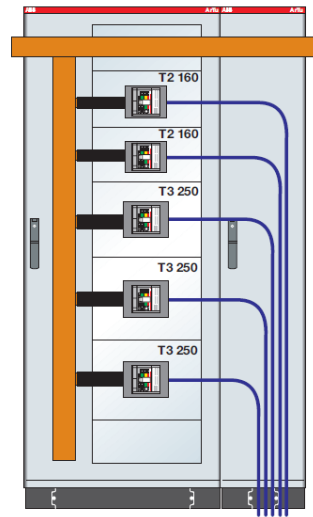


Figura 1.14 Vista interior del Tablero de B.T.

1.6.5 PROTECTORES TERMOMAGNÉTICOS

Los interruptores termomagnéticos de bajo voltaje son tripolares, su función es de proteger los circuitos que sirven para dar servicio a los clientes existentes dentro de la urbe, están aislados para 600V. y su capacidad de corriente está calculada en función de la demanda máxima de cada uno de los circuitos (*Figura 1.15*).



Figura 1.15 Protector térmico tripolar premoldeado Squared

Los interruptores termomagnéticos para los circuitos de alumbrado público son bipolares aislados para 240 V, tienen un excedente en los cálculos del 20% de sobrecarga.

1.6.6 EQUIPOS PREMOLDEADOS.

En algunas cabinas que se necesitan alimentar dos o más acometidas o derivaciones en Medio Voltaje se utilizan los equipos premoldeados.

Los equipos premoldeados son elementos que remplazan a los seccionadores abiertos y permiten garantizar un excelente aislamiento y blindaje, brindando confiabilidad, estabilidad y rendimiento, lo que se traduce en instalaciones de gran duración, libres de mantenimiento y brindan seguridad al personal que opera dentro de las cabinas.

Los principales ventajas son:

- ✓ Diseño simple, construcción de una sola pieza con aislamiento integrado
- ✓ protección y sellado de superficies
- ✓ facilidad de instalación ya que no se requieren herramientas especiales
- ✓ compacto, ligero y duradero diseñados para un fácil manejo y aplicación
- ✓ Su sistema de aislamiento es altamente confiable
- ✓ Su apertura puede ser con carga

Se tienen dos tipos básicos premoldeados monopolares en forma de "T", y monopolares en forma de "Codo" (*Figura 1.16*), los dos aseguran una correcta continuidad eléctrica, buen aislamiento y una puesta a tierra adecuada de la pantalla, así mismo presentan gran versatilidad para permitir adicionar o retirar derivaciones según sean las necesidades.

Los codos premoldeados presentan una opción de rompe carga

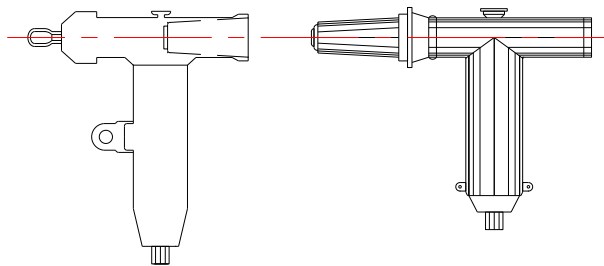


Figura 1.16 Equipos Premoldeados.

Tienen la ventaja de ser reutilizables sus características son:

- * Aislamiento: para 15 KV.
- * BIL: 110 KV.
- * Corriente Nominal: 600 A.

Van montados en los soportes diseñados para estos equipos premoldeados, de manera que guardan armonía, de fácil acceso e identificación. Para la puesta a tierra de la pantalla está adecuado un conector perno hendido de soporte.

1.7 REDES SECUNDARIAS

1.7.1 CONDUCTORES SUBTERRANEOS UTILIZADOS EN BAJO VOLTAJE

1.7.1.1 CONDUCTORES DE FASE

Los conductores de bajo voltaje de los diferentes circuitos de cada cabina varían con secciones correspondientes a calibres: 6 (para alumbrado), 4 para acometidas de viviendas, 2 AWG de 7 hilos; 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250 MCM, 300 MCM, de 19 hilos. Todos estos conductores son de aislamiento TTU (*Figura 1.17*), y tienen las siguientes características:

- Material del conductor: Cobre
- Número de polos: Uno
- Sección transversal: Cableada y circular
- Aislamiento: TTU
- Cubierta: PVC (Policloruro de vinilo)
- Voltaje de servicio: 2 KV
- Temperatura de servicio continuo: 75° C

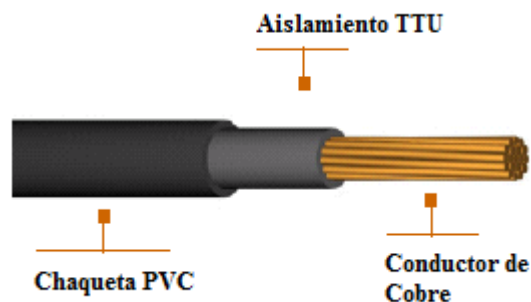


Figura 1.17 Conductor de B.T. aislamiento TTU.

1.7.1.2 CONDUCTORES PARA NEUTRO

En las redes subterráneas se utilizan conductores de cobre desnudos, tanto para neutros de redes secundarias como para puestas a tierra y mallas de tierra.

Los calibres utilizados son de las siguientes dimensiones: 6, 4, 2, (7 hilos), 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, (19 hilos).

1.8 REDES PRIMARIAS

Los cables que se utilizan para distribución de energía en medio voltaje pueden estar enterrados directamente o pueden estar instalados dentro de ductos.

Este conductor tiene un aislante de cloruro reticulado (XLPE) para operación continua en 90°C, 130°C en sobrecarga de emergencia y 250°C en cortocircuito. Tienen una capa semiconductora de polietileno para ser extruido. La pantalla electrostática consta de una malla de alambres para conseguir un 33% de nivel de conductancia. La chaqueta es de cloruro de polivinilo (PVC) de 60°C (140°F) resistente a la humedad y no permite la propagación de la llama. Este conductor elimina la falla a tierra en menos de un minuto.

1.8.1 CONDUCTORES SUBTERRANEOS UTILIZADOS EN MEDIO VOLTAJE

Los conductores que se utilizan en las redes subterráneas para las conexiones entre cabinas son monopoles de aislamiento XLPE (*Figura 1.18*), con un calibre de 250 MCM, y para las derivaciones a transformadores particulares se utiliza el conductor 2/0 AWG aislamiento XLPE y cumplen las siguientes características:

- Material del conductor: Cobre
- Número de polos: Uno
- Voltaje de operación: 15 KV fase - fase
- Capacidad de conducción: 200 Amperios si está enterrado
- Sección transversal: Cableada, circular, 70mm. cuadrados
- Número de hilos: 19
- Aislamiento: XLPE (Polietileno reticulado, espesor 4.5mm)

- Pantalla: Cinta de cobre aplicada helicoidalmente y cables de cobre, con sección transversal total de la pantalla mínimo 16mm. cuadrados.
- Cubierta: PVC (Polietileno) 2.5mm de espesor.
- Temperatura de servicio del conductor: 90° C.
- Temperatura máxima del circuito del conductor: 250° C.

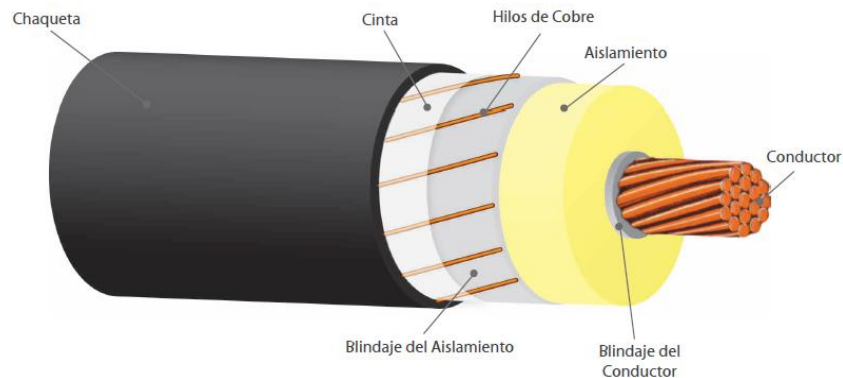


Figura 1.18 Partes de Cable Subterráneo de M.T. aislamiento XLPE

CAPITULO II

2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO DE REDES SUBTERRANEAS

ALCANCES AL PROYECTO

Se propone implementar las especificaciones técnicas para el diseño y construcción de estructuras civiles y eléctricas adecuadas para la disposición de los equipos de medio y bajo voltaje como: el transformador con sus distancias de seguridad, equipos premoldeados, equipos de corte y maniobra, iluminación y ventilación suficiente.

Estas estructuras civiles y eléctricas deberán facilitar el correcto funcionamiento de la red subterránea tomando en cuenta que esta no altere el funcionamiento normal de la infraestructura civil del lugar donde se ubique una cabina de transformación y las redes eléctricas.

2.1 CABINAS

2.1.1 OBRA CIVIL

2.1.1.1 OBJETIVOS

Los proyectos de diseño y construcción de cabinas subterráneas de transformación para el empleo de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A., como parte de su red de distribución de energía eléctrica, se regirá por las presentes especificaciones técnicas, las cuales tienen por objeto definir las características que deben satisfacer las obras necesarias para la adecuada utilización de las cabinas subterráneas, parámetros eléctricos requeridos, los materiales de construcción, diseños propuestos, iluminación interior, planos de distribución, detalles constructivos y otros según su aplicación.

2.1.1.2 REQUERIMIENTOS BASICOS

En el proyecto de cabinas subterráneas, se han contemplado entre otros aspectos, la estética, seguridad, operatividad y la necesidad eléctrica.

En general y una vez terminadas las obras, se deberán comprobar que las obras civiles cumplan con el objetivo de adecuar correctamente el equipo eléctrico, de tal manera que el desarrollo de los protocolos de pruebas de las instalaciones eléctricas cumpla con el funcionamiento adecuado.

2.1.1.3 NORMAS Y REGLAMENTOS

Todos los aspectos técnicos de construcción y diseño contendrán planos y documentos del proyecto, tienen relación directa con las obras civiles y eléctricas a ejecutar, las normas y reglamentos para la obra civil se ejecutará y construirá de acuerdo con la última versión vigente de las normas y reglamentos siguientes:

- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ACI Código de Construcción para Concreto Reforzado.
- ASTM Organismo internacional de Normalización de EEUU.
- AAHSTO Sistema de clasificación de suelos.

Las normas y reglamentos de obra eléctrica son los siguientes:

- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NEC Código Eléctrico Nacional.
- ASTM Organismo internacional de Normalización de EEUU.
- ICEA Asociación de Ingenieros de Cables.
- NEMA Asociación de Fabricantes Eléctricos.

2.1.1.4 EQUIPOS Y MATERIALES.

Los materiales a utilizar en las obras, se contemplan nuevos y de primera calidad, de modo de asegurar que cumplan las especificaciones técnicas y además deberán estar certificados por algún laboratorio.

Los modelos, tipos y marcas mencionadas son referencias, las alternativas deberán en todo caso cumplir con los mínimos requerimientos de las características del proyecto y estas especificaciones.

2.1.1.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA OBRAS CIVILES DE LAS CABINAS DE TRANSFORMACIÓN SUBTERRANEAS

- La cabina estará diseñada para uso exclusivo de energía eléctrica, será construida previa verificación de las especificaciones técnicas del equipo a instalar.
- Se instalará en el sitio más idóneo desde el punto de vista eléctrico y las estructuras existentes en el lugar, ejecutando las obras civiles para la cimentación, instalaciones eléctricas, seguridad y el equipamiento completo solicitado en estas especificaciones.
- La cabina se define como una estructura subterránea fabricada con hormigón armado sobre suelo preparado, que forma una cabina, en el cual se colocará todo el equipamiento del sistema eléctrico previsto.
- Se instalará en los sitios preestablecidos, nivelando previamente el terreno.
- Las cabinas cumplirán las especificaciones que se detallan más adelante, debiéndose entender éstas como características mínimas, pudiendo el Constructor presentar especificaciones similares o que superen las mismas de acuerdo a su fabricación establecida.
- La cabina será rígida, resistente, de rápido desmontaje de la losa superior, ventilada adecuadamente, resistente a cualquier medio ambiente interior, impermeable y hermético, acabados de albañilería adecuados y de fácil reparación.

2.1.1.5.1 DIMENSIONES

- Las dimensiones interiores de las cabinas dependerán directamente de la potencia de los transformadores, de las medidas de los equipos a instalarse y del tipo de cabina que se vaya a construir, pudiendo variar sus medidas en función de las distancias mínimas de seguridad para evitar accidentes de las personas que trabajen dentro de la cabina.

Los tipos de cabinas subterráneas más utilizadas son:

- a) Cabina de Transformación con equipos de corte y maniobra (celdas aisladas).
- b) Cabina de Transformación con Seccionadores tipo abierto para protección y derivación.
- c) Cabina de Transformación con Seccionadores tipo abierto para protección.
- d) Cabina de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples.

2.1.1.5.2 PARÁMETROS Y CONSIDERACIONES PARA DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DE LAS CABINAS SUBTERRÁNEAS.

Las dimensiones de los diferentes tipos de Cabinas se han determinado en base a los siguientes análisis, consideraciones y parámetros.

1. Análisis respecto a la altura de la cabina.

- En la Norma NEC en el artículo 110-34 (e) indica: Las partes vivas sin proteger por encima del espacio de trabajo deben mantenerse a una altura no inferior a la requerida en la tabla 2.1:

Voltaje Eléctrica Nominal entre fases (V)	Altura (m)
601 - 7500	2,60
7.501 - 35.000	2,75
Más de 35.000	$2,75 + (0,01 \text{ por cada KV arriba de } 35.000 \text{ V})$

Tabla 2.1 *Altura de las partes vivas sin proteger sobre el espacio de trabajo.*

- También se debe considerar las alturas máximas de los transformadores, celdas aisladas en SF6 o vacío y tableros de distribución de bajo voltaje, considerando la recomendación de los fabricantes que debe existir una distancia libre mínima de 60 cm sobre los equipos para maniobra de estos.

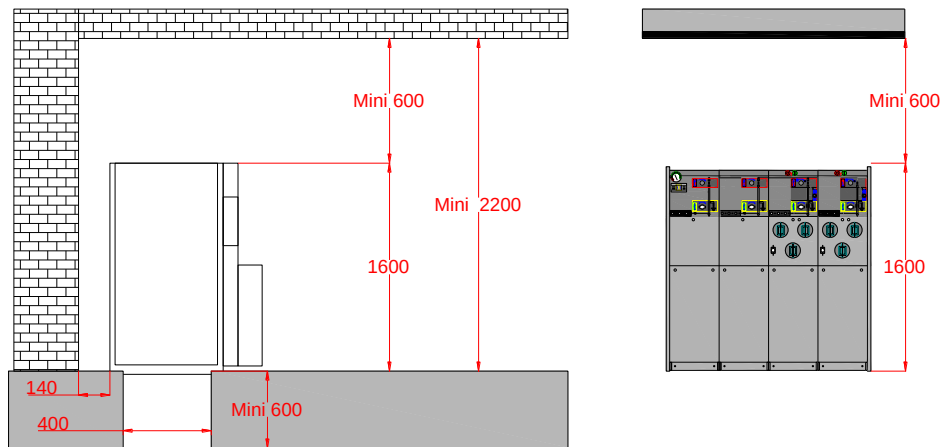


Figura 2.1 Distancia libre mínima al techo.

2. Análisis del ancho y profundidad de la cabina.

- En el artículo 110-34(a) de la Norma NEC indica que el espacio de trabajo libre mínimo en dirección del acceso a las partes vivas de una instalación eléctrica debe ser como mínimo el especificado en la siguiente tabla. Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente si están encerradas tabla 2.2.

Voltaje Eléctrica Nominal del Sistema (Fase – Tierra)	Distancia mínima (m)			Límite de aproximación restringida [m] Incluye movimientos involuntarios (Solo Personal calificado)	Límite de aproximación técnica [m] (Solo Personal calificado)
	Condición 1	Condición 2	Condición 3		
601 – 2.500	0,90	1,20	1,50	0,30	0,03
2501 – 9000	1,20	1,50	1,80	0,66	0,18
9001 – 25.000	1,50	1,80	2,70	0,78	0,25
25.001 – 75.000	1,80	2,40	3,00	0,84	0,43
Más de 75.000	2,40	3,00	3,60	0,96	0,63

Las condiciones son las siguientes:

- Partes vivas expuestas en un lado y no activas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados.
No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.
- Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado. Las paredes de concreto, tabique o azulejo se consideran superficies conectadas a tierra.
- Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Tabla 2.2 Distancia mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica

- Además es necesario saber las dimensiones de los equipos que se van a instalar en las cabinas subterráneas.

2.1.1.5.3 DETERMINACION DE DIMENSIONES DE LAS CABINAS ELECTRICAS SUBTERRÁNEAS.

La determinación de las dimensiones de las cabinas eléctricas subterráneas se ha realizado tomando en cuenta las celdas de mayores dimensiones y transformadores de 500 KVA, debido a que las dimensiones de los transformadores desde los 250 KVA hasta 500 KVA no varían notablemente y que hasta esta potencia son los que se utilizan normalmente en las diferentes empresas distribuidoras de energía del país.

Si se desea obtener dimensiones de cabinas dependiendo de la potencia del transformador se puede utilizar la tabla 2 del anexo 2 en las que se puede variar las dimensiones de los equipos.

En este anexo se puede observar las dimensiones de los equipos y las consideraciones realizadas para obtener los valores de altura, ancho y profundidad de los diferentes tipos de cabinas subterráneas.

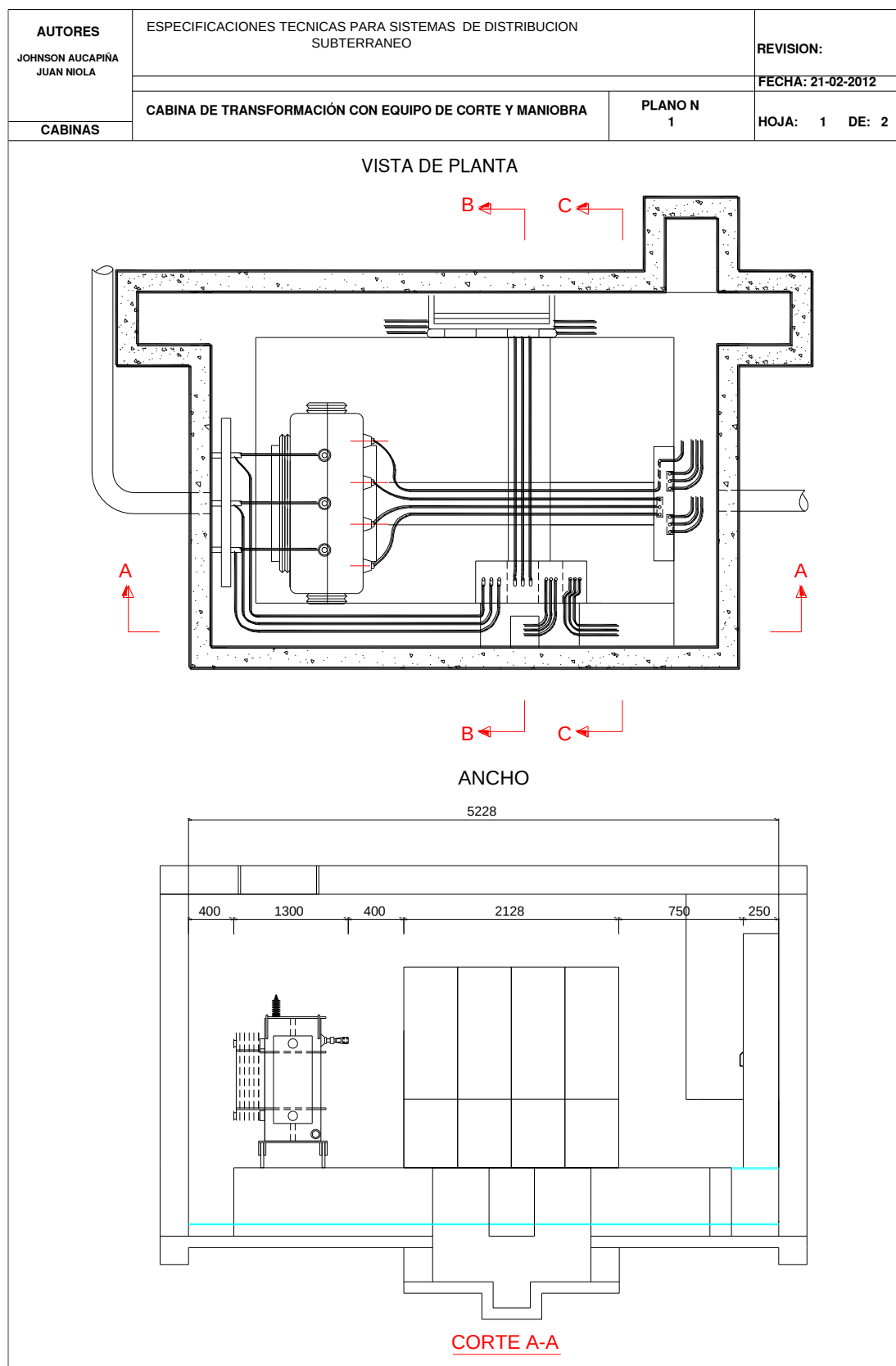
a) CABINA DE TRANSFORMACION CON EQUIPOS DE CORTE Y MANIOBRA (CELDA AISLADAS)

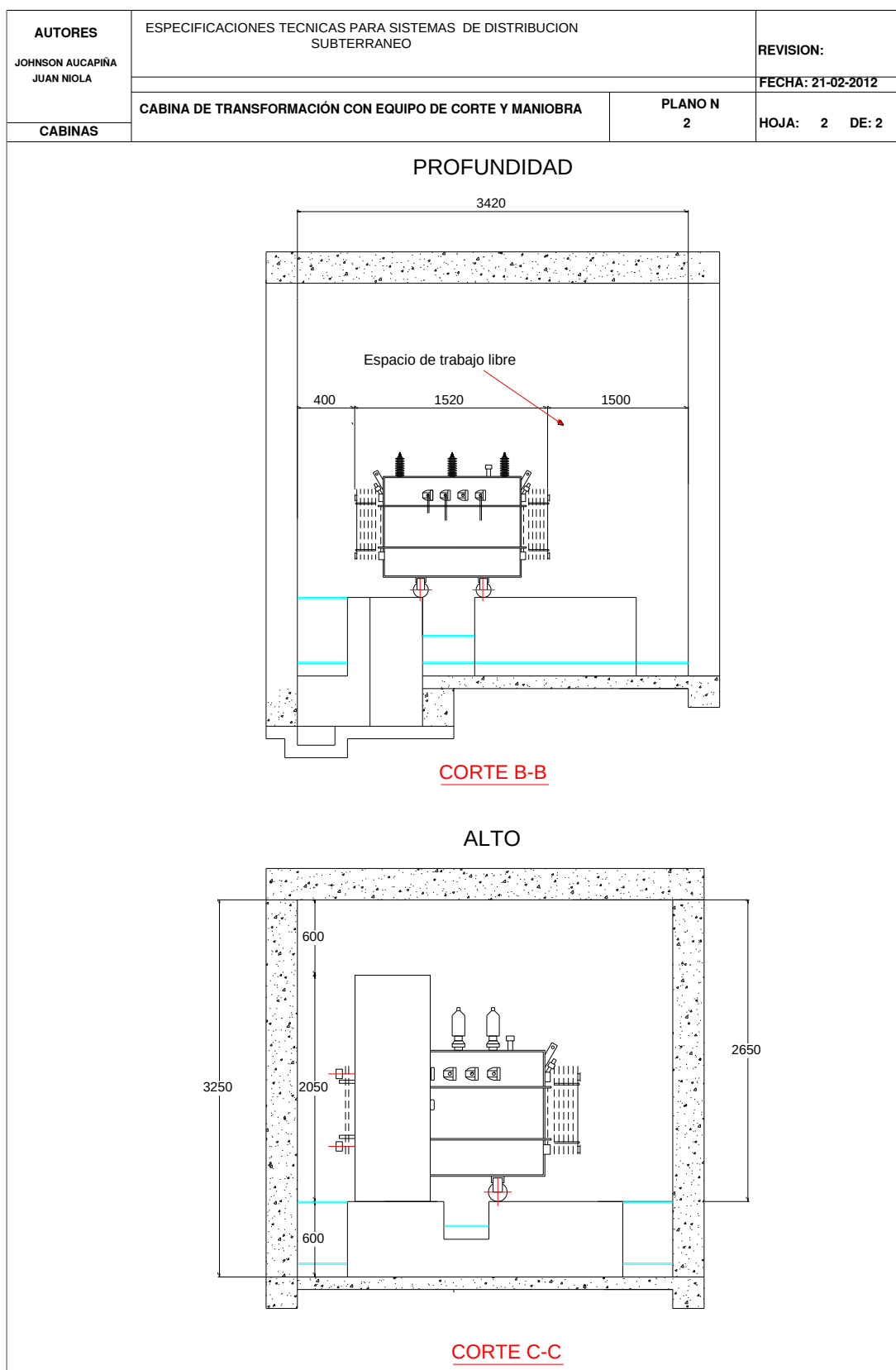
Con los parámetros indicados en el literal 2.1.1.5.2 y las consideraciones del anexo 2 se ha determinado que las dimensiones de la Cabinas de Transformación Subterránea con celdas de seccionamiento y protección de cuatro vías, transformador de 500KVA y tablero de distribución de bajo voltaje son las descritas en la tabla 2.3.

Cabina de Transformación con Celdas de Seccionamiento y Protección								
Cabinas a 6,3 kV.			Cabinas a 13,8 kV.			Cabinas a 22 kV.		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2650	5228	3120	2650	5228	3420	2650	5228	3420

Tabla 2.3 Dimensiones de la Cabina de Transformación con equipos de seccionamiento y protección.

El detalle de este tipo de cabina a un nivel de voltaje de 22 KV se puede observar en los *Planos 1 y 2*:





b) CABINA DE TRANSFORMACIÓN CON SECCIONADORES TIPO ABIERTO PARA PROTECCIÓN Y DERIVACIÓN.

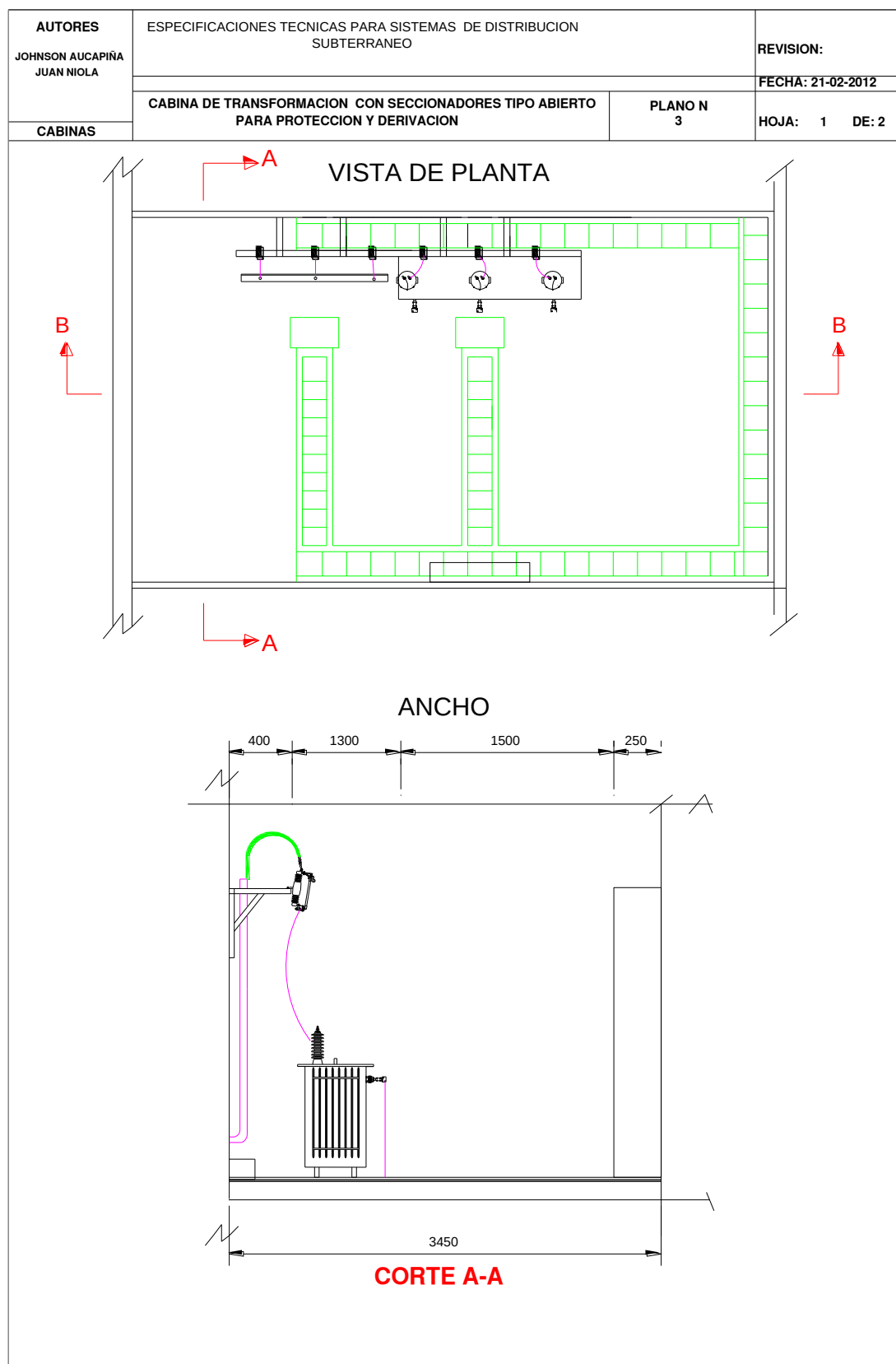
Las dimensiones de esta cabina se determinaron considerando seis seccionadores tipo abierto, de los cuales tres son para protección del transformador de 500 KVA y los otros tres seccionadores sirven para realizar una derivación trifásica a otra cabina o transformador.

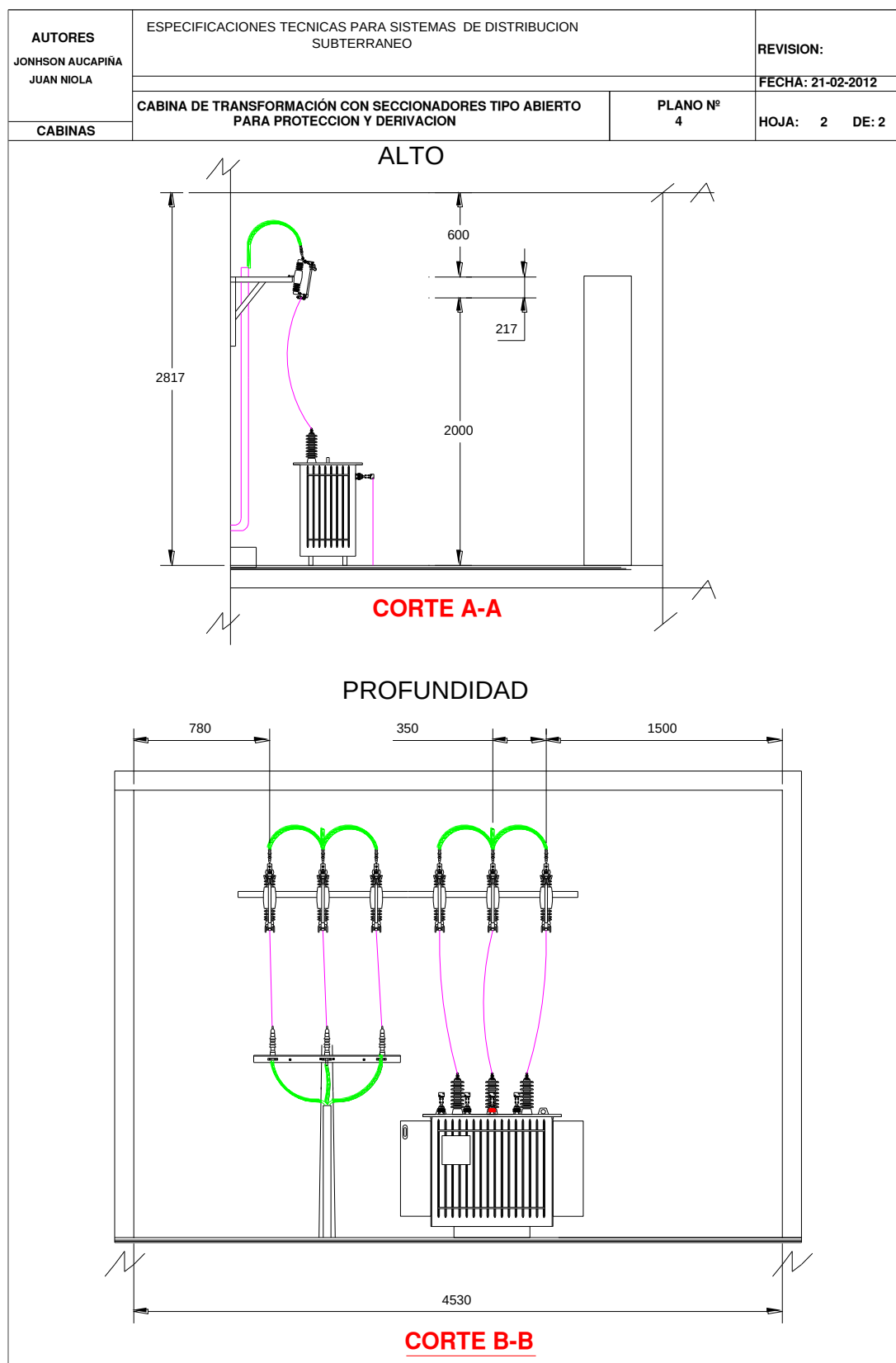
En el anexo3 se puede observar los parámetros considerados para determinar que las medidas de esta cabina son las de la tabla 2.4.

Cabina de Transformación con 3 Seccionadores de Protección más 3 Seccionadores para Derivación								
Cabinas a 6,3 kV			Cabinas a 13,2 kV			Cabinas a 22,8 kV		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2817	3150	3610	2860	3450	4530	2860	3450	4530

Tabla 2.4 Dimensiones de la Cabina de Transformación con 3 seccionadores para protección del transformador y 3 seccionadores para derivación.

El detalle de esta cabina a un nivel de voltaje de 22 KV se puede observar en los Planos 3 y 4:





c) CABINA DE TRANSFORMACIÓN CON SECCIONADORES TIPO ABIERTO PARA PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

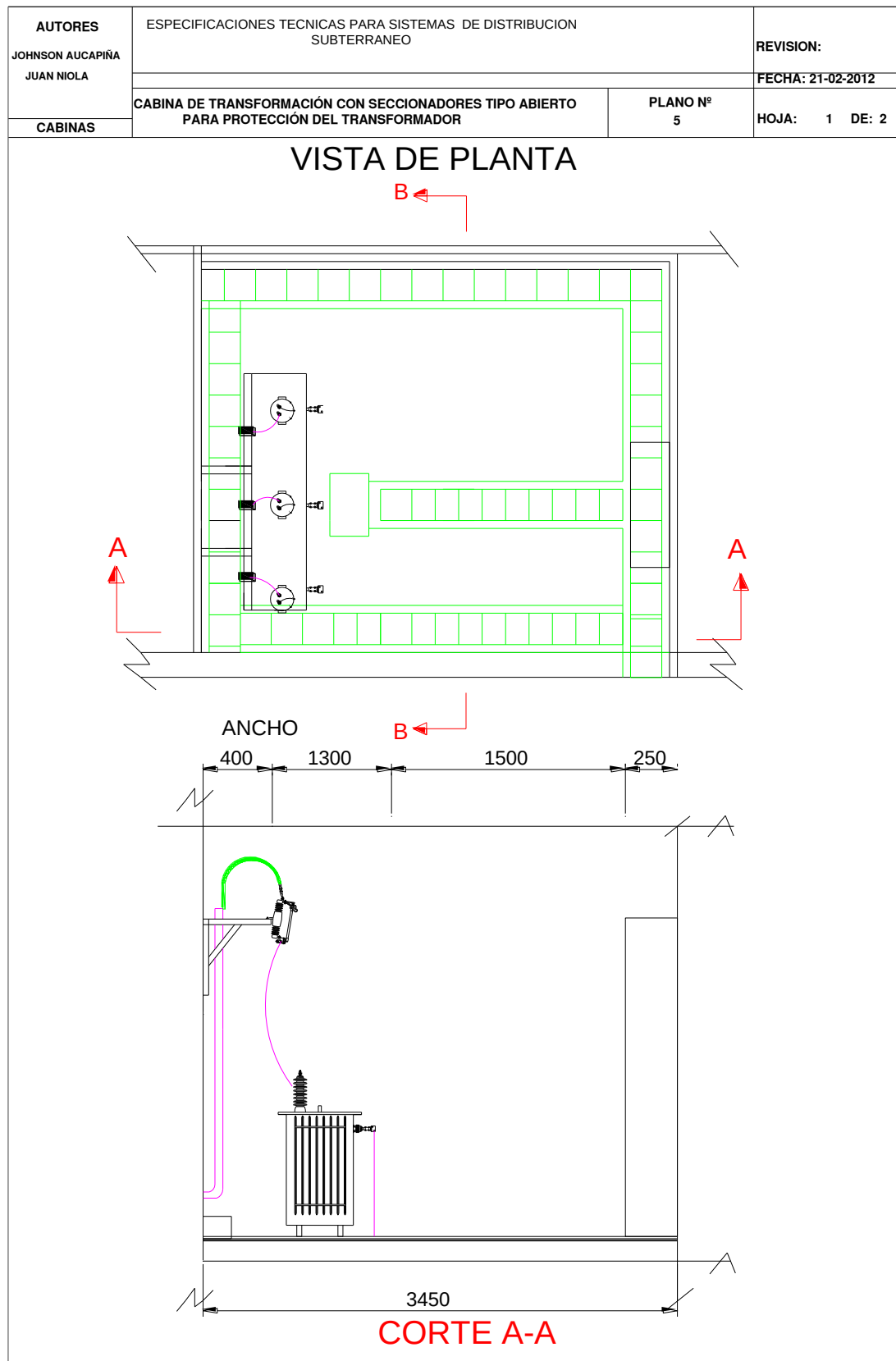
Esta cabina es la más utilizada en especial para edificios, condominios, urbanizaciones, etc. Aunque por lo general en estos lugares se construyen a nivel de superficie ó piso, las dimensiones pueden ser las mismas que las propuestas en este análisis de cabinas subterráneas con tres seccionadores tipo abierto para protección del transformador convencional de 500 KVA.

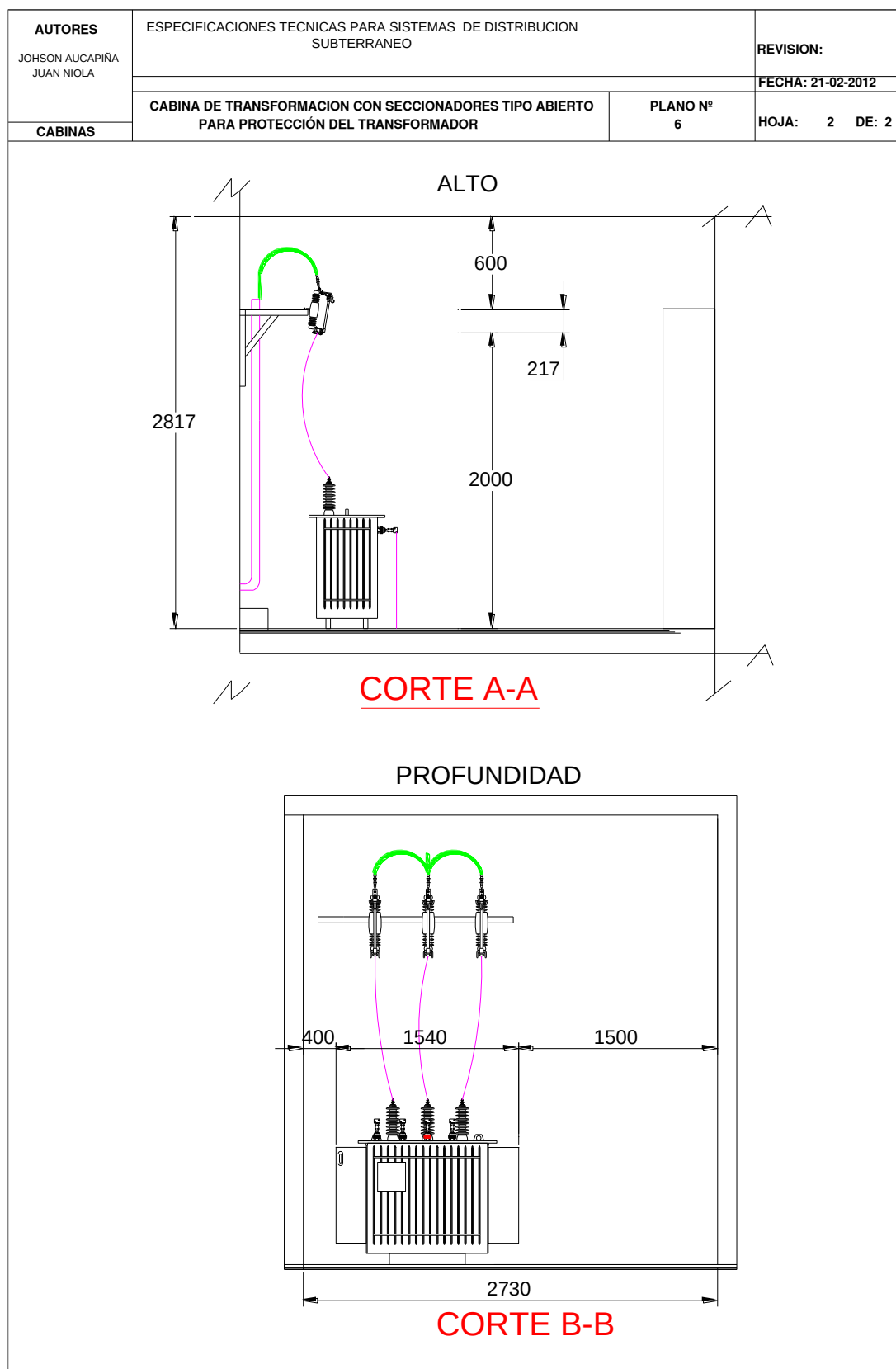
En el anexo 4 se puede observar los parámetros considerados para determinar que las medidas de esta cabina son las descritas en la tabla 2.5.

Cabina de Transformación con 3 Seccionadores de Protección								
Cabinas a 6,3 kV			Cabinas a 13,2 kV			Cabinas a 22,8 kV		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2817	3150	3120	2860	3450	3420	2860	3450	3420

Tabla 2.5 Dimensiones de la Cabina de Transformación con 3 seccionadores para protección del transformador.

El detalle de esta cabina a un nivel de voltaje de 22 KV se puede observar en los Planos 5 y 6:





d) CABINA DE DERIVACION CON BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MÚLTIPLES.

La finalidad de esta cabina es la de distribuir energía a nivel de medio voltaje hacia otras cabinas o transformadores utilizando barras premoldeadas con conectores múltiples que permiten realizar maniobras con carga.

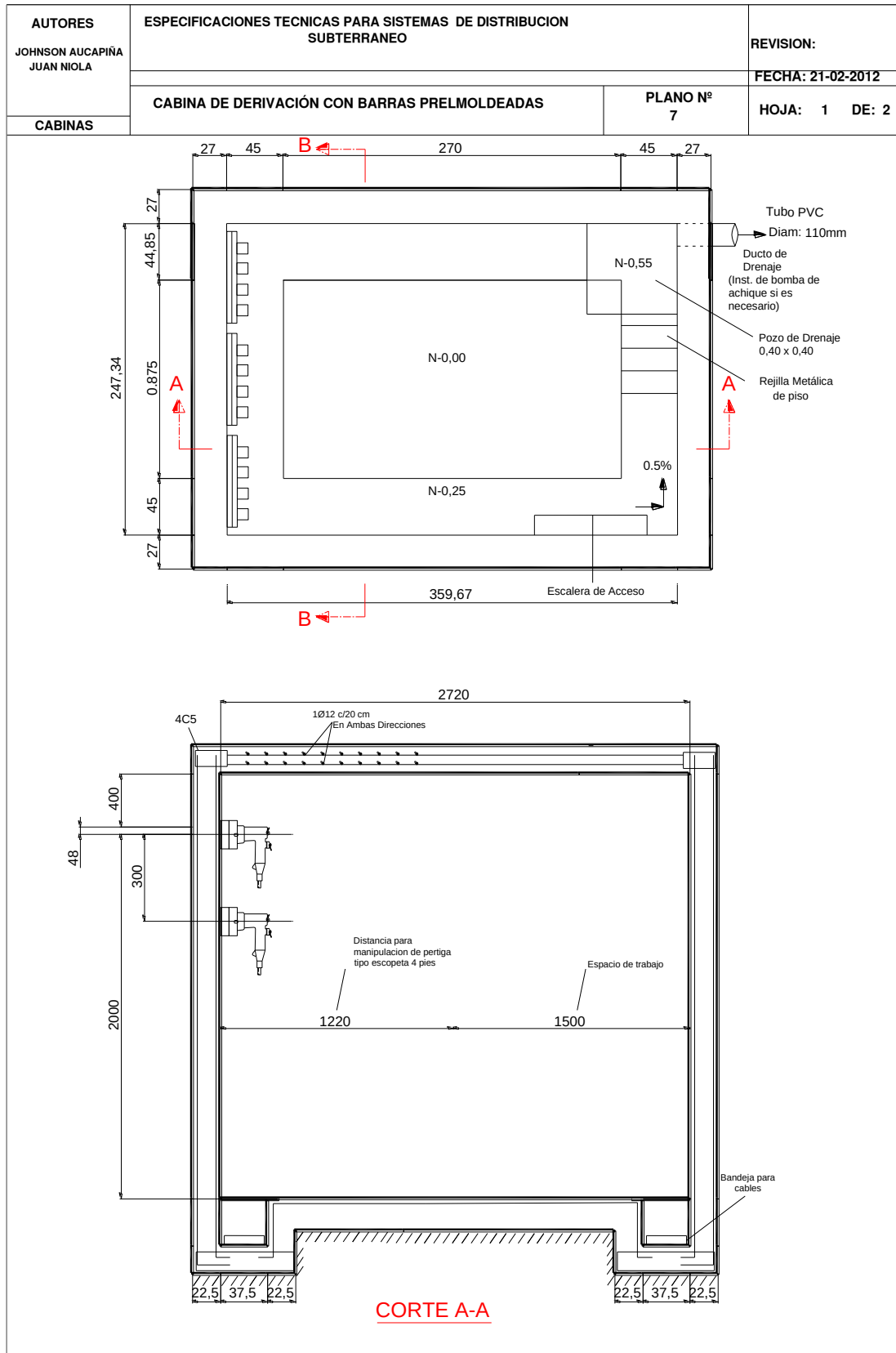
Las barras premoldeadas pueden ser de 3, 4, 5 ó 6 vías dependiendo la necesidad, para el análisis de las dimensiones de esta cámara se ha considerado un juego de tres barras premoldeadas de 4 vías que es la que más se utiliza comúnmente.

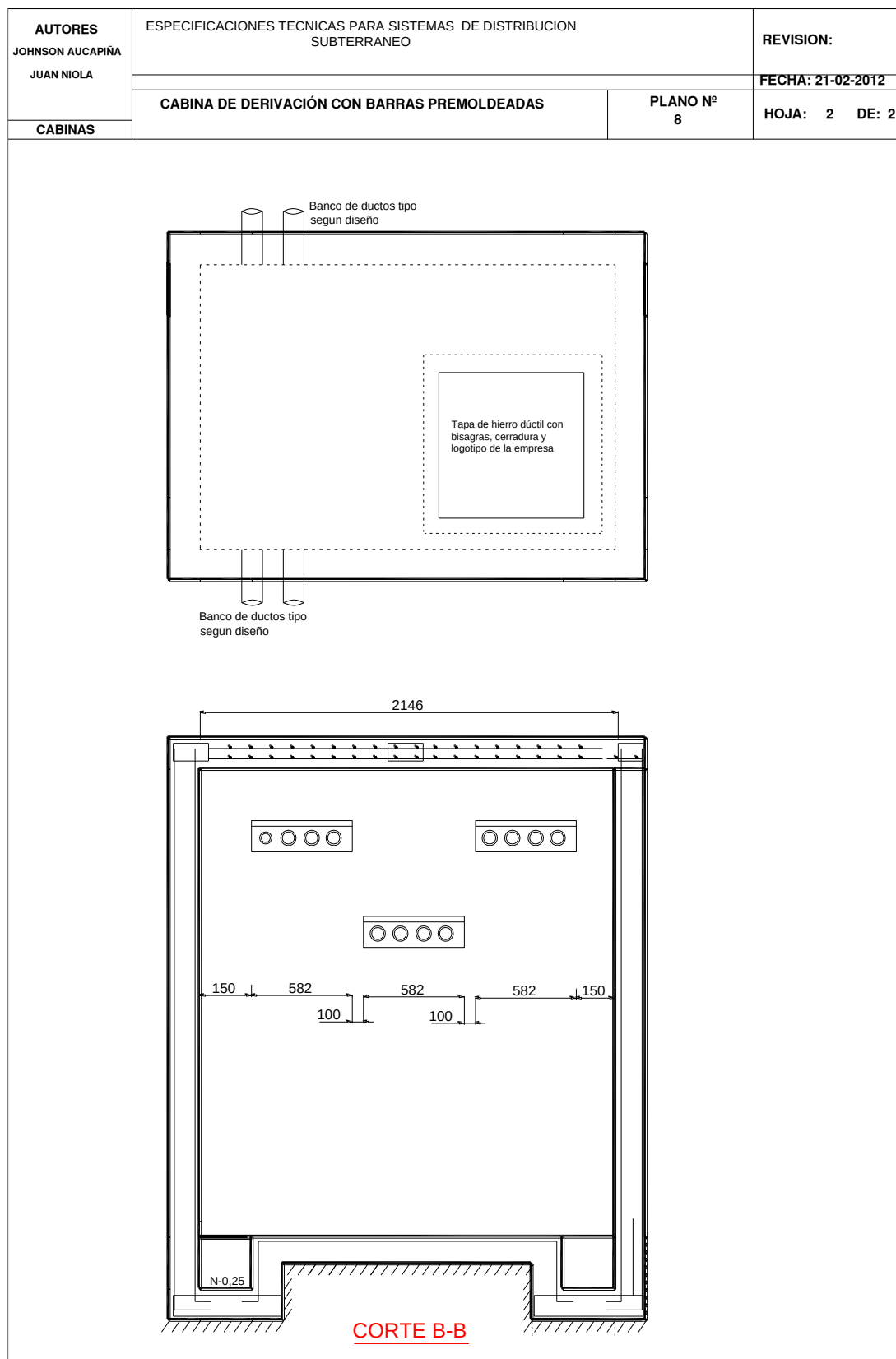
En el anexo 5 se puede observar los parámetros considerados para determinar que las medidas de esta cabina son las que se puede observar en la tabla 2.6.

Cabina de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples de 4vías								
Cabinas a 6,3 kV			Cabinas a 13,2 kV			Cabinas a 22,8 kV		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2448	2146	2420	2448	2146	2720	2448	2146	2720

Tabla 2.6 Dimensiones de la Cabina de Derivación y Maniobras con Barras premoldeadas de conectores múltiples.

El detalle de esta cabina a un nivel de voltaje de 22 KV se puede observar en los Planos 7 y 8:





2.1.1.5.4 AMBIENTE DE OPERACIÓN

- El ambiente interior de la cabina subterránea será apto para la instalación y operación continua de equipos eléctricos y tendrá la comodidad para el trabajo del personal en su interior.
- La estructura estará sellada para impedir la filtración de agua y polvo.
- Deberá tener un sistema de ventilación adecuado de ingreso y extracción de aire, con una temperatura máxima de 25°C.
- La humedad relativa interna de la cabina deberá ser como máximo 60% tomando en cuenta la menor humedad relativa de los equipos instalados.

EQUIPO	Temperatura °C	Humedad %
Transformador	de 4 a 40	80
Celdas	de - 5 a 40	60
Tablero de Distribución	de 20 a 30	70
Equipo Premoldeado	de 20 a 30	90
Ventiladores	de 20 a 30	92

Tabla 2.7 Porcentaje de Humedad de equipo eléctricos

EQUIPO	Temperatura °C	Humedad %
Cámara Subterránea	de 20 a 30	92

Tabla 2.8 Porcentaje de Humedad de Cabina Subterránea

2.1.1.5.5 IMPERMEABILIDAD

- Las cabinas serán resistentes principalmente al agua, vandalismo, humedad permanente, llevará pintura para interiores de cero mantenimiento a largo plazo.
- Las juntas que se forman al unir las losas de cubierta deberán ser tratadas con un aditivo que cumpla con características de elasticidad y gran adherencia, sellante para juntas en movimiento debido al paso de vehículos para prevenir filtraciones de agua.

- La impermeabilización de las paredes, muros y losas de las cámaras podrá realizarse por los siguientes métodos:
- Impermeabilización Rígidas.- en este tipo de impermeabilizaciones se utiliza cemento más aditivo.
 - Impermeabilización Flexible.- en este grupo se utilizan aditivos acrílicos, elastoméricos, láminas de PVC, asfálticos.

El hormigón es un sistema poroso y no va a ser totalmente impermeable. Para una mayor impermeabilidad se debe realizar una buena compactación y se debe utilizar aditivos durante la preparación del hormigón y morteros para prevenir y solucionar problemas de humedad en la construcción, estos ayudaran a que el hormigón sea lo suficientemente impermeable y resistente a la compresión.

La impermeabilidad del hormigón debe cumplir los requisitos indicados en la Norma UNE-EN 12390-8

		CONDICIONES DE LAS SOLUCIONES DE MUROS								
		Muro de gravedad			Muro flexoresistente			Muro pantalla		
		Imp. Interior	Imp. Exterior	Parcialmente Estanco	Imp. Interior	Imp. Exterior	Parcialmente Estanco	Imp. Interior	Imp. Exterior	Parcialmente Estanco
Grado de Impermeabilidad	≤1	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5	
	≤2	C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
	≤3	C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3 ²	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
	≤4		I1+I3+D1+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
	≤5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

Tabla 2.9 Grado de Impermeabilidad de Muros.

C1 cuando el muro se construye en situ debe utilizarse hormigón hidrófugo.

C2 cuando el muro se construye en situ debe utilizarse hormigón de consistencia fluida.

Grado de impermeabilidad mínima exigida a los suelos		
	Coeficiente de permeabilidad del terreno	
Presencia de Agua	Ks>10 ⁵ cm/s	Ks≤10 ⁵ cm/s
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1

Tabla 2.10 Grado de Impermeabilidad de Suelos.

2.1.1.5.6 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE VENTILACION DE ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LAS CABINAS SUBTERRANEAS.

- La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de temperatura que exceda la nominal del transformador según la Norma NEC artículo 450-9.
- Debido a esto la cabina estará dotada de los elementos necesarios para la instalación de equipamiento de ventilación permanente propios para cabinas subterráneas de energía eléctrica para el control de la temperatura existente al interior de la misma.
- Para obtener una buena ventilación de la cabina debemos tener en cuenta que el volumen de aire a renovar en la Cabina de Transformación, va en función de las pérdidas totales de los transformadores y de la diferencia de temperaturas que se admite entre el aire a la salida y a la entrada de la Cabina Subterránea, como máximo 20°C según la norma UNE 20110- 3.
- En las cabinas de transformación subterráneas la ventilación natural no es suficiente para mantener una temperatura de 20°C por lo que es necesario disponer de una ventilación forzada mediante un ventilador de inyección de aire a temperatura ambiente del exterior de la cabina y un ventilador de extracción del aire caliente producido en el interior de la cabina.
- En las cabinas de transformación subterráneas se debe disponer de una entrada de aire fresco exterior por medio de un ducto adyacente a la zona donde se sitúa el transformador, de anchura mínima de 400 mm, con una rejilla horizontal, sistema de recogida de aguas.
- El ducto para la salida de aire caliente se realizará en la parte superior de la fachada.
- Siempre que sea posible, conviene colocar las aberturas de entrada y salida de aire en paredes opuestas, pues así el aire frotará mejor las paredes del transformador como se observa en el *Plano 9*.
- Las ventanas por donde ingresará el aire frío del exterior y saldrá el aire caliente del interior de la cabina subterránea al exterior deberán estar protegidos con rejillas y con sistema de recogida de agua conectada al alcantarillado. Las ventanas destinadas a la ventilación deben de estar

protegidas de forma que impidan el paso de pequeños animales y de cuerpos sólidos de más de 12 mm de Ø y estarán dispuestas de forma que, en caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no pueden dar lugar a contactos inadvertidos con partes en voltaje al introducir en ellas objetos metálicos de más de 2,5 mm de diámetro *Plano 10*.

- En el caso que la entrada de aire sea horizontal, conviene que esta entrada en el suelo de debajo del transformador sea ajustada en lo posible al perímetro inferior del transformador, para que el aire frote más eficazmente sus superficies verticales (aletas y radiadores en los transformadores en aceite, superficies de los arrollamientos encapsulados en los secos).
- Cuando se trata de cabinas de transformación con más de un transformador, conviene en lo posible, disponer circuitos de aires de ventilación (entrada y salida) independientes y separados para cada transformador.

2.1.1.5.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA CABINA DE TRANSFORMACIÓN SUBTERRÁNEA

Para garantizar que la temperatura máxima de las cabinas de transformación subterráneas sea de 22°C se realizaron los cálculos de diámetro de ductos, volumen de aire a renovar, tipo de ventiladores, control y protección del sistema.

El detalle de los cálculos realizados se puede observar en el anexo 6 y los resultados se detallan en las siguientes tablas:

TEMPERATURA DE LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN	
Calculada a plena carga	22°C
Transformador	500 KVA

Tabla 2.11 *Temperatura Calculada de Cabina de Transformación.*

DUCTOS DE AIRE		
Función	Diámetro (mm)	Velocidad aire (m/s)
Inyección de aire frío	400	4.05
Extracción de aire caliente	400	4.05

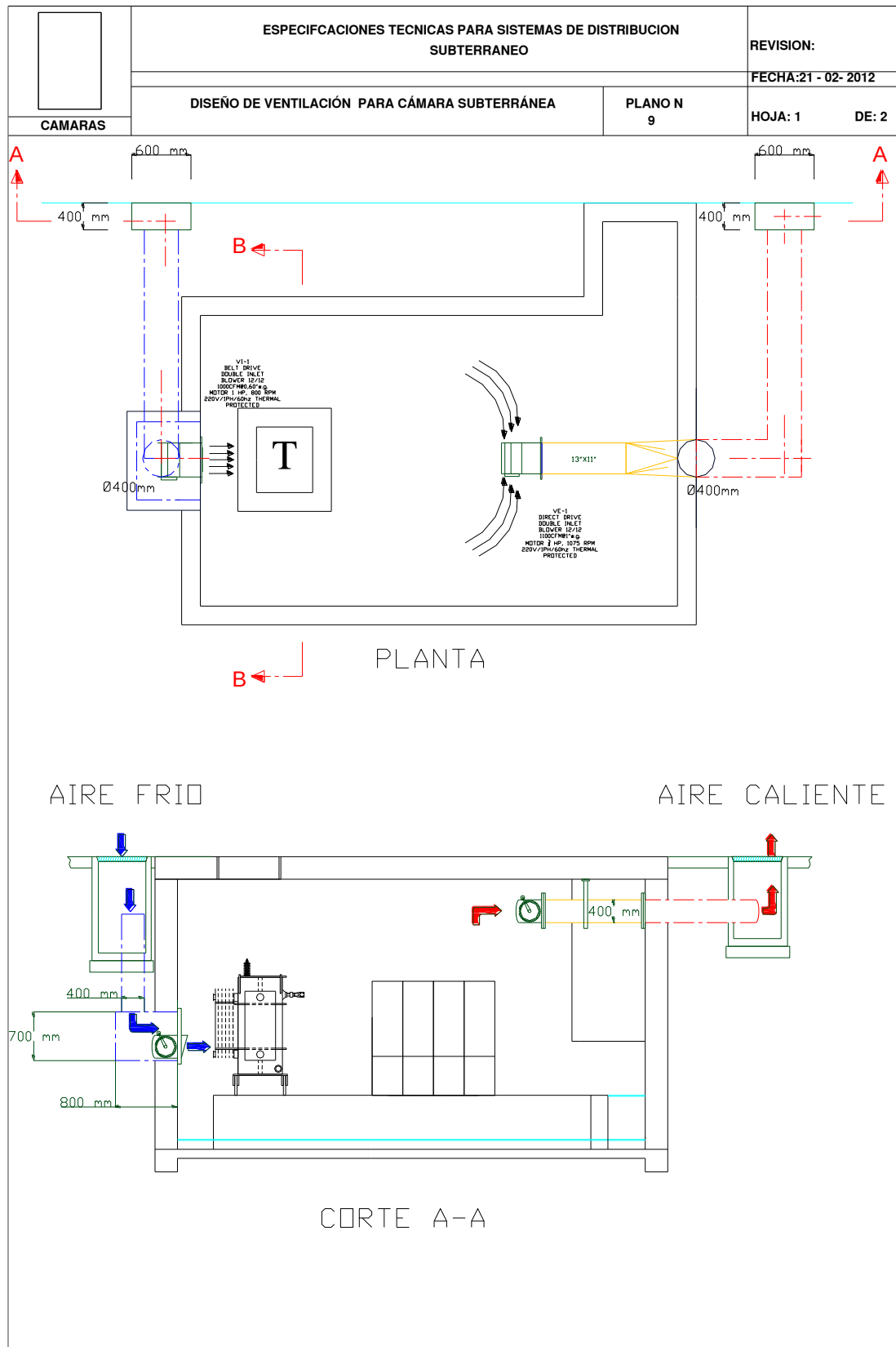
Tabla 2.12 Diámetro Calculado de Ductos de Aire

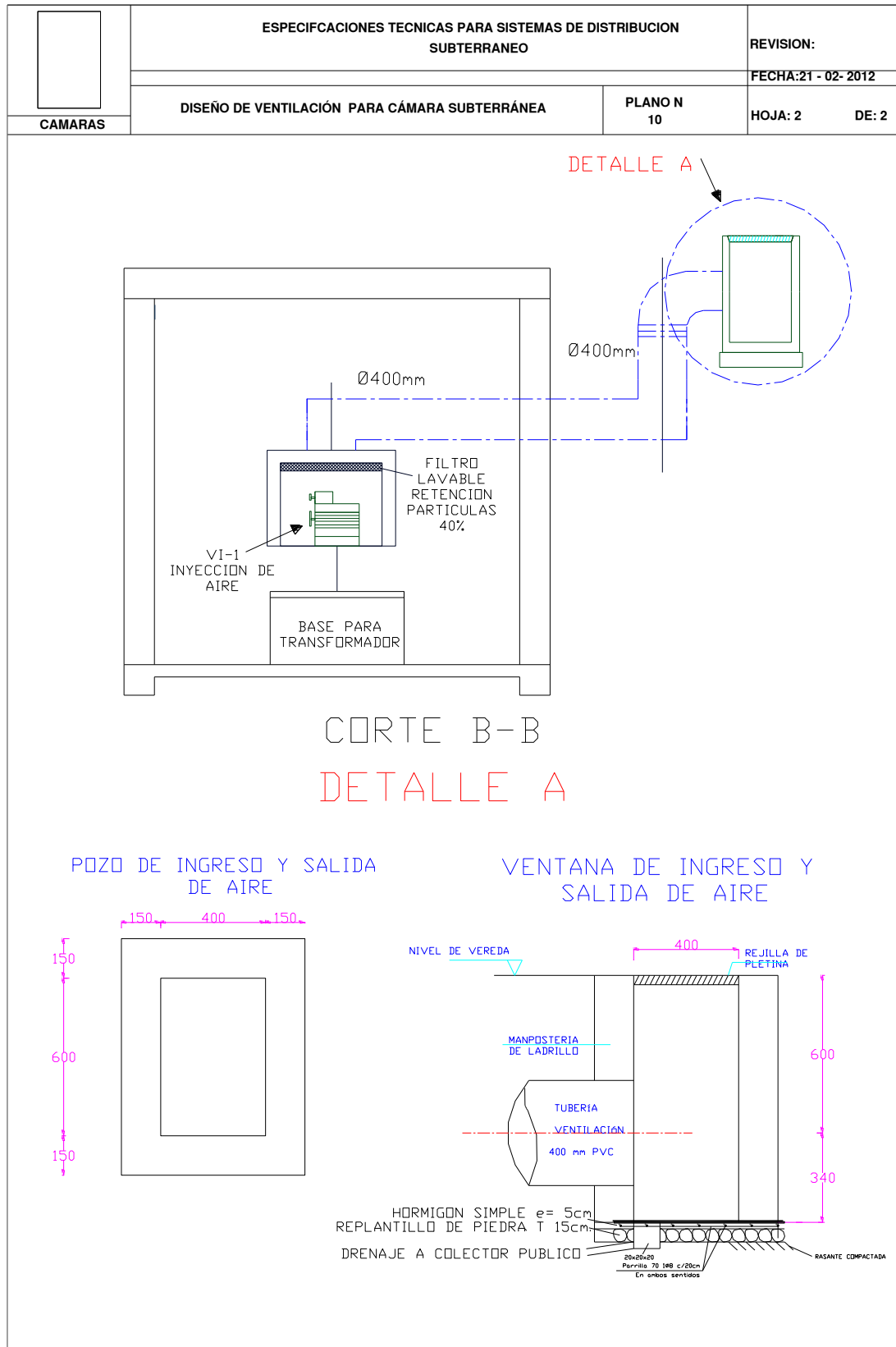
VENTILADOR DE INYECCIÓN VI-1	
Caudal:	1000 CFM
Presión Estática	0.6" c.a.
Potencia	1 HP
Tipo	Centrífugo
Voltaje	115-230 V.
Frecuencia	50 - 60 Hz
Revoluciones	800 RPM
Caudal de aire calculado a inyectar	1837 m3/hr (1081 ft3/min)

Tabla 2.13 Ventilador de inyección de aire

VENTILADOR DE EXTRACCIÓN VI-1	
Caudal:	1000 CFM
Presión Estática	0.6" c.a.
Potencia	3/4 HP
Tipo	Centrífugo
Voltaje	115-230 V.
Frecuencia	50 - 60 Hz
Revoluciones	1075 RPM
Caudal de aire calculado a extraer	1837 m3/hr (1081 ft3/min)

Tabla 2.14 Ventilador de extracción de aire





2.1.1.5.8 ESPECIFICACIONES DEL HORMIGON DE CABINAS SUBTERRANEAS

Comprende los hormigones de cualquier tipo que se utilice en la construcción de los bancos de ductos, pozos, cabinas, veredas y calzadas.

Las resistencias del hormigón a los 28 días de curado del hormigón serán las siguientes:

- 210 kg/cm² para todas las paredes, pisos, losas y tapas de los pozos y veredas;
- 140 kg/cm² para formar los bancos de ductos.

Las cabinas se construirán tanto las paredes, piso y losa superior con hormigón de las siguientes características:

Tipo de Estructura	Tipo de Concreto	Consistencia	Resistencia f'c
Piso	Concreto ciclopeo	Alta y Media	210 Kg/cm ²
Paredes	Concreto ciclopeo	Alta y Media	210 Kg/cm ²
Losa Superior Fija	Concreto ciclopeo	Alta y Media	300 Kg/cm ²
Losa Superior Movil	Concreto ciclopeo	Alta y Media	300 Kg/cm ²

Tabla 2.15 Resistencia del hormigón para cabina de transformación.

Estos valores de resistencia del hormigón se determinaron que son idóneos y aptos para resistir esfuerzos de hasta 25000 kg de peso sin sufrir ninguna alteración o daño de sus características mecánicas.

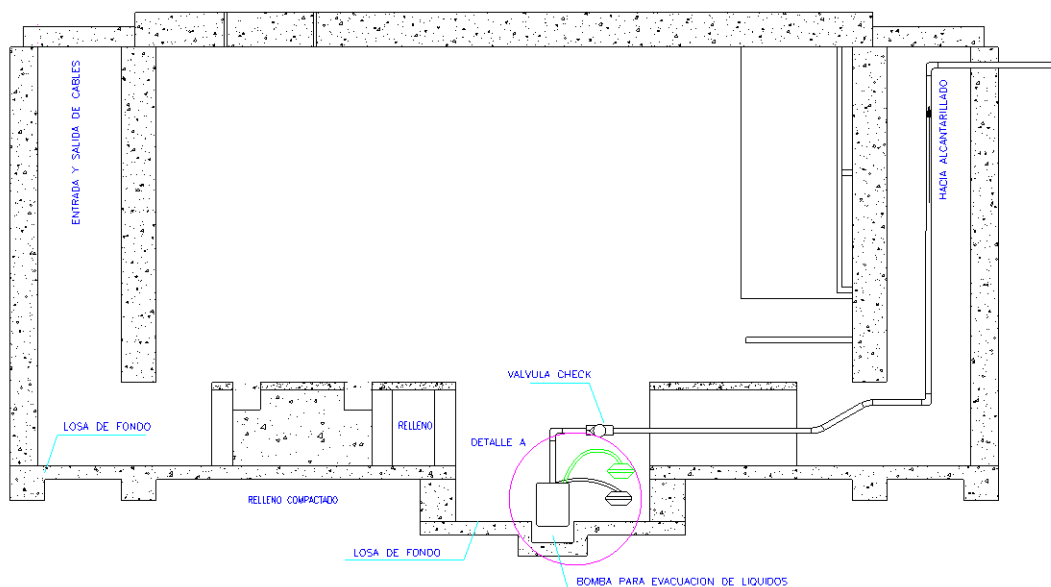
Los cálculos y la demostración de la resistencia de este tipo de hormigón se puede observar en el anexo 7.

2.1.1.5.9 PISO

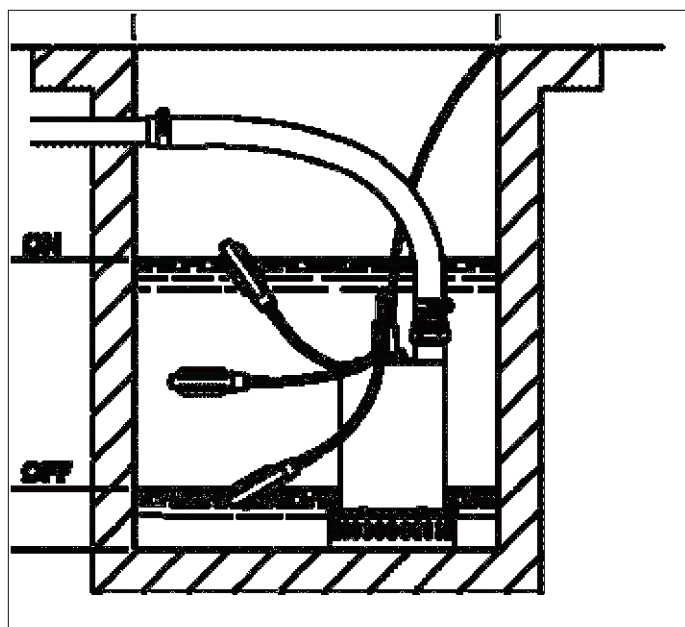
El piso será construido con losa de hormigón simple tipo A con refuerzo de malla electrosoldada lo suficientemente resistente para soportar el peso de los equipos que

se instalarán en la cabina. Debe contener canaletas perimetrales y rejillas a nivel del piso de la cabina, las dimensiones de las canaletas aproximadamente serán de 0,4m. de ancho y 0,6m. de profundidad, dentro de las cuales alojaran a los conductores de bajo y medio voltaje colocados sobre bandejas portacables. Las canaletas tendrán una ligera pendiente hacia una caja recolectora que recoja posibles filtraciones al interior de la cabina. Desde esta caja se colocará un drenaje conectado al colector público si es posible, caso contrario, mediante un sistema de evacuación de agua conformado por una bomba eléctrica automática, que es la encargada de expulsar el agua al colector público o a la vereda a través de un ducto de 2 pulgadas de diámetro como mínimo como se muestra en el *Plano 11*.

AUTORES JOHNSON AUCAPIÑA JUAN NIOLA FOSA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO		REVISION:
			FECHA: 21-02-2012
	SISTEMA DE EVACUACION DE LIQUIDOS	PLAN Nº 11	HOJA: 1 DE: 1

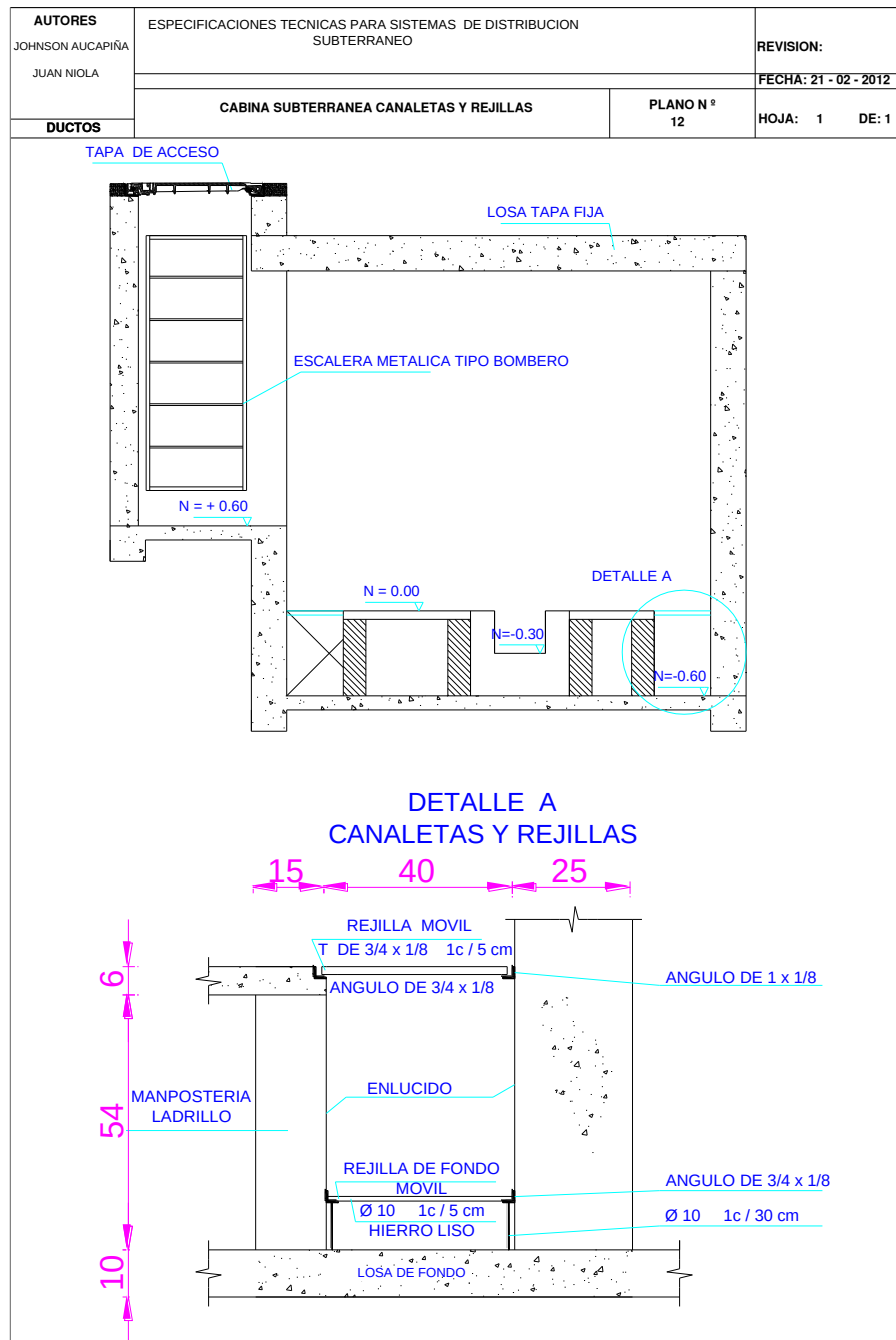


DETALLE A



En caso de no poder instalar este sistema se dejará sin fundir la base de la caja recolectora de líquidos y se colocará grava en contacto con el suelo.

En el nivel de piso de las cabinas (N 0,00) se dejará un destaje en el borde superior del hormigón en un extremo y en el otro un perfil ángulo de 25 mm sujetado a la pared mm cada 50 mm entre ejes, soldada a un marco de varilla del mismo diámetro como se puede ver en mediante pernos con el fin de apoyar sobre estos una rejilla confeccionada con varilla de 16 el *Plano 12*.



2.1.1.5.10 TAPAS O LOSAS SUPERIORES

Será construido con hormigón tipo ciclópeo $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con doble refuerzo de varilla corrugada de diámetro 12mm cada 10 cm en ambas direcciones. Se colocaran vigas perimetrales V5 tanto sobre las paredes y alrededor de la tapa, en caso que la cabina vaya con equipo menor o únicamente como apoyo para tendido de cable. En caso de ir el interior un transformador el techo estará compuesto de varias losetas de hormigón armado con refuerzo de perfil metálico, provistas de ganchos para el izado de las mismas en caso de reposición de equipo. La armadura será igual para el caso anterior como se puede observar en el *Plano 13*.

En la losa superior de las cabinas se dejará boquetes de 70x70 cm para el ingreso de personal de mantenimiento, (Norma NEC 923-18, mínimo 56x65 cm), en los cuales se colocarán tapas de fundición de hierro dúctil, que deberán cumplir con las especificaciones técnicas proporcionadas en el literal 2.1.1.5.14.

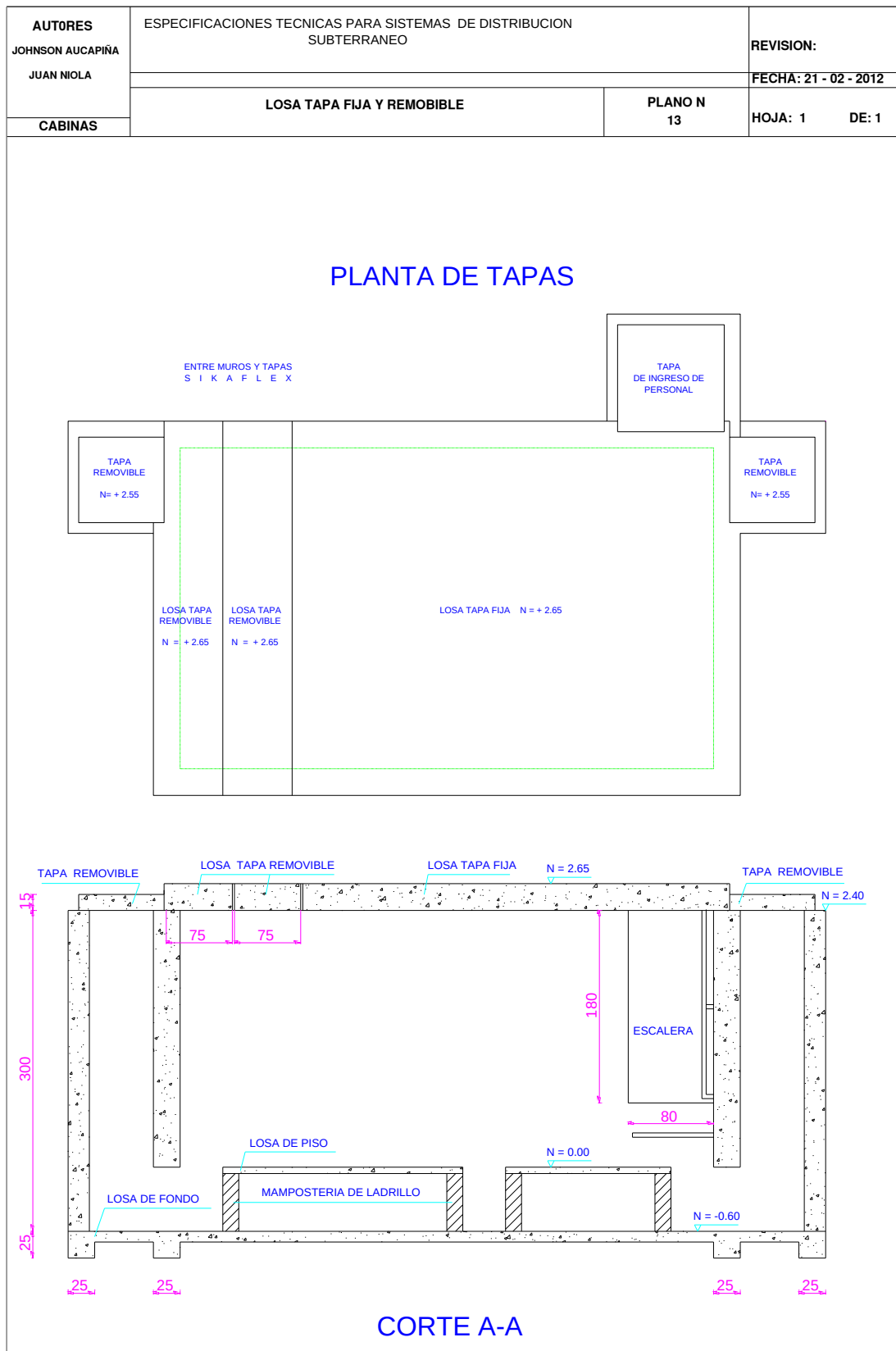
2.1.1.5.11 PAREDES

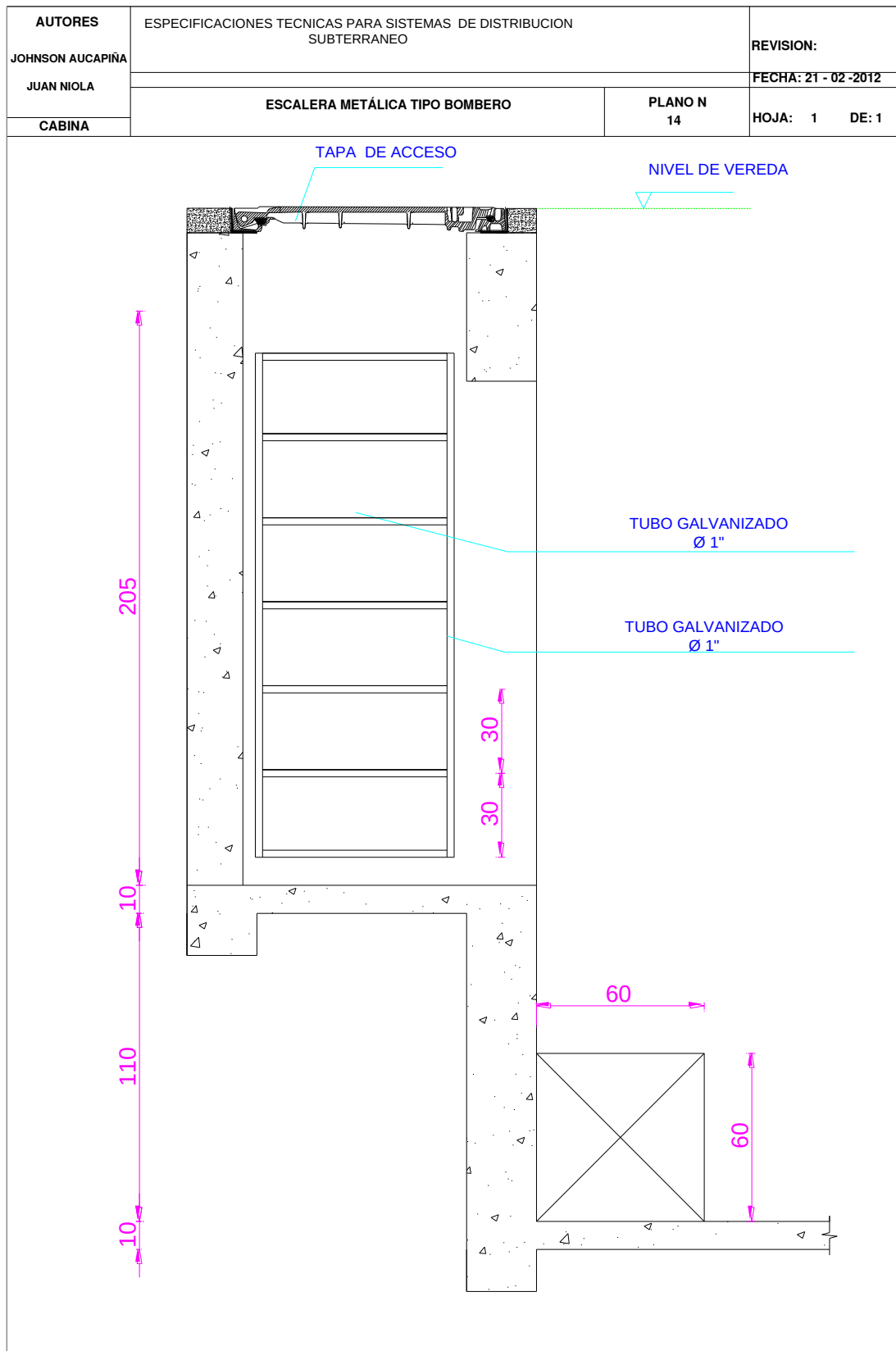
Las paredes estarán construidas de hormigón ciclópeo $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con refuerzo doble de malla electrosoldada de 6 ó 10 mm. Se empotrará en una de las paredes, junto al boquete de ingreso de personal una escalera metálica fija o desmontable para el ingreso al interior de la cabina, la escalera será de tubo galvanizado de 25,4 mm de diámetro, con peldaños dispuestos cada máximo a 30 cm soldadas a un marco del mismo tubo (*Plano 14*). Además se debe considerar los ductos necesarios para instalar los circuitos de fuerza e iluminación de la cabina, instalación que no será sobrepuesta a la pared.

El acabado de paredes será enlucido esponjeado con recubrimiento de pintura para interiores.

2.1.1.5.12 BASES Y FUNDICIONES

Estas bases estarán conformadas por hormigón ciclópeo $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con refuerzo de malla electrosoldada 6 ó 10 mm asentada sobre un replantillo de hormigón tipo B y este sobre un suelo mejorado compactado.

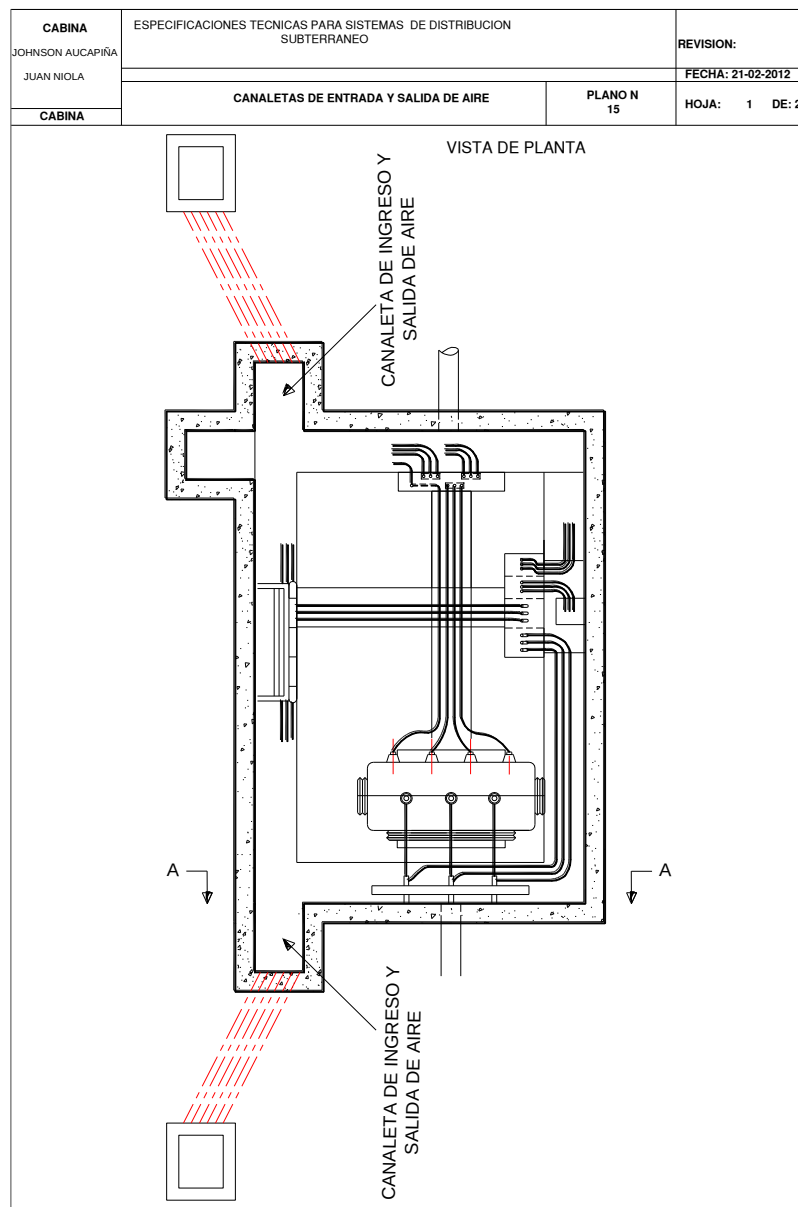


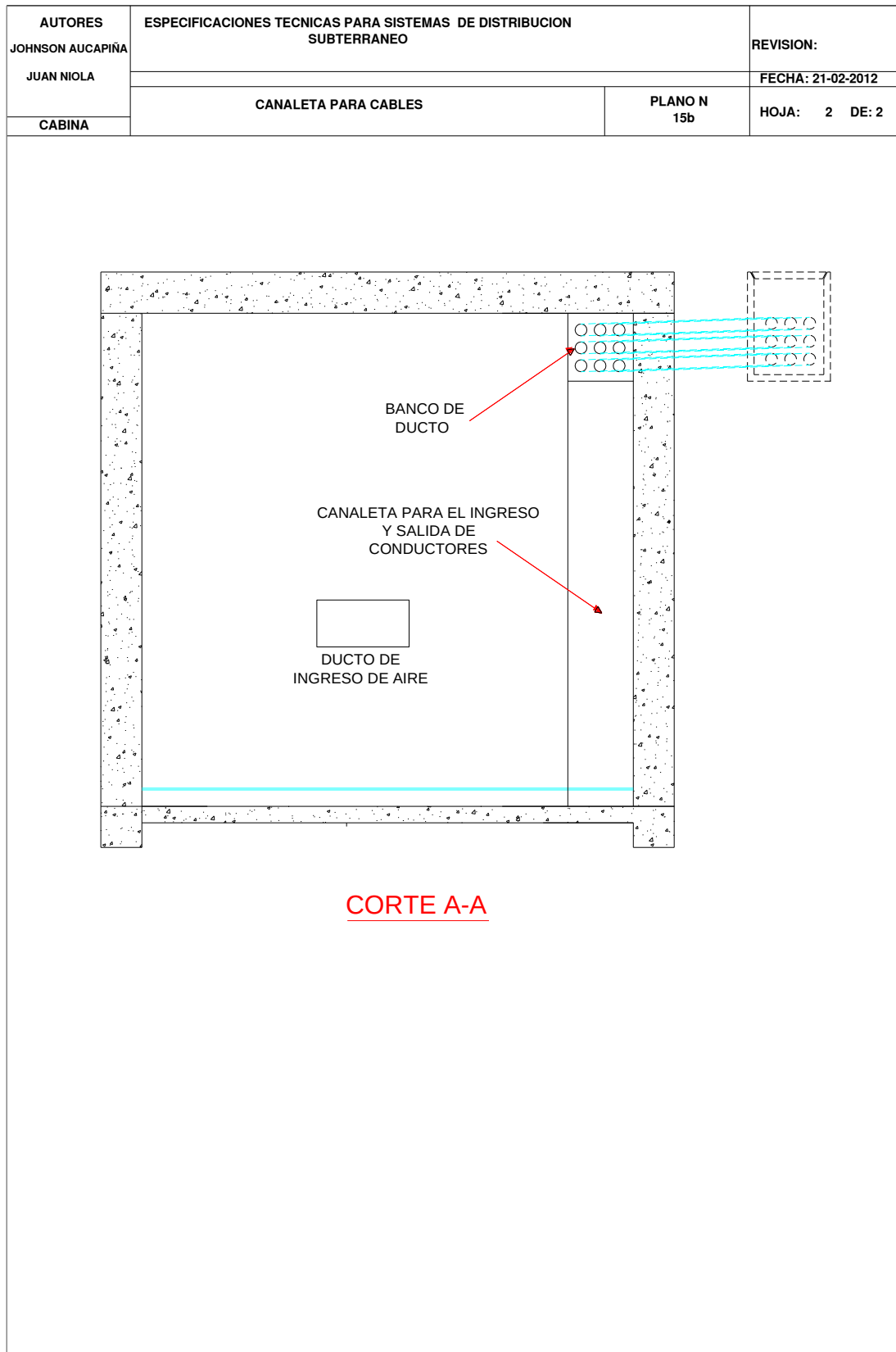


2.1.1.5.13 CANALETAS PARA INGRESO Y SALIDA DE CABLES

El ingreso y salida de los cables a la cabina de transformación subterránea será a través de bancos de ductos, del número y tamaño que permitan la entrada y salida de cables de varios tamaños y clases. La ubicación específica, dimensiones y número de ductos pueden ser variados en función del número de alimentadores instalados o proyectados.

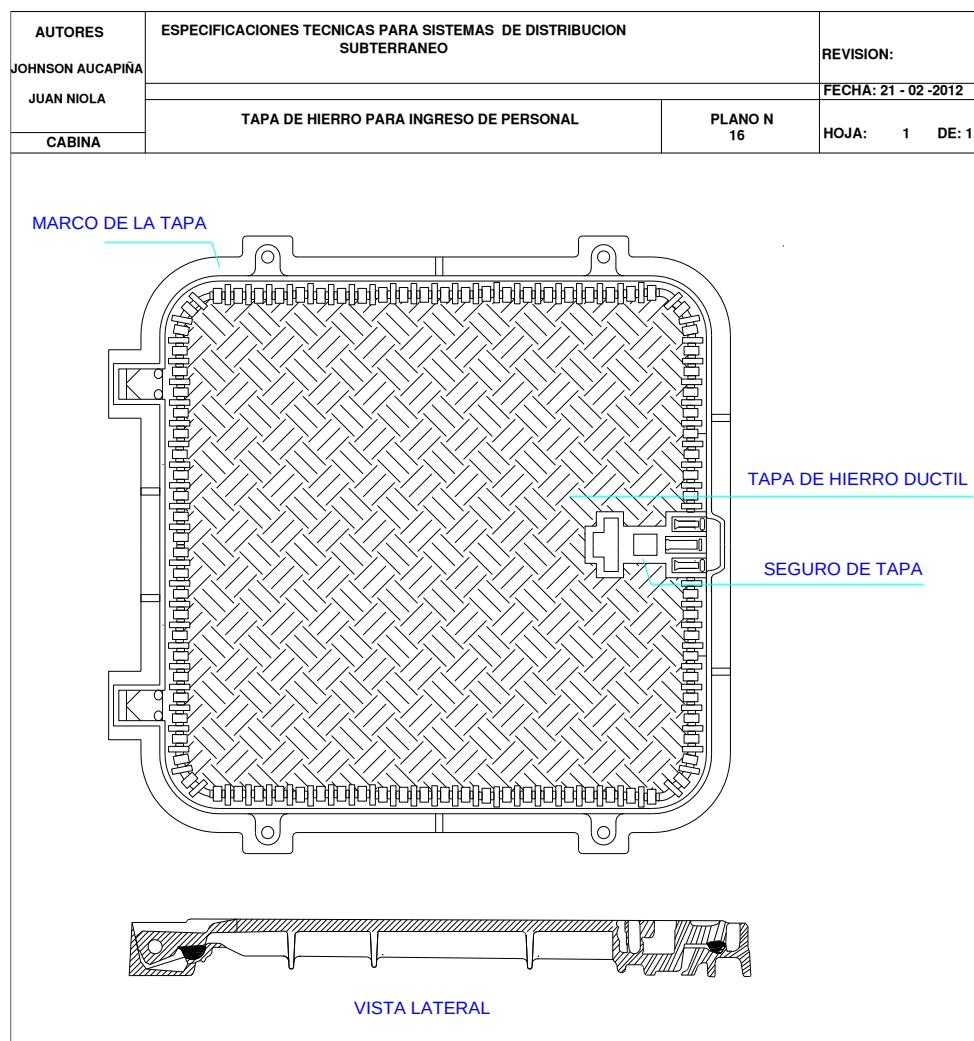
La cabina se construirá con canaletas en las esquinas para alojar a los cables que ingresan o salen, las medidas de estas canaletas deben ser 0,60m x 0,60m x 3m como podemos ver en el *Plano 15a y 15b*.





2.1.1.5.14 TAPAS DE HIERRO DÚCTIL

Las tapas de grafito esferoidal se colocarán en las cabinas de hormigón, las cuales deberán tener las siguientes características: dispositivo de cierre articulado clase C250 y fuerza de ensayo 400 kN (kilo Newton), con tapa cuadrada provista de una junta de perfil especial de neopreno, adherido a la tapa, que garantiza la estanqueidad a aguas residuales bajo presión atmosférica normal. La tapa se articula con el marco a 115° y se puede extraer cuando esté abierta a 90°, el marco tiene una dimensión de 892 x 920 mm y altura de 75 mm, apertura libre de 700 x 700 mm, provisto de una sección en forma de “U” con canal interno en el que se aloja la junta, lleva 4 lengüetas externas para anclar a la losa de hormigón. Estas tapas tienen un revestimiento con pintura hidrosoluble negra, no tóxica y no inflamable, tienen además un cierre de seguridad con llave especial mostrada en el *Plano 16*.



2.1.1.5.15 MALLA ELECTROSOLDADA

En la construcción de las cabinas subterráneas, tanto las paredes como la losa de piso las armaduras se construirán con doble malla electrosoldada de 6 ó 10, a excepción de la losa superior que se la realizará con doble armadura de varilla de 12 mm cada 10 cm. Las esquinas y bordes se estructurarán con vigas y columnas V5 o C5 según sea el caso.

Para la fijación de la malla se utilizará espaciadores de varilla de hierro o separadores plásticos tipo armex, ubicados a 80 cm de distancia entre ellos. La dimensión de los espaciadores será de acuerdo al espesor de las paredes, pisos o elemento a fundir.

En la reposición de losas de vereda o pavimento de calles se colocaran mallas electrosoldadas siempre y cuando hayan sido construidas con malla, caso contrario se deberá ver si es necesario su instalación.

De utilizarse refuerzo de malla de alambre electrosoldada, cumplirá los requerimientos de ASTM designación A-185.

2.1.2 OBRA ELECTRICA

2.1.2.1.1 OBJETO

Una vez construida la Obra Civil de la Cabina de transformación subterránea, se procede a la construcción de la Obra Eléctrica para el adecuado funcionamiento de la Red Subterránea. La obra eléctrica de las Cabinas contempla las especificaciones de los equipos eléctricos necesarios para garantizar un óptimo servicio a los usuarios.

2.1.2.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA REDES SUBTERRANEAS

2.1.2.2.1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente especificación se aplica a los transformadores de distribución que se emplean en las redes subterráneas, para un óptimo y correcto funcionamiento del

sistema subterráneo previniendo riesgos, garantizando seguridad, confiabilidad, cuidando el medio ambiente.

Las especificaciones técnicas particulares de cada transformador se puede revisar en la página web del MEER, en la cual la Comisión de Homologación de Redes Aéreas ha venido trabajando y desarrollando dichas especificaciones.

A continuación se detallan las especificaciones más importantes que deben cumplir los transformadores convencionales trifásicos de distribución.

2.1.2.2.2 CAMPO DE APLICACIÓN:

Se aplica a transformadores nuevos:

- Trifásicos de distribución, de 30 a 1000 KVA, frecuencia 60 Hz, voltaje 22, 13,8 y 6,3 kV.

2.1.2.2.2.1 DEFINICIONES

Para los efectos de estas Especificaciones, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2 110.

2.1.2.2.2.2 REQUISITOS

Los transformadores deberán cumplir con los siguientes requisitos generales:

2.1.2.2.2.2.1 CONDICIONES AMBIENTALES E INSTALACIÓN

a) Condiciones Ambientales.- Se deberá establecer claramente las condiciones ambientales a las que el transformador será sometido en su operación en régimen normal, tales como:

- Altura sobre el nivel del mar: _____ 3.000 msnm
- Temperaturas máximas: _____ 40 °C
- Temperaturas mínimas: _____ 4 °C

- Temperatura promedio: _____ 30 °C
- Humedad relativa del ambiente: _____ 80%

2.1.2.2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL SISTEMA.

a) Sistema primario de Distribución

- Voltajes nominales de línea _____ 6,3 - 13,8 o 22 kV
- Número de fases _____ 3
- Frecuencia _____ 60 Hz
- Regulación máxima _____ 5%
- Factor de potencia _____ 0,95
- Servicio _____ Continuo

b) Sistema secundario de Distribución

- Voltajes nominales _____ 240/120V 1F-3C
220/127V 3F-4C
- Tipo _____ radial
- Conexión del neutro sólidamente aterrizado
- Regulación máxima _____ 5%

2.1.2.2.2.2.3 NORMAS DE FABRICACIÓN Y PRUEBAS

Los transformadores deberán ser diseñados y fabricados de acuerdo con lo establecido en las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN, ANSI o similares en sus últimas revisiones.

De acuerdo con los diseños del fabricante, pueden emplearse otras normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en el presente documento.

En caso de discrepancia entre las Normas y este documento, prevalecerá lo aquí establecido.

2.1.2.2.2.4 DERIVACIONES

Los transformadores deben estar provistos en el lado primario, para regulación de voltaje, de un conmutador de 5 posiciones con rangos de operación $\pm 2 \times 2,5\%$, tap 3 en la posición nominal.

La operación para cambio de posición de cualquiera de las derivaciones enunciadas, deberá efectuarse mediante un mecanismo de accionamiento exterior.

2.1.2.2.2.5 OPERATIVIDAD

De acuerdo con las capacidades requeridas, los transformadores deberán entregar como mínimo su potencia nominal en cualquier posición del cambiador de derivaciones a voltaje secundario nominal y frecuencia nominal, sin exceder los límites de aumento de temperatura.

Los transformadores deberán ser capaces de:

- a)** Operar continuamente por encima del voltaje nominal o a valores menores de la frecuencia nominal, a la máxima potencia en kVA en cualquier derivación, sin exceder los límites de aumento de temperatura, cuando todas y cada una de las siguientes condiciones prevalezcan:
 - 1) El voltaje secundario y los voltios por Hertz no excedan el 105 % de los valores nominales.
 - 2) El factor de potencia sea 90 % o mayor.
 - 3) La frecuencia sea al menos 95% del valor nominal (58 Hz).

2.1.2.2.2.6 REFRIGERACIÓN

Los transformadores serán sumergidos en líquido refrigerante, autorefrigerados, clase ONAF, aptos para montaje en Cabinas de Transformación. Deberán despacharse con su volumen normal de aceite, listos para operación.

2.1.2.2.2.7 LÍMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA

El aumento de temperatura promedio en el devanado, medido por el método de variación de resistencia, no deberá exceder 65° C, para una altura de 1000 m. sobre el nivel del mar y una temperatura ambiente máxima de 40° C, con el transformador a potencia y voltaje nominales, de acuerdo con lo descrito en la prueba de calentamiento, según la NTE INEN 2 119. El aumento de temperatura del punto más caliente de los devanados no deberá exceder 80° C y ningún elemento del transformador podrá exceder dicha temperatura. El límite de calentamiento del líquido refrigerante, con cualquier método de refrigeración (medido por termómetro), será de 60° C cuando el transformador esté sellado o equipado con un conservador (tanque de expansión) y 55° C cuando el transformador no esté sellado o así equipado.

2.1.2.2.2.8 NIVEL DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento que deben tener los devanados y bujes o aislador pasatapas de los transformadores, referidos a 1000 m sobre el nivel del mar, será el siguiente.

		Devanados			Bujes o aislador pasatapa		Neutro
		Medio Voltaje Hasta 15 KV	Medio Voltaje Hasta 25 KV	Bajo voltaje	Medio voltaje	Bajo voltaje	
Clase de aislamiento	kV	15	25	1,2	15	1,2	1,2
Nivel de aislamiento al impulso básico (BIL) (1,2/50 µs)	kV	95	125	30	110	45	45

Tabla 2.16 Nivel de aislamiento en transformadores

2.1.2.2.2.9 Pérdidas

Los valores de pérdidas con carga, pérdidas sin carga, pérdidas totales, corriente sin carga y voltaje de cortocircuito tanto para transformadores trifásicos y monofásicos,

no deberán ser superiores a los valores especificados en las NTE INEN 2113, 2115 y 2116, según revisión de la Comisión del MEER 2011.

2.1.2.3 TRANSFORMADORES PAD MOUNTED

2.1.2.3.1 ALCANCE

Esta norma tiene como propósito fundamental establecer las características físicas y eléctricas que debe cumplir la instalación de un transformador monofásico o trifásico tipo pedestal, sumergido en líquido refrigerante que será instalado en las redes de distribución subterráneas que operaran en sistemas con tensiones nominales en Medio Voltaje, y que estarán ubicados a la intemperie o en interior. De igual manera se establecen algunos detalles que debe cumplir la obra civil de la instalación.

2.1.2.3.2 FUNCIÓN

El transformador tipo pedestal (Pad Mounted) para la instalación exterior o interior es utilizado como parte de un sistema de distribución subterráneo, con compartimientos sellados para alta y bajo voltaje, cuyos cables de alimentación entran por la parte inferior e instalado sobre una base o pedestal.

Los Transformadores Pad-Mounted o tipo pedestal monofásico y trifásico se fabrican especialmente para aquellos sitios donde la distribución de la alta voltaje es subterránea como edificios, urbanizaciones, centros comerciales etc.

Es apto para las aplicaciones que requieran una unidad de transformación compacta y autoprotegida, que armonice con el medio ambiente, sin necesidad de construir una caseta y constituyendo una alternativa de menor costo que una subestación del mismo tamaño.

2.1.2.3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dependiendo de la ubicación física en exteriores o interiores se deben tener en cuenta los siguientes criterios técnicos:

Características eléctricas generales: IEEE C57.12.34

- Transformadores trifásicos de distribución tipo radial (fin de circuito).
- Sumergidos en aceite aislante nuevo que cumpla la norma ASTM D3487. El aceite no debe contener PCB's y debe superar las pruebas exigidas en la norma ASTM D117. El aceite deberá tener una resistencia a la flamabilidad superior a los 300°C (puesto que se instalará en cabinas)
- Voltaje primario: 22000 Grd Y/12702 V.
- Voltaje secundario: 220 Grd Y/127 V.
- Frecuencia nominal: 60 Hz.
- Impedancias: máximo 5.75 % (Tolerancia indicada en 9.2 del estándar IEEE C.57.12.00: $\pm 7.5\%$)
- Grupo de conexión: Y-Y, neutro en medio y bajo voltaje sólidamente puesto a tierra
- Máxima elevación de temperatura: 65°C.
- Temperatura ambiente: 4°C - 30°C (promedio de 20°C)
- Humedad relativa: 96%
- Taps primarios: 5 posiciones con rangos de operación +1% a -3x2,5%, mecanismo de accionamiento exterior sin carga.
- Altitud: 3000 msnm.
- BIL primario: 150 kV.
- BIL secundario: 30 kV.
- Líquido aislante: aceite mineral.
- Lugar de aplicación: cabina subterránea.
- Los bornes deben cumplir como mínimo las características indicadas en la norma ANSI C57.12.34.
- Pérdidas: los valores de pérdidas con carga, pérdidas sin carga, pérdidas totales, corriente sin carga y voltaje de cortocircuito no deberán ser superiores a los valores especificados en las normas ANSI C57.12.00 y ANSI C.57.12.90.
- Los transformadores no superarán un nivel de ruido de 500 dBA.

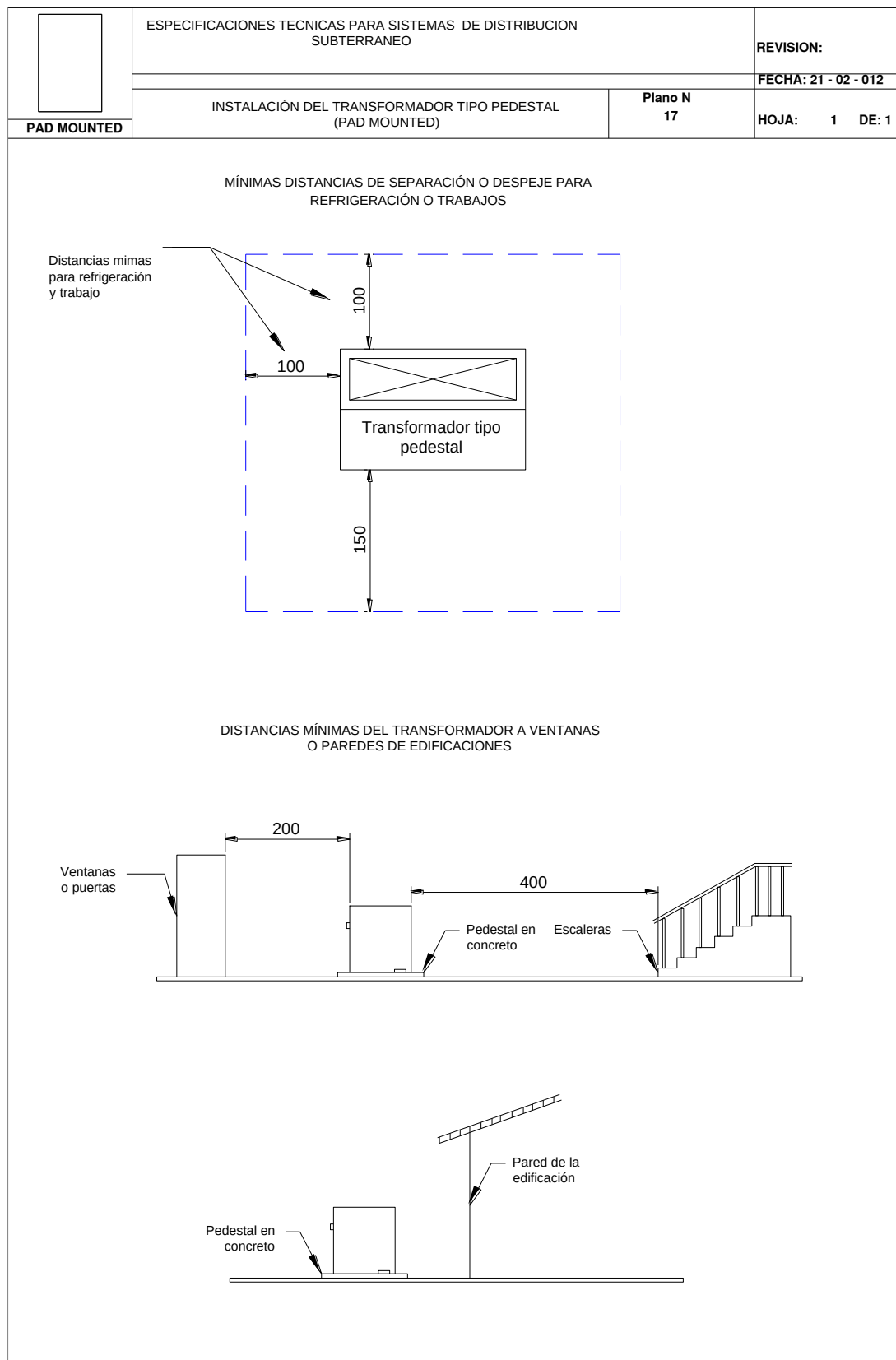
- Protecciones:
 - El transformador debe estar provisto de todas las protecciones necesarias.
 - Fusibles de expulsión del tipo Bay-O-Net. Estos accesorios contendrán el cartucho fusible, y dentro de éste el elemento fusible reemplazable.
 - La protección contra cortocircuitos internos del transformador se realizará mediante fusibles limitadores de alto poder de ruptura y deberán estar coordinados de tal manera que actúen sólo en caso de avería interna del transformador.
- Se deben incluir dispositivos protectores de sobrevoltaje en el transformador (Pararrayos de codo - Elbow Arrester).
- Los dispositivos de conexión, protección y maniobra deben ser adecuados para la utilización de conectores aislados separables en el lado de alto voltaje.
- Se incluirán 3 feed thru y 3 elbow connector para cada transformador.

Cualquier omisión de estas especificaciones en la descripción de algún componente o de requerimientos, no exonera al fabricante de su responsabilidad de entregar los ítems requeridos completos en todos sus aspectos, plena y satisfactoriamente operables.

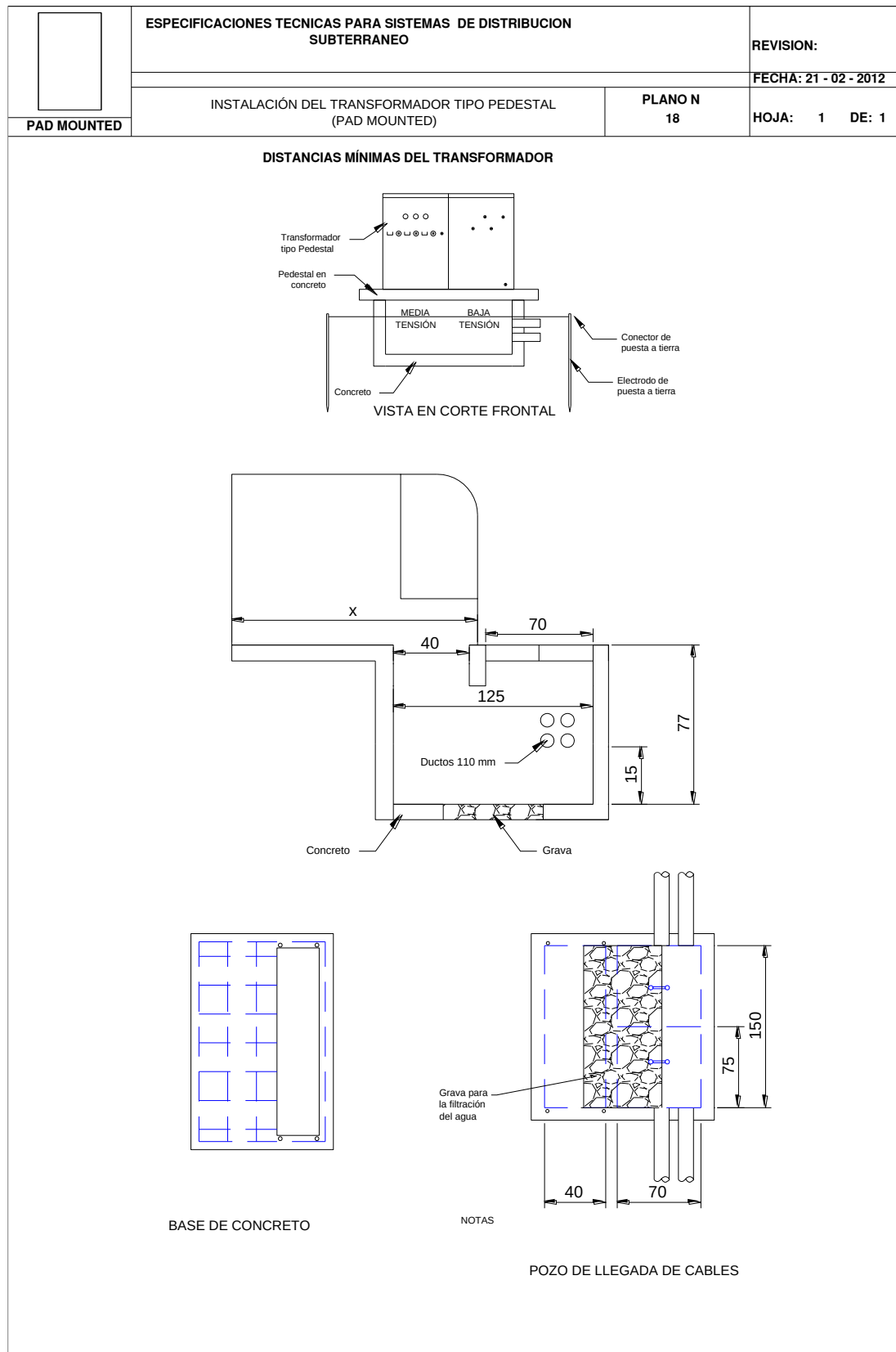
2.1.2.3.4 INSTALACIÓN A LA INTEMPERIE

- La instalación del transformador debe realizarse en un sitio de fácil acceso donde se garantice el acceso y retiro mediante vehículo grúa o montacargas, con capacidad de izar y transportar el transformador.

- Se deben proveer facilidades para el levantamiento del tanque con gato. El espacio libre vertical para un gato debe estar entre 38 mm., y 165 mm.
- El transformador debe quedar instalado en un lugar con área libre suficiente que permita la apertura de las puertas del gabinete del transformador, las cuales deben alcanzar un ángulo mayor de 135°.
- El transformador no se podrá instalar en lugares obligados de tránsito de las personas o en rutas peatonales obligadas. En caso de que el transformador quede cercano a zonas de tráfico vehicular se deben instalar barreras de contención.
- La instalación del transformador debe garantizar unas distancias mínimas a edificaciones, muros, vías y árboles. En caso de instalarse cerca de muros, estos deben ser resistentes al fuego, se especifican algunas distancias de separación entre el transformador de pedestal y otro tipo de elemento que lo rodee como ventanas puertas o muros de edificaciones. Referirse al *Plano 17*.



- El transformador se ubicará sobre una base o pedestal de concreto cuyas características constructivas se detallan en el *Plano 18*. Es de anotar que las dimensiones del pedestal estarán de acuerdo con la capacidad del transformador y es un dato que debe ser suministrado por el fabricante del transformador.
- La base de concreto sobre la que se anclará el transformador estará colocada sobre una capa de suelo compactado y rodeada de una capa de grava para contener el 100% del aceite del transformador para un eventual derrame. Las dimensiones de la franja de grava son 50 cm de ancho y 20 cm de profundidad. Las características se detallan en el *Plano 18*. En caso de que el aceite del transformador sea vegetal, no se requerirá foso ni dique con grava para contener el aceite siempre y cuando, se ubique en un terreno descampado (normalmente suelo de tierra) donde se pueda absorber completamente el aceite derramado.
- El transformador tipo pedestal se anclará sólidamente a la base o pedestal de concreto a través de los pernos instalados para tal fin. Los dispositivos de anclaje deben ser accesibles solamente desde el interior de los compartimentos (*Plano 18*)
- La malla de hierro que constituye el refuerzo estructural de la base pedestal de concreto se deberá unir a la malla de puesta a tierra del transformador. El conector debe ser de un material tal que evite la corrosión y el par galvánico en la unión entre el hierro y el cobre.
- Del borne neutro del transformador se conectará un conductor, en el mismo calibre del conductor de neutro, hacia la malla de puesta a tierra. El tanque o chasis del transformador se conectará también a la malla de puesta a tierra. A esta tierra se deben conectar sólidamente todas las partes metálicas que no transporten corriente y estén descubiertas.
- El número de varillas para la puesta a tierra dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia de la malla a tierra. El tipo de configuración de la malla de tierra será definido por el área, la resistividad del terreno y el valor de resistencia mínimo a cumplir.
- Las conexiones de puesta a tierra se harán con soldadura exotérmica o con los conectores apropiados para este tipo de conexiones.



2.1.2.3.5 INSTALACIÓN EN INTERIORES

- Es importante destacar que la instalación de un transformador tipo pedestal en el interior debe cumplir con las mismas exigencias para un transformador convencional y las exigidas en la norma NTC 2050. Destacamos la necesidad de construcción de un foso para contener el derrame del aceite y evitar la propagación de un incendio.
- Cuando un transformador requiera instalación en bóveda, esta debe construirse con materiales que ofrezcan una resistencia al fuego de mínimo tres horas.
- En las subestaciones está prohibido que crucen canalizaciones de agua, gas natural, aire comprimido, gases industriales o combustibles, excepto las tuberías de extinción de incendios. En las zonas adyacentes a la subestación no deben almacenarse combustibles.
- Los locales donde quedará instalada la subestación, deben tener una placa en la entrada con el aviso que contenga el símbolo de “Peligro Alta Voltaje” y con puerta de acceso hacia la calle, preferiblemente.
- El transformador deberá ser instalado en lo posible, en zonas de bajo circulación de personas, preferiblemente en zonas de circulación restringidas al tránsito vehicular y peatonal. Si el transformador está instalado en una zona verde pero cerca de la vía, deberán colocarse barreras de contención que eviten en caso de accidente un daño al transformador Tipo Pedestal y respetando las distancias mínimas requeridas en el *Plano 17*.

2.1.2.4 ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA CABINA DE TRANSFORMACIÓN

- El centro de transformación dispondrá de un circuito de fuerza con tomacorrientes de 220V. 10 A. y 110V. 10 A. Además dispondrá de un circuito de iluminación que estarán protegidos por un interruptor automático termo magnético que estará instalado en el tablero de distribución.

- En el interior del centro de transformación se instalara un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.
- El nivel medio será como mínimo de 270 lux. Según Norma NEC 924-5.
- Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación.
- Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en voltaje.
- Los puntos de luz estar ubicados en la losa fija o paredes, no se colocaran en las losas móviles debido a que si estas se requiere retirar, los puntos de iluminación permanecerán en su sitio.
- Se debe disponer de un punto de luz de emergencia de carácter autónomo de una hora de duración como mínimo que señalizara los accesos al centro de transformación.

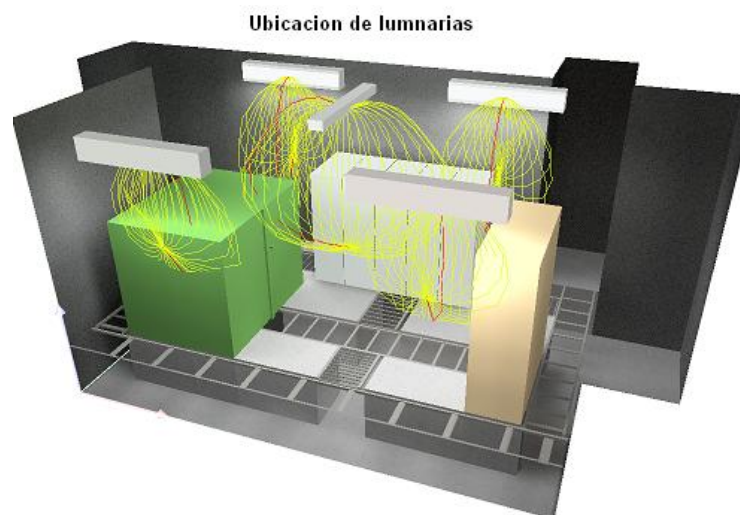


Figura 2.2 Iluminación de la cabina de Transformación Subterránea

2.2 CONDUCCION

2.2.1 OBRA CIVIL

- Estas especificaciones cubren los requerimientos técnicos para la construcción de bancos de ductos de PVC y pozos de hormigón y de mampostería de ladrillo, para enlaces subterráneos en diferentes sectores del Centro histórico de la ciudad de Cuenca.
- Para la realización de los trabajos se cumplirá con lo estipulado en las presentes especificaciones, planos y recomendaciones, los cambios serán autorizados únicamente por el personal autorizado.
- En los casos que en las especificaciones, se indica una marca de un equipo, accesorio o material, se tomará ésta como una referencia de mínima calidad, pudiendo el constructor suministrar otros de calidad superior.
- Durante el proceso de construcción, el Constructor llevará un registro fotográfico digital diario, con los respectivos archivos magnéticos, mismos que se entregarán a la Centrosur en cada planilla.
- Todo gráfico o plano será realizado utilizando el programa Autocad.
- Todos los trabajos de reposición de materiales, hormigones, etc. para las calles y veredas, que no se indiquen en estas especificaciones se realizarán de acuerdo a los requerimientos técnicos que disponga la Municipalidad de Cuenca.
- El Constructor antes de iniciar la obra, previamente coordinará los trabajos con la Dirección respectiva de la I. Municipalidad de Cuenca. Obteniendo los permisos correspondientes.
- El Constructor está obligado proveerse de una bitácora o libro de control de obra, en la cual se llevará la memoria de la construcción; es decir que se

asentará en forma cronológica y descriptiva la marcha progresiva de los trabajos y sus pormenores. Deberá permanecer en la obra mientras dure ésta y al final pasará al poder de la fiscalización.

- El libro deberá contener diariamente al menos la siguiente información:
 - Fecha
 - Estado del tiempo
 - Actividades ejecutadas
 - Descripción y número del personal y equipos utilizados
 - Ordenes de cambio
 - Detalles
 - Pedidos y autorizaciones
 - Firmas del Constructor y Fiscalizador.
- Es obligación del Constructor presentar al inicio de la obra los respectivos cronogramas y/o reprogramaciones para aprobación del Fiscalizador.
- El Contratista deberá mantener disponible en la obra para el fiscalizador y su representante, un juego completo de planos y especificaciones en buen estado.

2.2.1.1 NORMAS DE SEGURIDAD

- Es obligación del constructor establecer las normas de seguridad para cada una de las actividades por desarrollar, e imponer su cumplimiento para eliminar riesgos innecesarios y para proporcionar la máxima seguridad a todo el personal a su cargo.
- No se podrá depositar materiales sobrantes y escombros en sitios en donde perjudiquen el tráfico vehicular y peatonal ni donde pueda obstruir drenajes y desagües.

2.2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Los trabajos de obra civil a ejecutarse para la canalización eléctrica básicamente son los siguientes:

2.2.1.2.1 EXCAVACIÓN ZANJAS PARA DUCTOS

- Son los trabajos necesarios para la conformación de las zanjas para los bancos de ductos, de acuerdo a las alineaciones, cotas y gradientes indicados en los planos de construcción y a lo ordenado por la Centrosur.
- Los trabajos de excavación deben ejecutarse con una secuencia que permita tener permanentemente un drenaje natural de las aguas lluvias.
- En la excavación de zanjas para los bancos de ductos de PVC, el ancho será el suficiente, de acuerdo al número de ductos a colocar.
- La excavación terminada debe ser firme y adecuada para colocar las tuberías. Cuando no se encuentre un lecho firme al nivel indicado en los anexos a causa de un terreno blando o expansible, el Constructor debe retirar este material hasta una profundidad que fijará la Centrosur y se rellenará con material aprobado y debidamente compactado para que proporcione el apoyo adecuado al banco de ductos.
- El material de excavación, si es satisfactorio para el relleno y autorizado por la Centrosur será depositado a un costado de la excavación de tal manera que no dificulte la colocación de los tubos y el depósito estará alejado cuando menos a 2 metros del borde de la excavación para evitar derrumbes.
- Se deberá tener especial cuidado en la apertura de la zanja con las acometidas de agua potable y alcantarillado (domiciliarias).

2.2.1.2.2 DESALOJO DE MATERIAL EXCAVADO

- Cuando exista material en exceso o inapropiado para ser utilizado en los rellenos, debe ser desalojado por el Constructor a los sitios de botaderos aprobados por el I. Municipio de Cuenca.

2.2.1.2.3 RELLENO COMPACTADO Y MATERIAL DE MEJORAMIENTO

- El relleno será ejecutado con material de la excavación o de préstamo que sean adecuados para tal fin y aprobados por la Centrosur.
- Se define como material adecuado en general cualquier suelo que de acuerdo a pruebas de laboratorio, pueda compactarse según estas especificaciones, fuera de turba, suelo vegetal u otro material orgánico o expansivo. El material de préstamo puede ser obtenido de las minas elegidas por el Constructor y aprobadas por la Centrosur.
- Todo material, aprobado para ser utilizado en los rellenos debe ser colocado en capas horizontales que no excedan de quince (15) centímetros de espesor de material suelto a todo lo ancho de la sección transversal.
- El material de préstamo o mejoramiento para rellenos será granular bien graduado, la porción de material que pase el tamiz No. 40 debe tener un índice de plasticidad menor a 12 (AASHTO T-90) y un límite líquido menor a 25 (AASHTO T-89) y debe cumplir con los requisitos de granulometría especificados a continuación:

TAMIZ	Porcentaje que pasa (en peso por los tamices de malla cuadrada) Método AASHTO T-11 y T-27
76.2 mm (3")	100
4.75 mm (#4)	50-90
0.075 mm (#200)	0-25

Tabla 2.17 Material de mejoramiento para zanjas.

- Para el relleno junto a tuberías de drenaje, se debe colocar el material cuidadosamente a ambos lados del tubo en capas de 15 cm y compactarle con herramientas manuales. Este primer relleno avanzará hasta 30 cm por encima de la corona del tubo. Para completar el relleno hasta las rasantes indicadas en los planos, se aplicarán las mismas consideraciones anteriores.

2.2.1.2.4 DIMENSIONES DE LAS ZANJAS PARA BANCO DE DUCTOS

- De acuerdo con el tipo, número y disposición del banco de ductos se han normalizado las dimensiones del ancho de las zanjas de 0,37 m cuando se colocan 2 tubos PVC de 110 mm en forma horizontal, 0,53 m cuando se colocan 3 tubos en forma horizontal y de 0,69 m si se colocan 4 tubos en forma horizontal, tanto para el caso de canalizaciones en calzada, acera y zonas verdes
- La profundidad de la zanja dependerá del número de filas y columnas de ductos que se instalen, además dependerá si el banco de ductos estará instalado en la vereda o calzada, estas medidas se pueden apreciar en las tablas 2.18 y 2.19.

EXCAVACIONES ZANJAS PARA BANCO DE DUCTOS EN VEREDA							
DUCTO	Nº TOTAL DE DUCTOS	Nº FILAS	Nº COLUMNAS	ANCHO DE EXCAVACION DE ZANJA (m)	ANCHO DE BANCO DE DUCTOS (m)	PROFUNDIDAD (m)	PLANO
TIPO A	2	1	2	0,37	0,37	0,61	19
TIPO B	3	1	3	0,53	0,53	0,61	20
TIPO C	4	2	2	0,37	0,37	0,77	21
TIPO D	6	2	3	0,37	0,37	0,93	22
TIPO E	9	3	3	0,53	0,53	0,93	23
TIPO F	12	4	3	0,53	0,53	1,09	24
TIPO G	15	5	3	0,53	0,53	1,25	25

Tabla 2.18 Dimensiones de excavaciones de zanjas para banco de ductos en vereda.

EXCAVACIONES DE ZANJAS PARA BANCO DE DUCTOS EN CRUCE DE VIAS							
DUCTO	Nº TOTAL DE DUCTOS	Nº FILAS	Nº COLUMNAS	ANCHO DE EXCAVACION DE ZANJA (m)	ANCHO DE BANCO DE DUCTOS (m)	PROFUNDIDAD (m)	PLANO
TIPO A1	2	1	2	0,37	0,37	0,92	26
TIPO B1	3	1	3	0,53	0,53	0,92	27
TIPO C1	4	2	2	0,37	0,37	1,07	28
TIPO D1	6	2	3	0,37	0,37	1,23	29
TIPO E1	9	3	3	0,53	0,53	1,23	30
TIPO F1	12	4	3	0,53	0,53	1,39	31
TIPO G1	15	5	3	0,53	0,53	1,55	32

Tabla 2.19 Dimensiones de excavaciones de zanjas para banco de ductos en vereda.

- Las excavaciones serán el de las dimensiones netas del banco de ductos, pero si el terreno no permite dar las dimensiones que se indican en las dos tablas anteriores, solamente en este caso se encofrará las paredes y por ende, el ancho de excavaciones aumentara 10 cm. a cada lado y previo a la autorización del Fiscalizador.

2.2.1.2.5 BANCO DE DUCTOS

- Comprende la excavación, el relleno necesario y el suministro e instalación de tubería PVC de 110 mm de diámetro embebida en hormigón simple de resistencia $f'c=140$ kg/cm², formando bancos de 2, 4, 6, 9,12 ó 15 ductos según sea la necesidad y luego la reposición de las veredas y calzadas.

2.2.1.2.6 PROFUNDIDAD DE BANCOS DE DUCTOS

- La profundidad será uniforme, en calles del centro, medido después de retirado el adoquín, dependiendo del tipo y disposición del banco de ductos a colocarse, de tal manera de que en el banco de ductos, los tubos superiores queden a una profundidad mínima de 0.40 m en vereda y de 0.60 m al nivel de calzada.

La Norma NEC Tabla 923-11 para las diferentes localizaciones de ductos nos indica las siguientes profundidades:

Localización	Profundidad mínima (m)
En lugares no transitados por vehículos	0,3
En lugares transitados por vehículos	0,5
Bajo carreteras	1,0
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril ubicadas en calles pavimentadas	0,9
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril ubicadas en calles o caminos no pavimentados	1,3

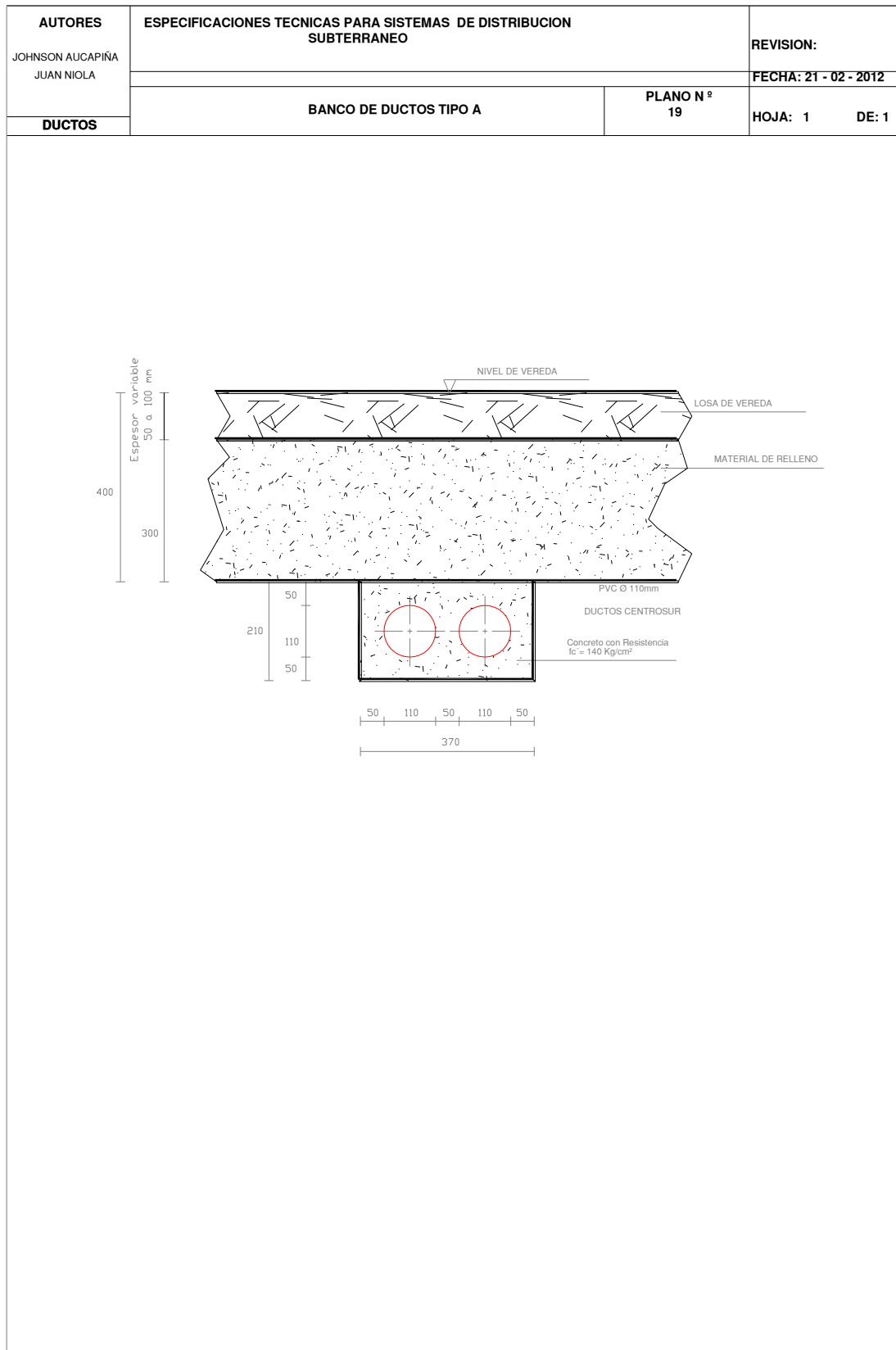
Tabla 2.20 Profundidad mínima de ductos o banco de ductos (Norma NEC 923-11)

- Estas alturas son mínimas y dependerán de la topología del terreno, redes telefónicas, alcantarillado y agua, etc.
- En el caso de obras nuevas donde no haya este tipo de inconvenientes se respetarán las medidas de ancho y profundidad de excavaciones indicadas en las tablas 2.18 y 2.19 del numeral 2.2.1.2.4 en los que se indican los detalles constructivos de los diferentes bancos de ductos.

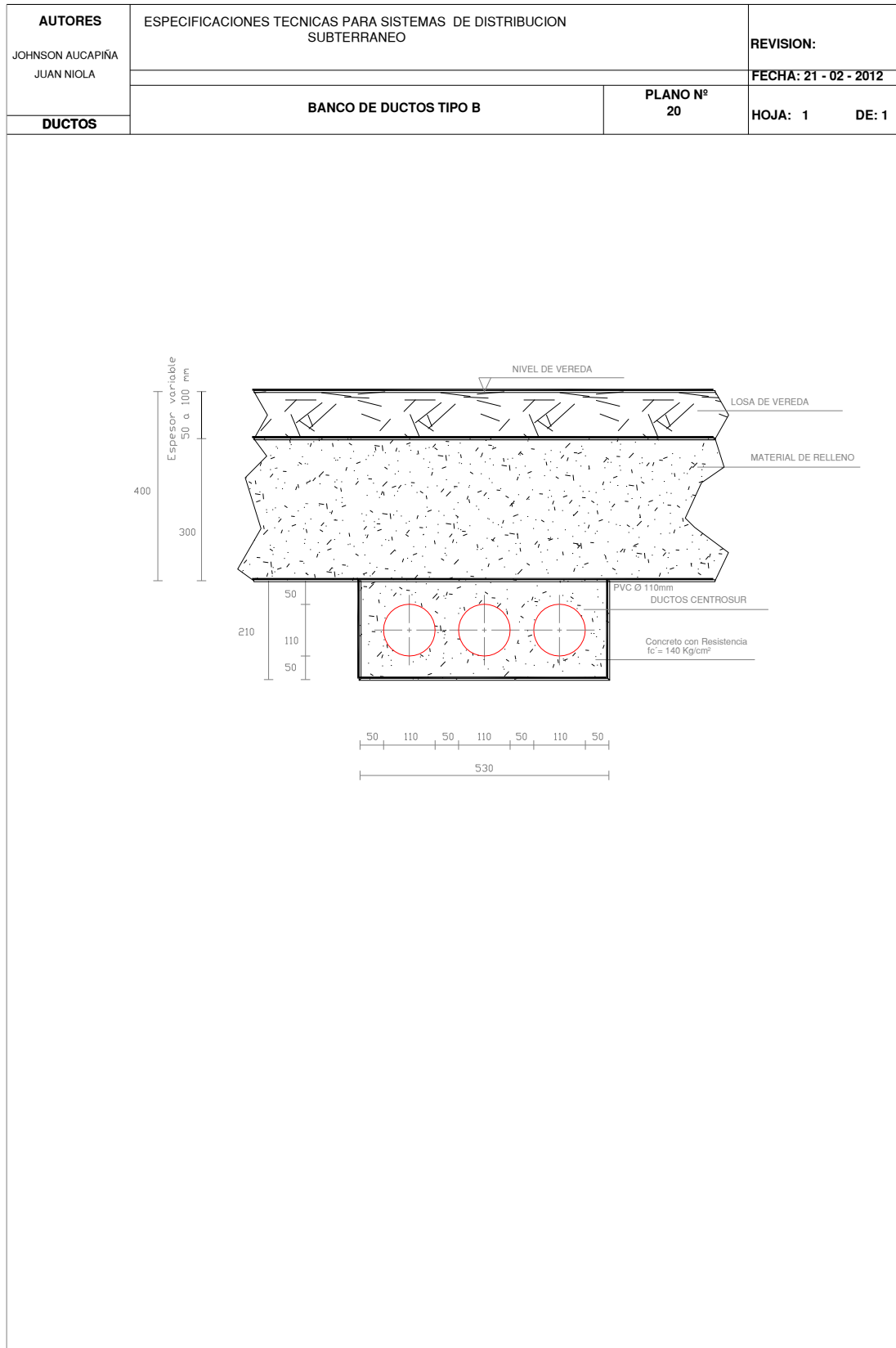
A continuación se detallan la construcción de la Obra Civil de cada una de los Ductos utilizadas en las redes subterráneas.

2.2.1.2.7 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA OBRA CIVIL DE DUCTOS BAJO LA VEREDA

2.2.1.2.7.1 Banco de Ductos Tipo A para la colocación de 2 ductos.

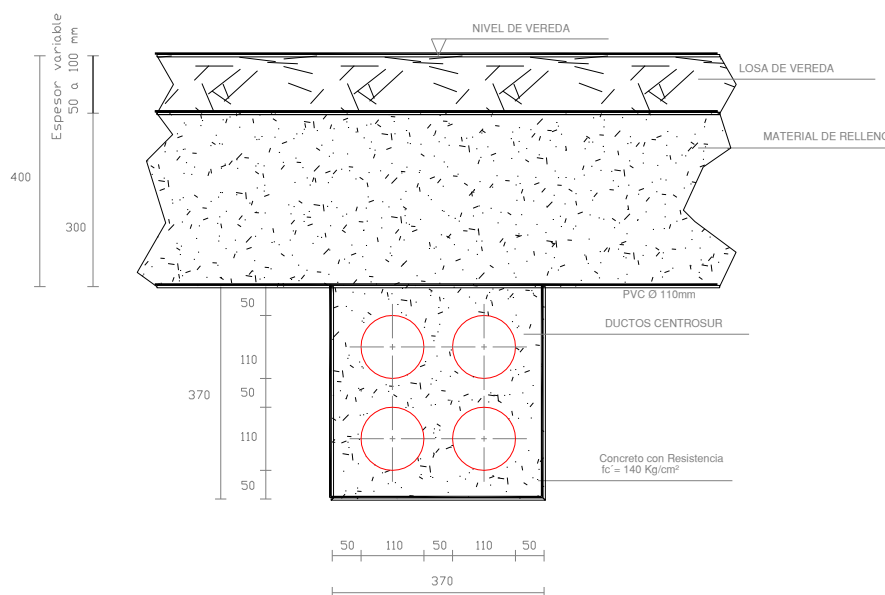


2.2.1.2.7.2 Banco de Ductos Tipo B para la colocación de 3 ductos.

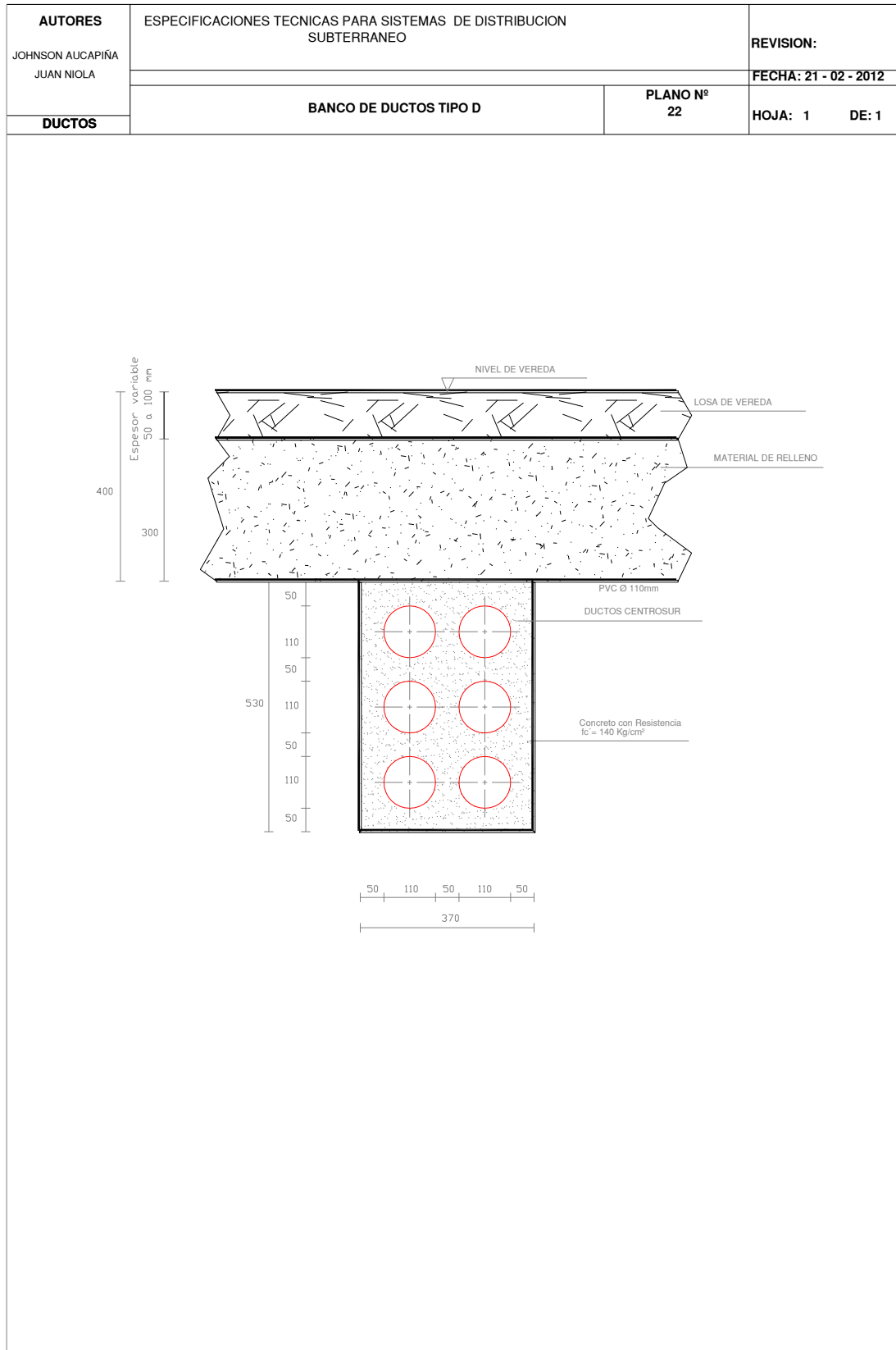


2.2.1.2.7.3 Banco de Ductos Tipo C para la colocación de 4 ductos.

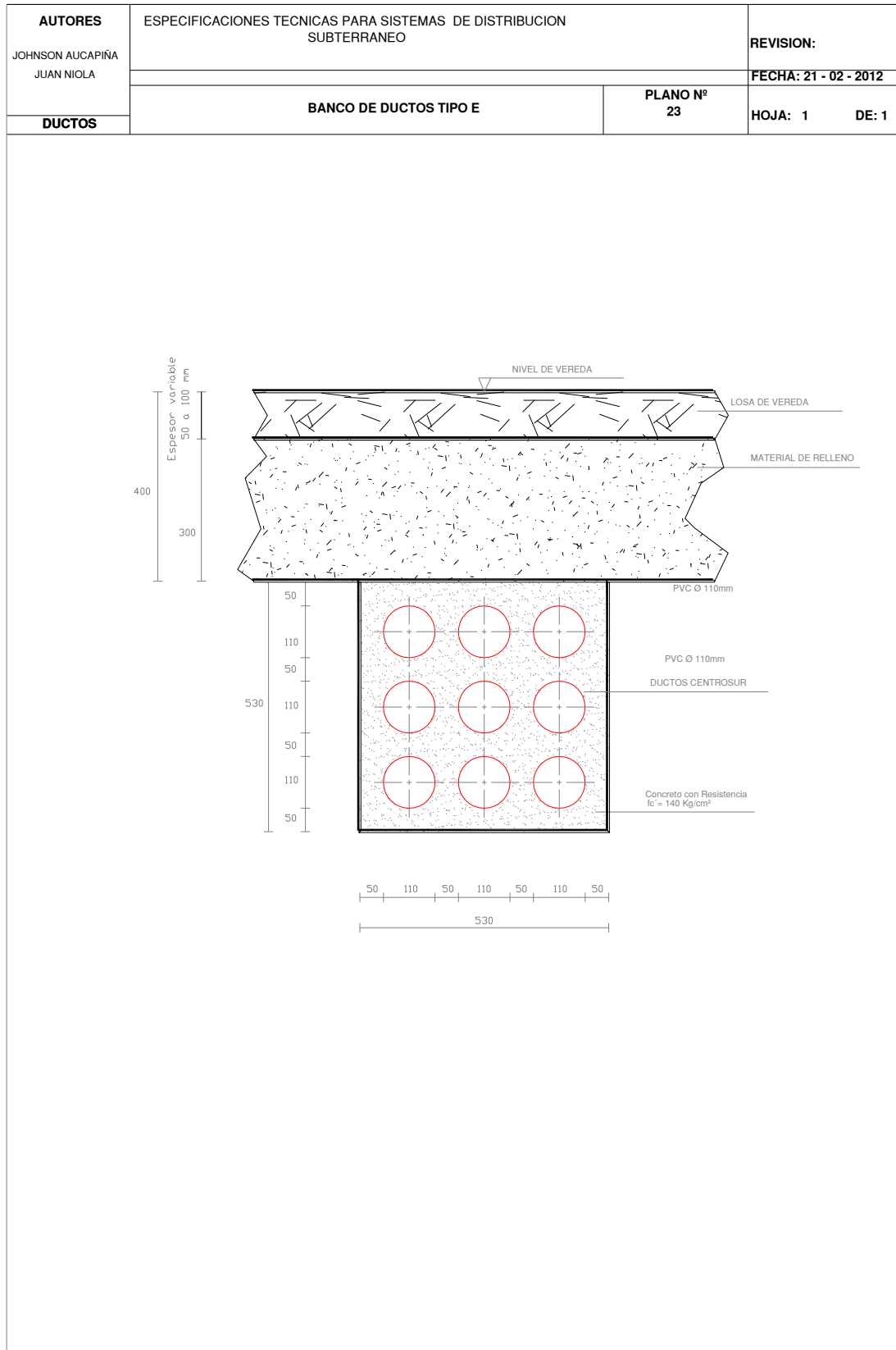
AUTORES	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO		REVISION:
JOHNSON AUCAPIÑA JUAN NIOLA			FECHA: 21 - 02 - 2012
DUCTOS	BANCO DE DUCTOS TIPO C	PLANO N° 21	HOJA: 1 DE: 1



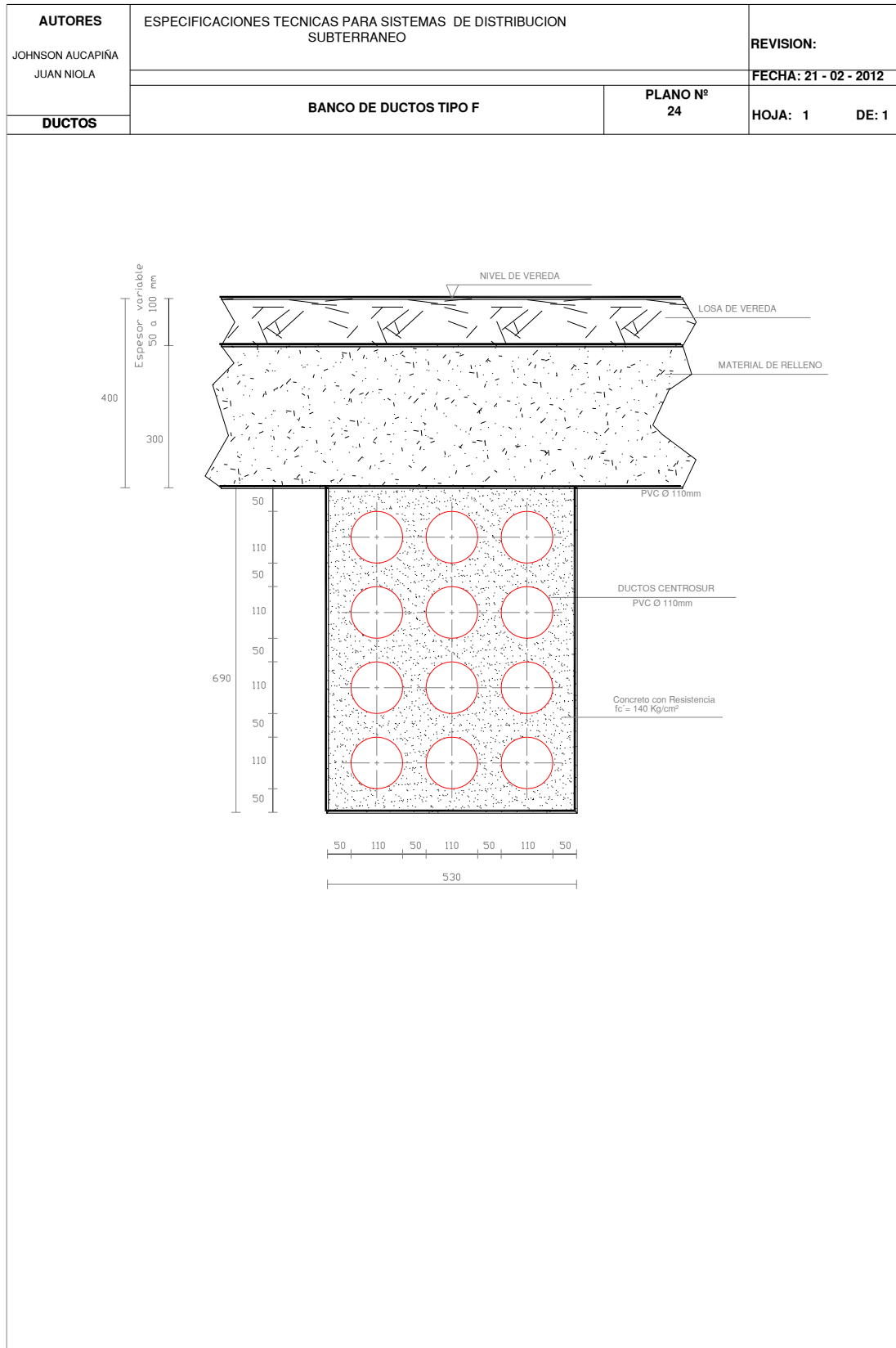
2.2.1.2.7.4 Banco de Ductos Tipo D para la colocación de 6 ductos.



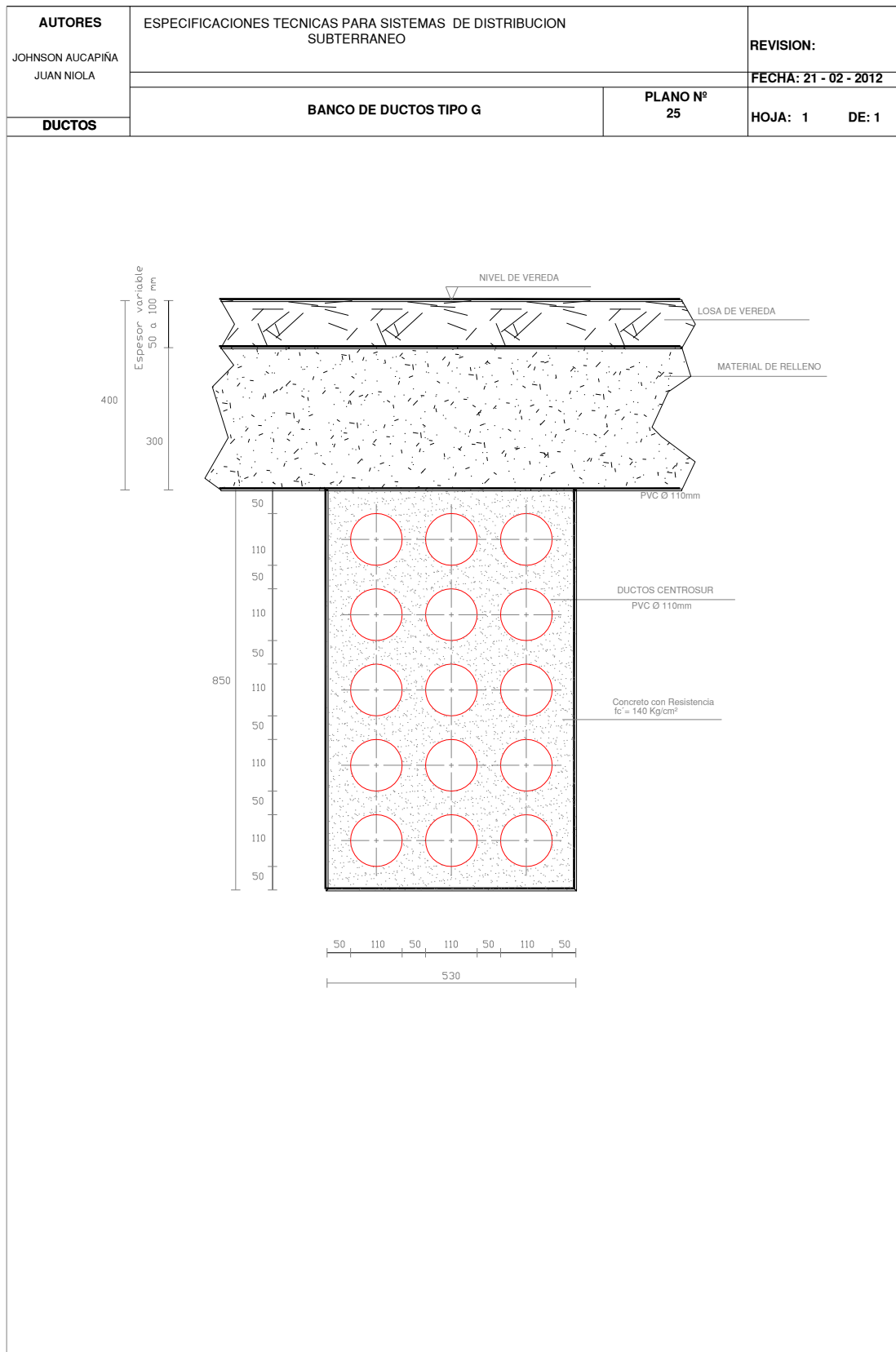
2.2.1.2.7.5 Banco de Ductos Tipo E para la colocación de 9 ductos.



2.2.1.2.7.6 Banco de Ductos Tipo F para la colocación de 12 ductos.

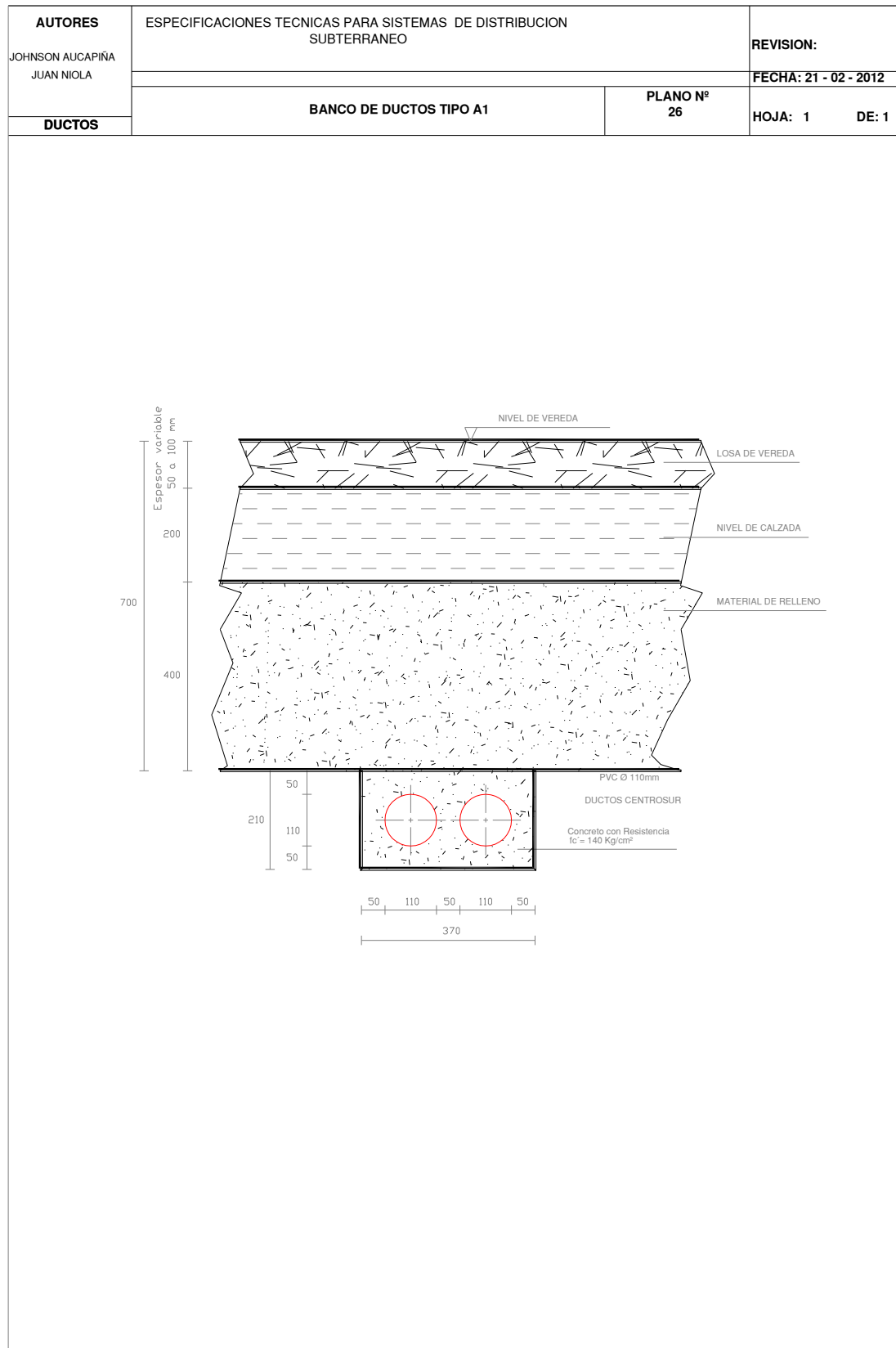


2.2.1.2.7.7 Banco de Ductos Tipo G para la colocación de 15 ductos.

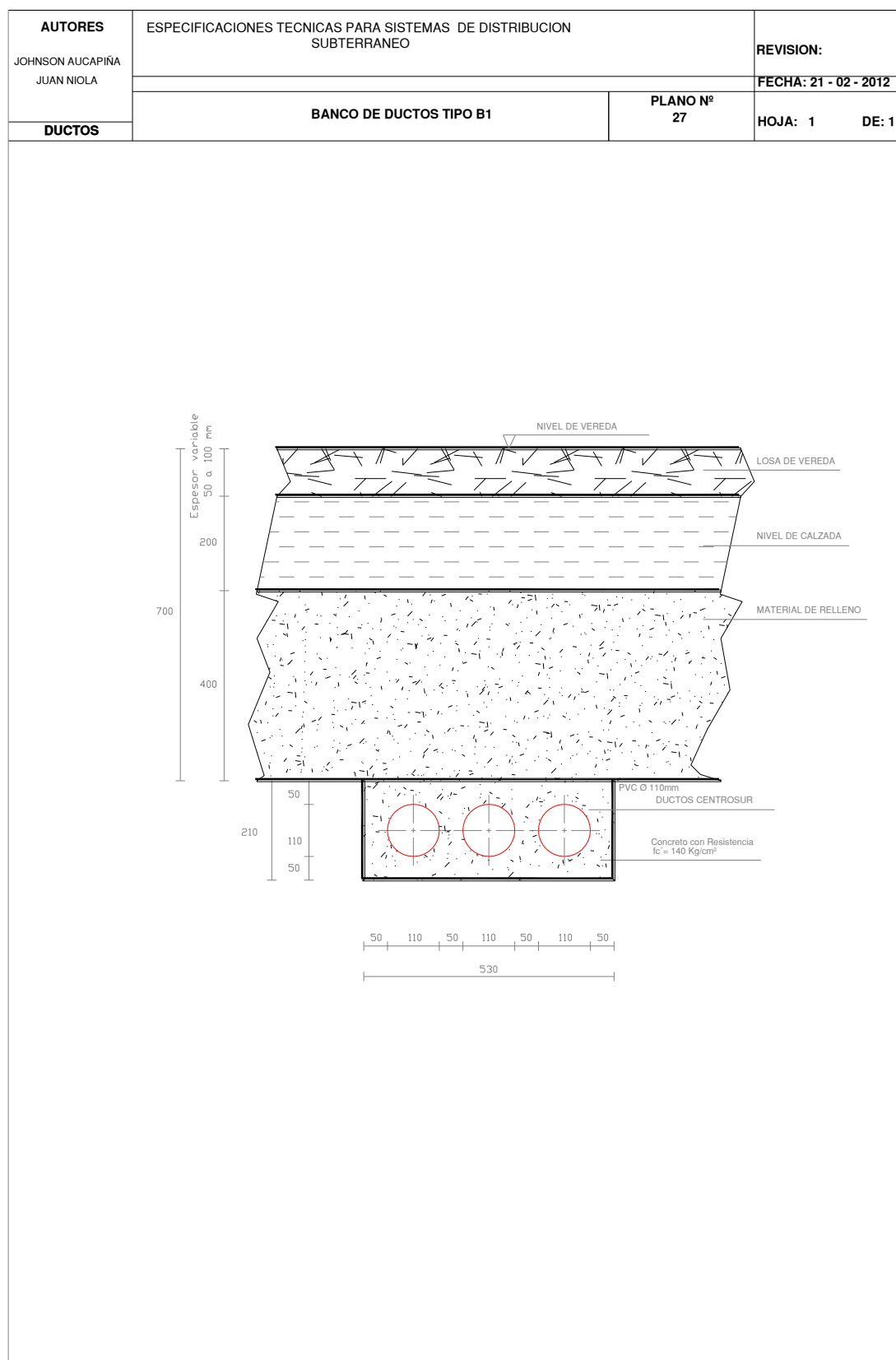


2.2.1.2.8 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA OBRA CIVIL DE DUCTOS SOBRE LA CALZADA.

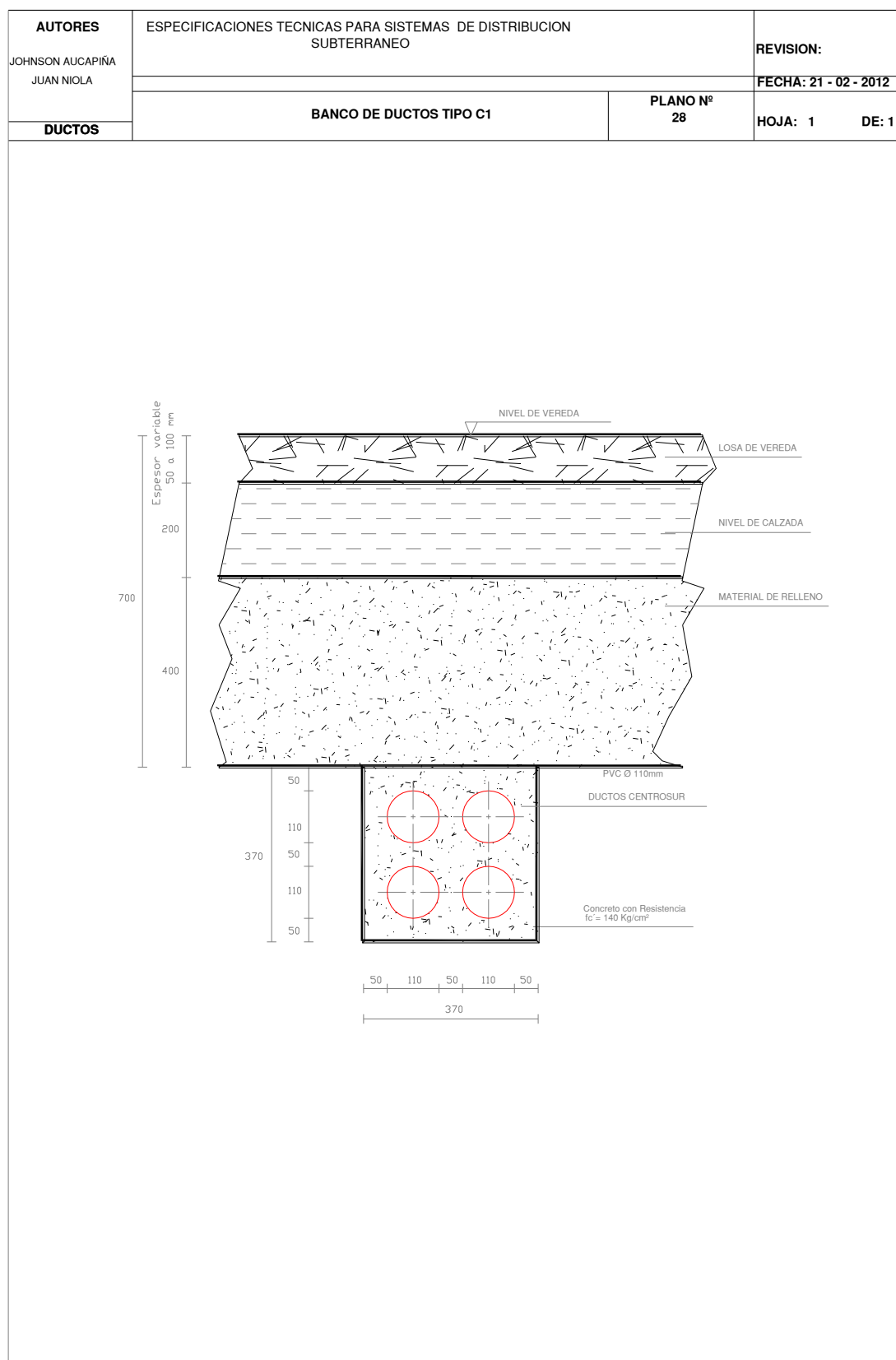
2.2.1.2.8.1 Banco de Ducto Tipo A1 para la colocación de 2 ductos.



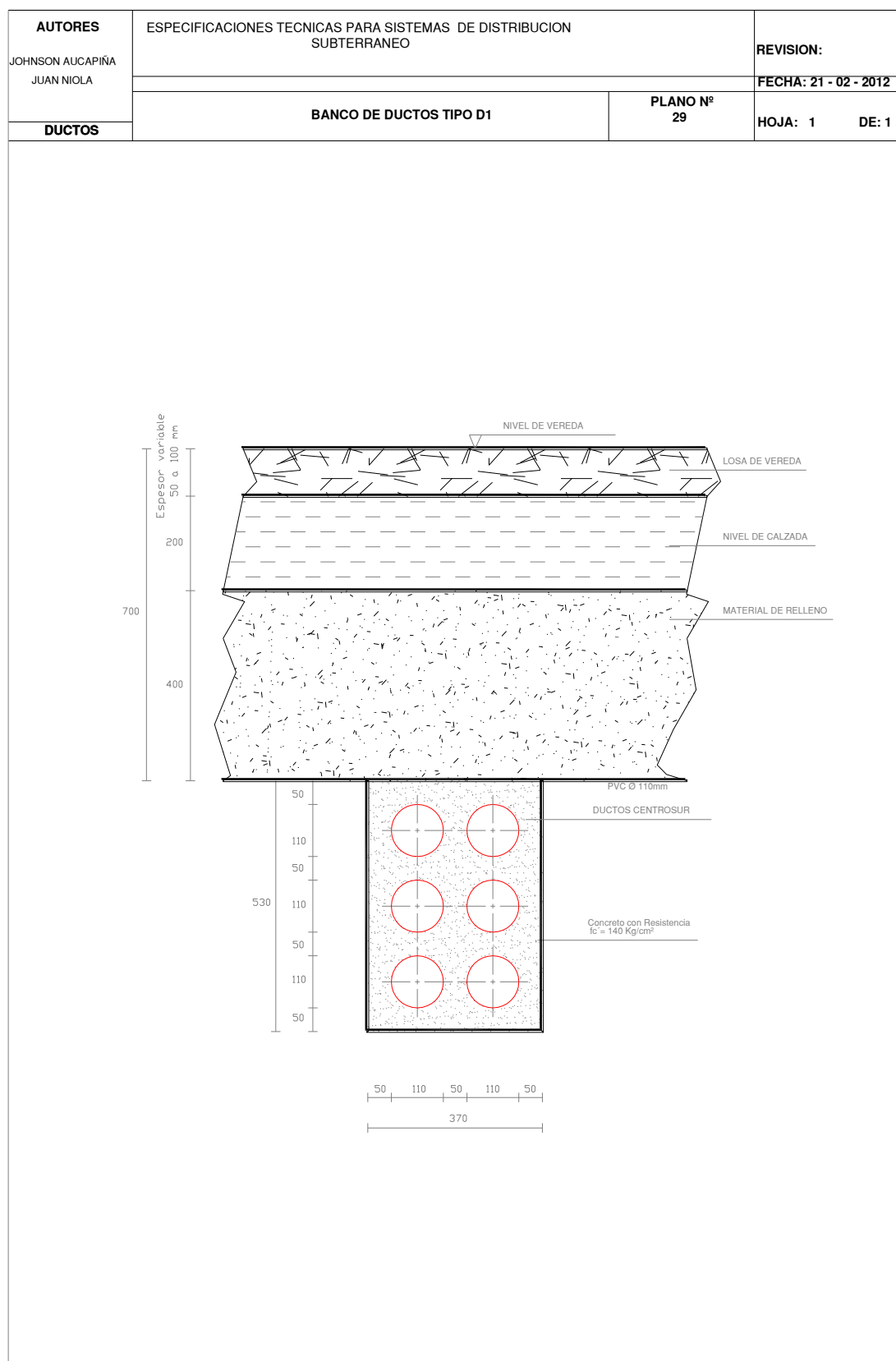
2.2.1.2.8.2 Ducto Tipo B1 para la colocación de 3 ductos, ubicado en la cazada.



2.2.1.2.8.3 Banco de Ducto Tipo C1 para la colocación de 4 ductos.



2.2.1.2.8.4 Banco de Ducto Tipo D1 para la colocación de 6 ductos.



2.2.1.2.8.5 Banco de Ducto Tipo E1 para la colocación de 9 ductos.

AUTORES	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO		REVISION:
JOHNSON AUCAPIÑA			FECHA: 21 - 02 - 2012
JUAN NIOLA			
	BANCO DE DUCTOS TIPO E1	PLANO N° 30	HOJA: 1 DE: 1
DUCTOS			

Technical drawing showing the cross-section of a Type E1 duct bank installation. The diagram illustrates the layers and dimensions of the structure.

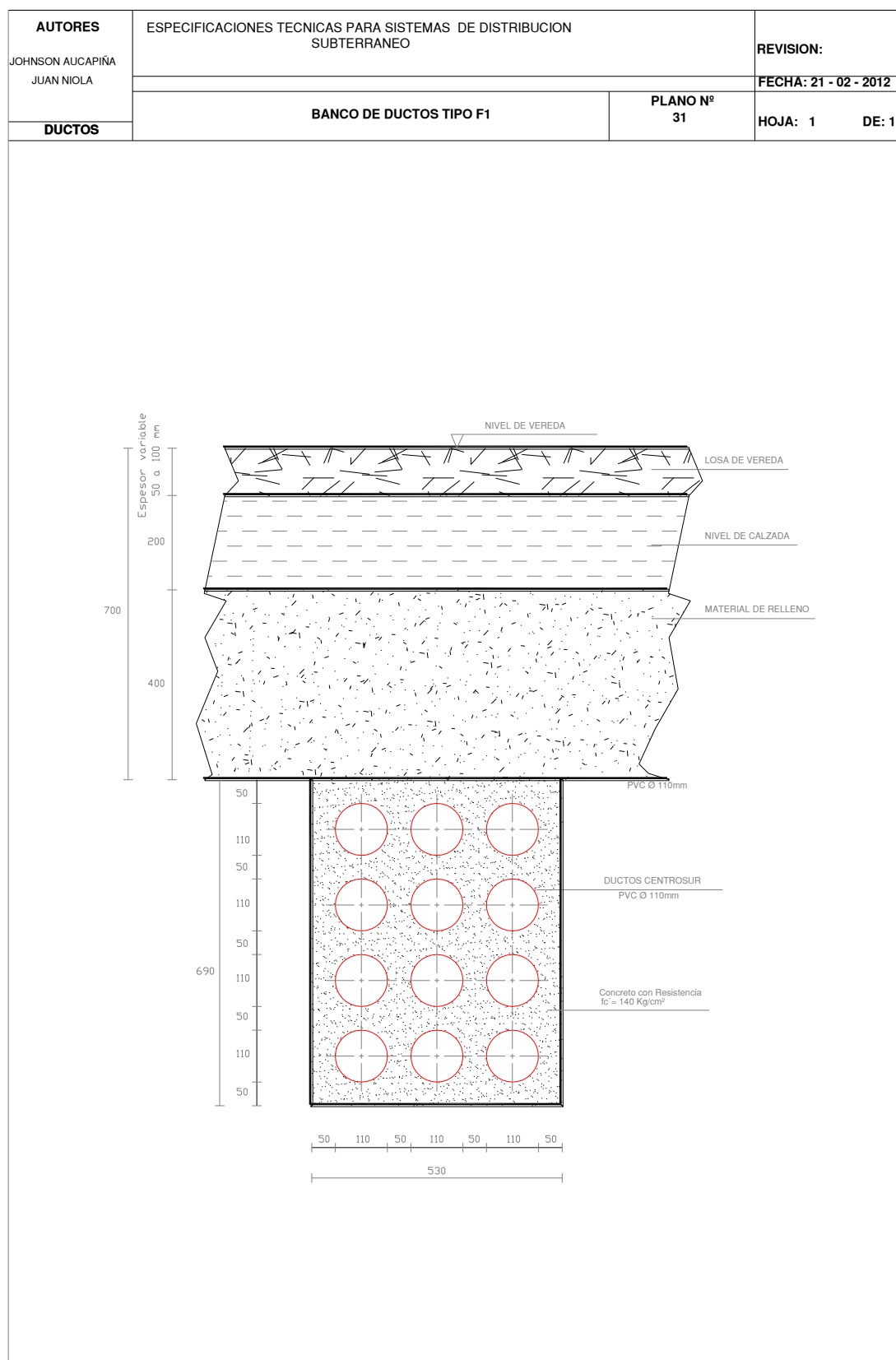
Layers and Dimensions:

- NIVEL DE VEREDA:** Sidewalk level.
- LOSA DE VEREDA:** Sidewalk slab.
- NIVEL DE CALZADA:** Road level.
- MATERIAL DE RELLENO:** Filling material.
- PVC Ø 110mm:** PVC pipes.
- DUCTOS CENTROSUR:** Ducts.
- Concreto con Resistencia $f'_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$:** Concrete with strength $f'_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$.

Dimensions:

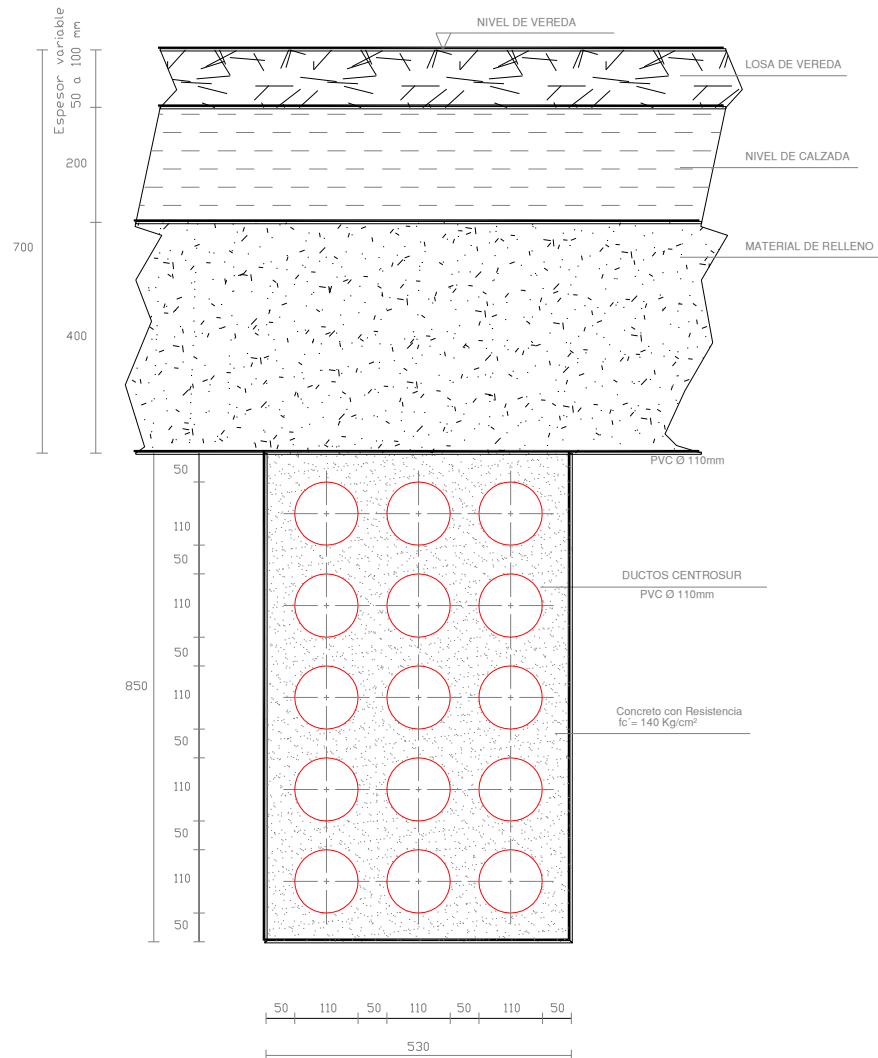
- Vertical dimensions (mm): 700 (total height), 50 (sidewalk slab), 200 (road level), 400 (filling material), 50 (concrete base), 110 (duct spacing).
- Horizontal dimensions (mm): 50, 110, 50, 110, 50, 110, 50 (duct bank width), 530 (total width).

2.2.1.2.8.6 Banco de Ducto Tipo F1 para la colocación de 12 ductos.



2.2.1.2.8.7 Banco de Ducto Tipo G1 para la colocación de 15 ductos.

AUTORES	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO		REVISION:
JOHNSON AUCAPIÑA JUAN NIOLA			FECHA: 21 - 02 - 2012
	BANCO DE DUCTOS TIPO G1	PLANO Nº 32	HOJA: 1 DE: 1
DUCTOS			



2.2.1.2.9 EXCAVACIÓN PARA POZOS DE REVISION

- Las excavaciones para los pozos dependerán de las dimensiones y tipos de pozos que se vayan a utilizar en las redes subterráneas y serán los que se detallan en los Planos de construcción de la Obra Civil que están a continuación.
- Si existe inestabilidad del suelo o bajo valor portante, se requerirá incrementar las dimensiones de la excavación para después realizar la reposición con un material de préstamo.
- Todas las excavaciones deben protegerse con cerramiento, entibados o con cubiertas resistentes y movibles para evitar accidentes.
- En general, las excavaciones deben permanecer expuestas el menor tiempo posible.
- En ningún caso este tiempo debe ser mayor a cuatro días. El Contratista será responsable de la estabilidad de la excavación.
- La rasante final de excavación para toda estructura (pozos o ductos) será compactada previo al trabajo de replantillo u colocación de hormigón.

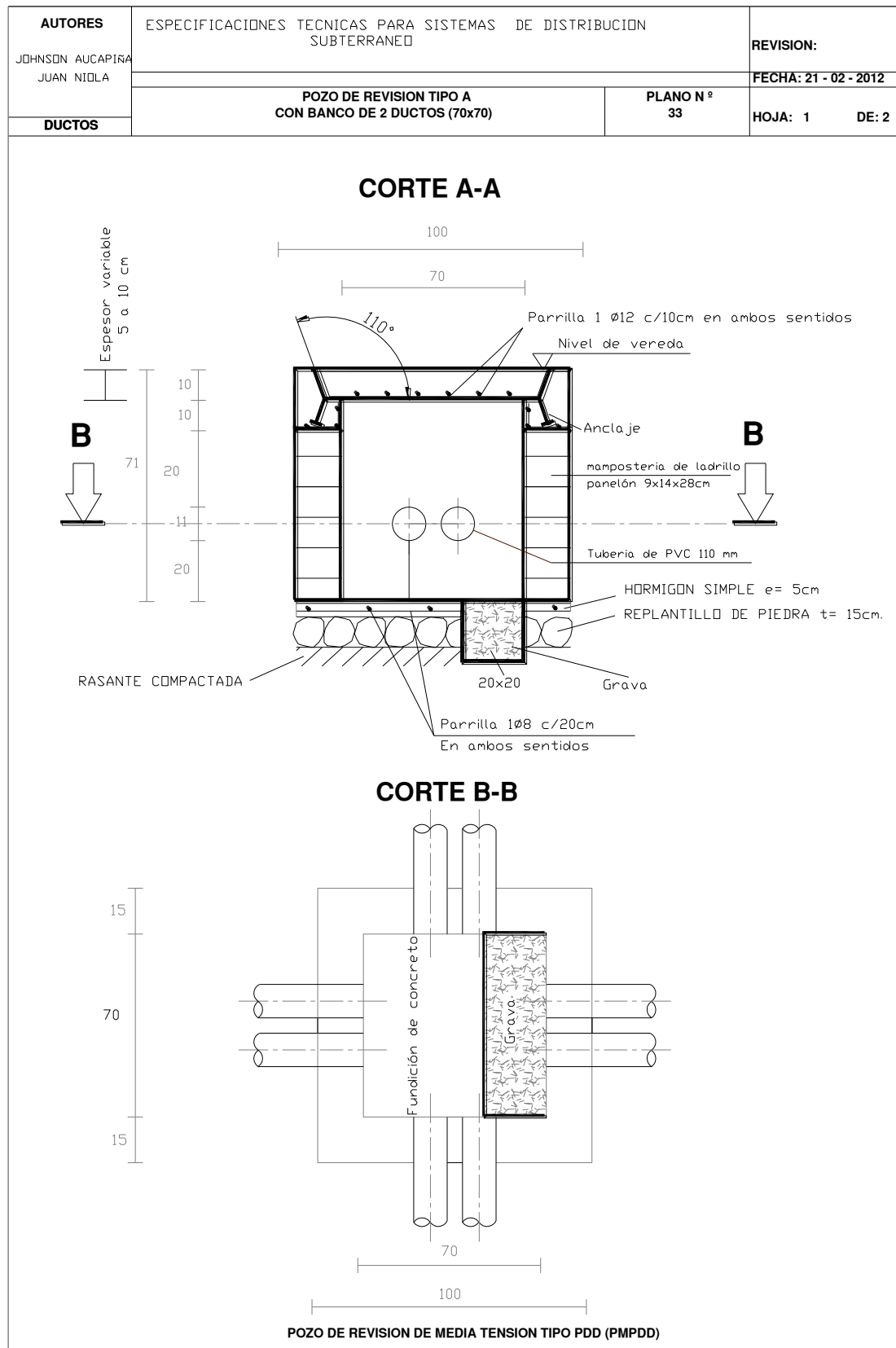
2.2.1.2.10 POZOS DE REVISION

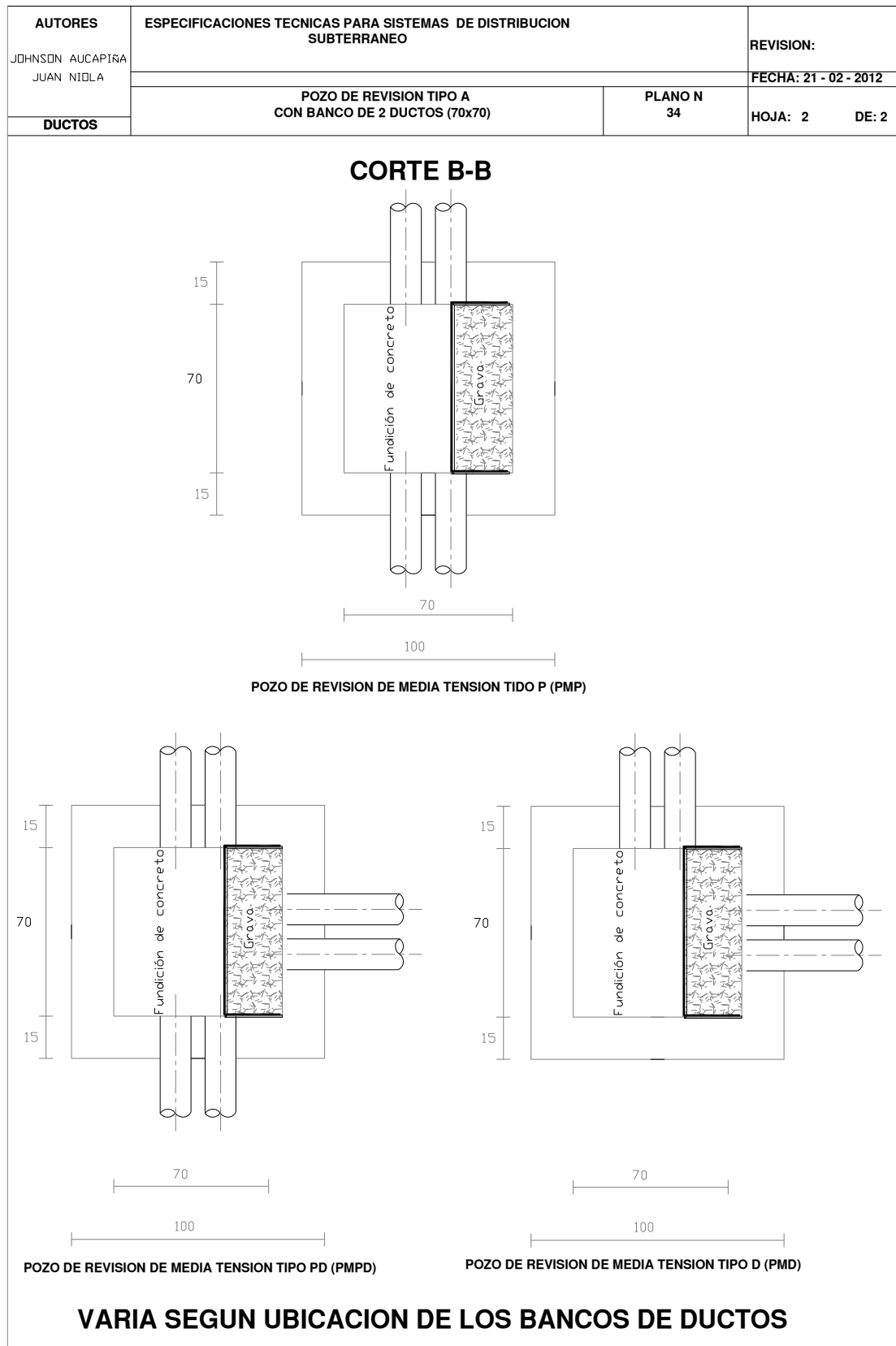
- Los pozos para las derivaciones, ángulos y de pasada de los bancos de ductos serán con paredes de hormigón armado o de mampostería de ladrillo con tapas de hormigón, en las dimensiones y detalles que se indican en los *Planos 33 al 56*.
- Los pozos con paredes de mampostería de ladrillo, se utilizarán para los ángulos y de pasada para disminuir la distancia entre ellos.
- Se construirán según las dimensiones y en los sitios indicados en las especificaciones.

- Serán de mampostería de ladrillo y sus paredes interiores enlucidas con mortero 1:3 y alisadas con cemento, en casos particulares y según lo indique la Fiscalización, serán de hormigón.
- El piso de los pozos estará constituido por replantillo de piedra y loseta de hormigón de 5 cm de espesor.
- Las tapas de las cajas serán de hormigón armado.
- Las tapas tendrán un marco y brocal metálico. El espesor de la losa de la tapa será de 7,5 cm.
- En las paredes de los pozos se empotrarán los elementos necesarios (varillas de acero) para el soporte de cables de acuerdo a lo indicado en los Planos pozos de distribución.
- En las esquinas y cambios de dirección, los pozos tendrán formas especiales según el ángulo que forme el banco de ductos.
- En la losa de piso del pozo, se dará la inclinación necesaria, para drenaje hacia un cajón sin hormigón, relleno de material filtrante para la evacuación del agua que penetre a los pozos. Este cajón se realizará cuando no fuere posible la el drenaje del pozo al alcantarillado de la calle o avenida.
- En las calles y veredas en donde se construyen los ductos, generalmente existen instalaciones de agua potable, alcantarillado, teléfonos, energía eléctrica, etc., por lo cual, durante la construcción se deberá consultar con las entidades responsables de estos servicios y contar con los planos correspondientes de las obras de infraestructura previstas.

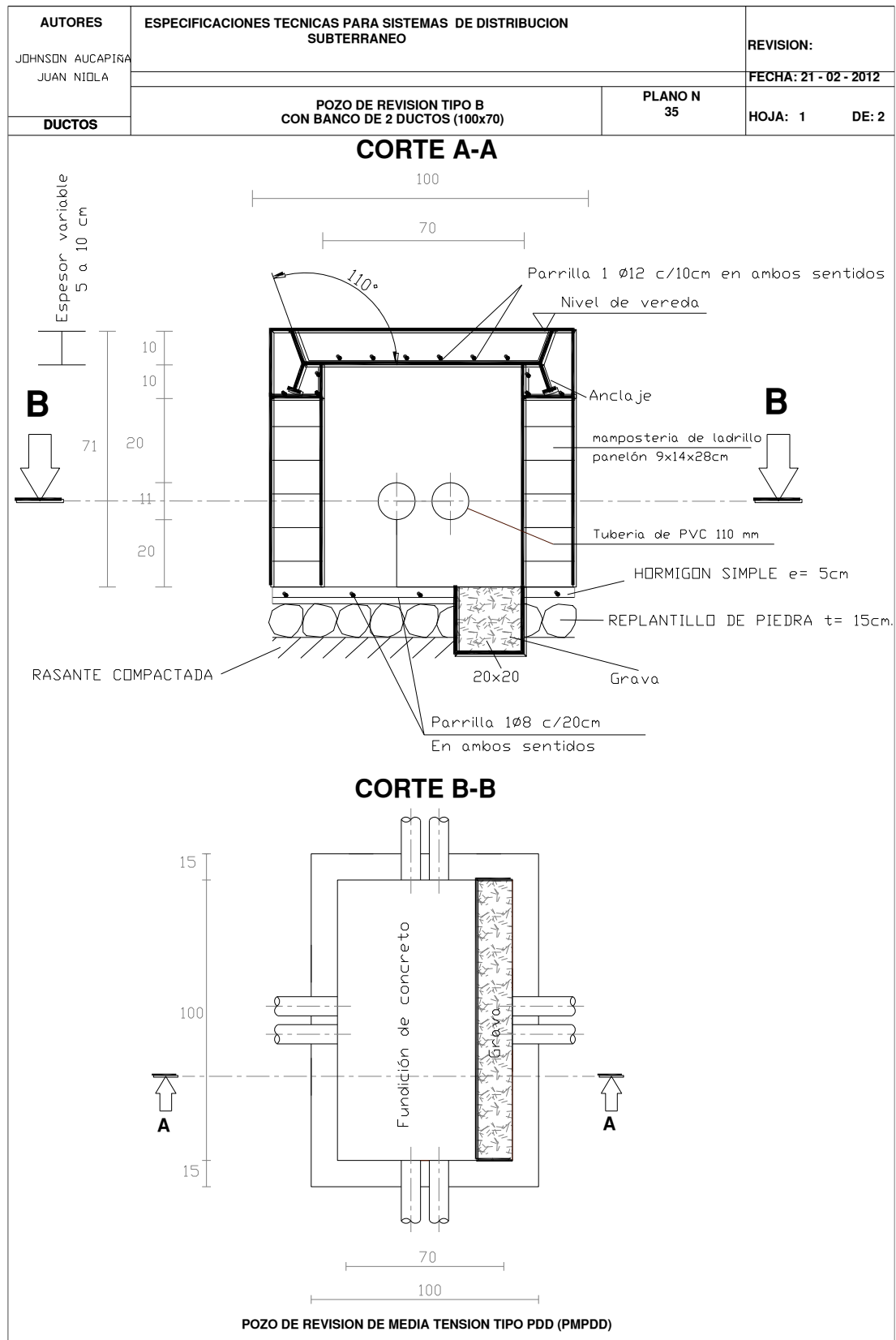
2.2.1.2.11 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA OBRA CIVIL DE POZOS.

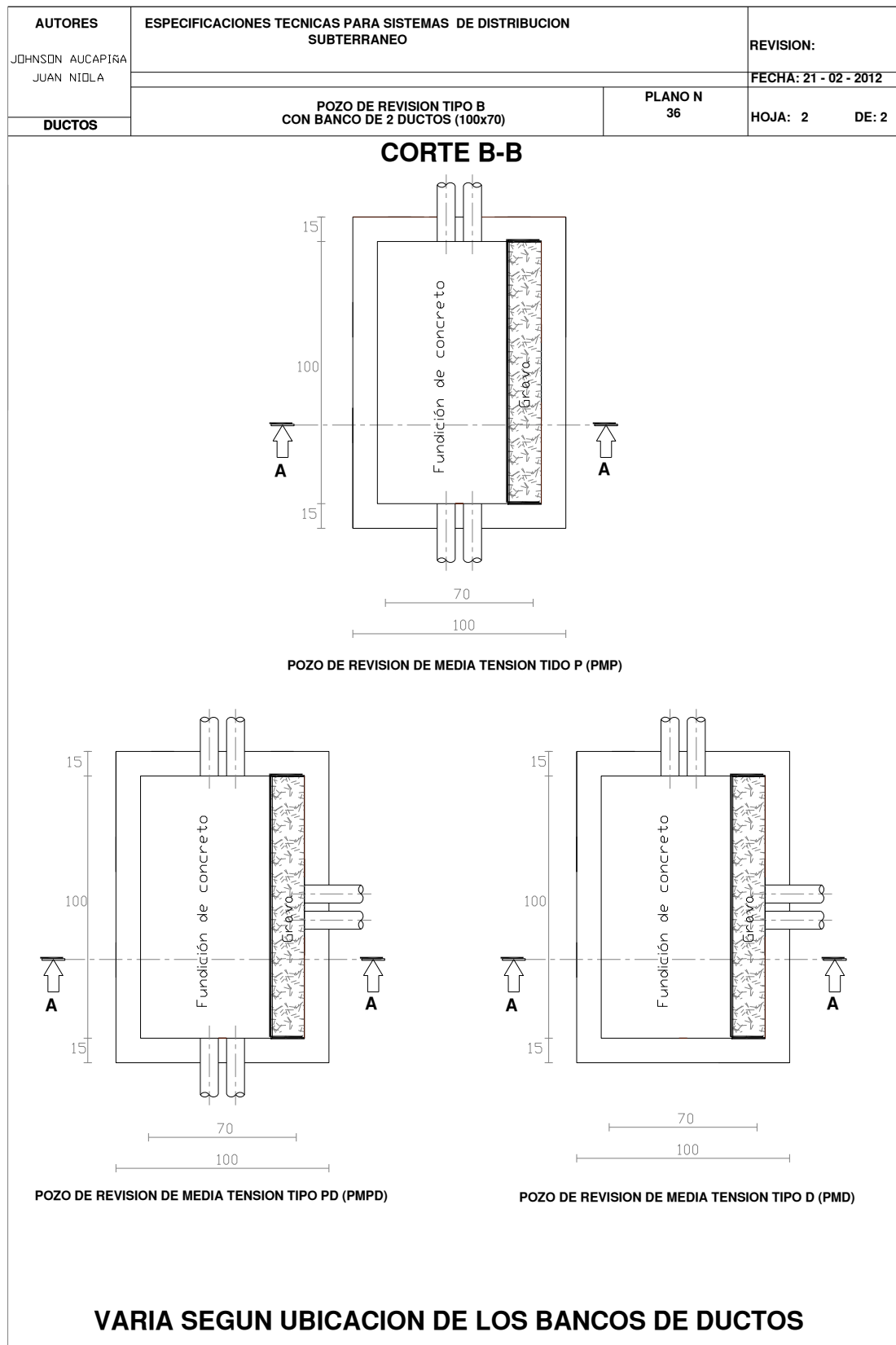
2.2.1.2.11.1 Pozo de revisión de Tipo A con banco de 2 Ductos de 70 x 70.



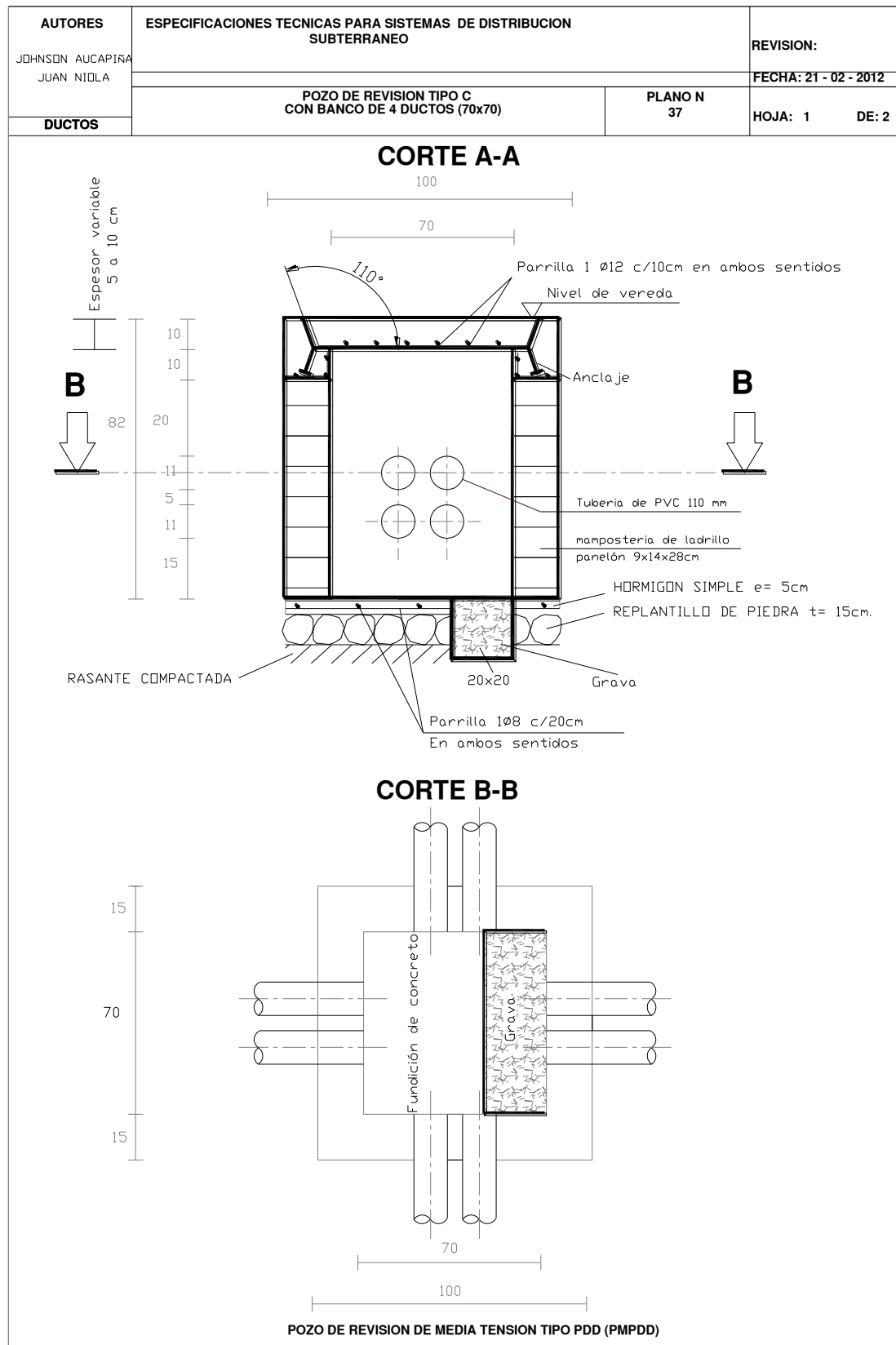


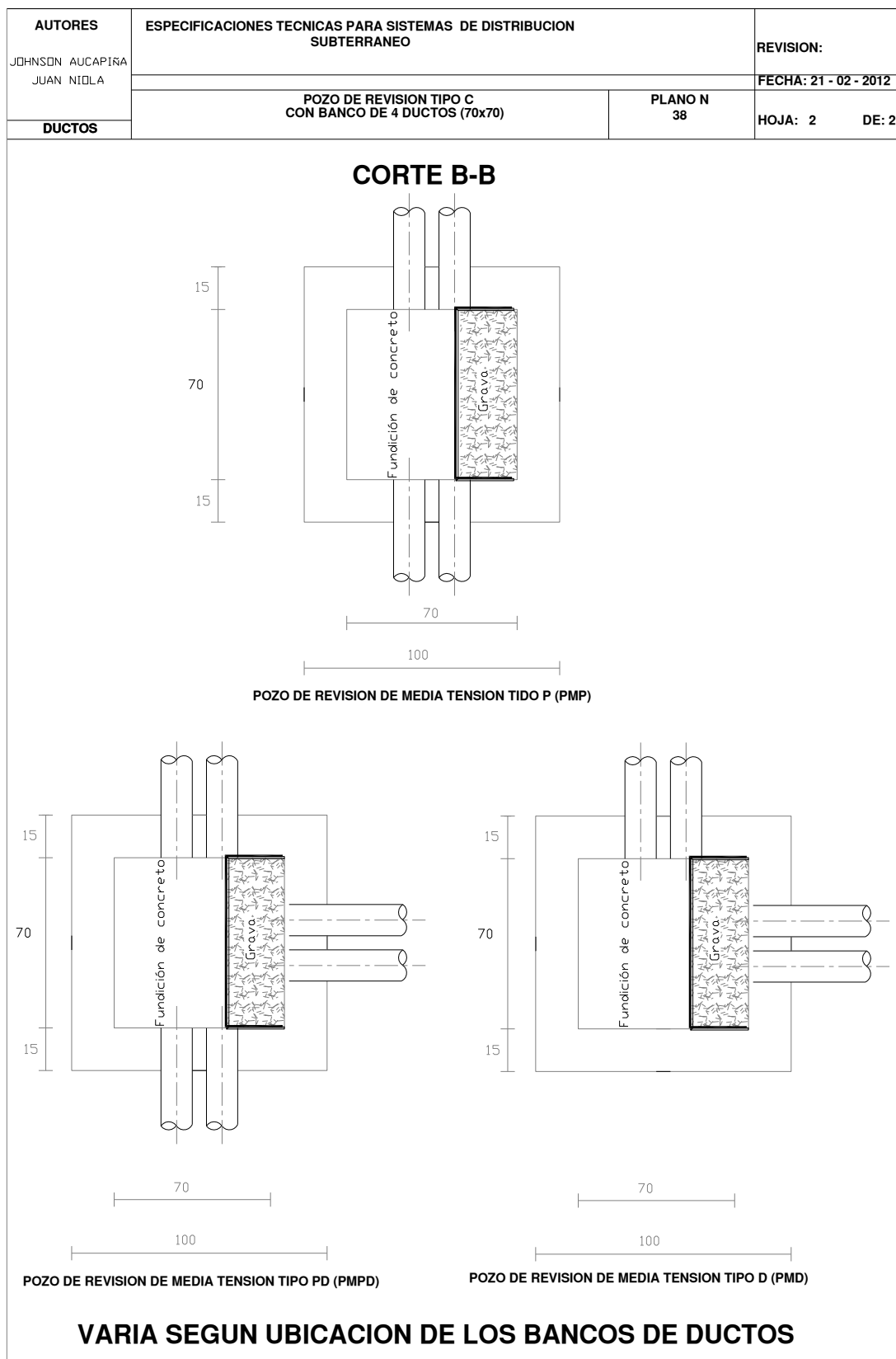
2.2.1.2.11.2 Pozo de revisión de Tipo B con banco de 2 Ductos de 100 x 70.



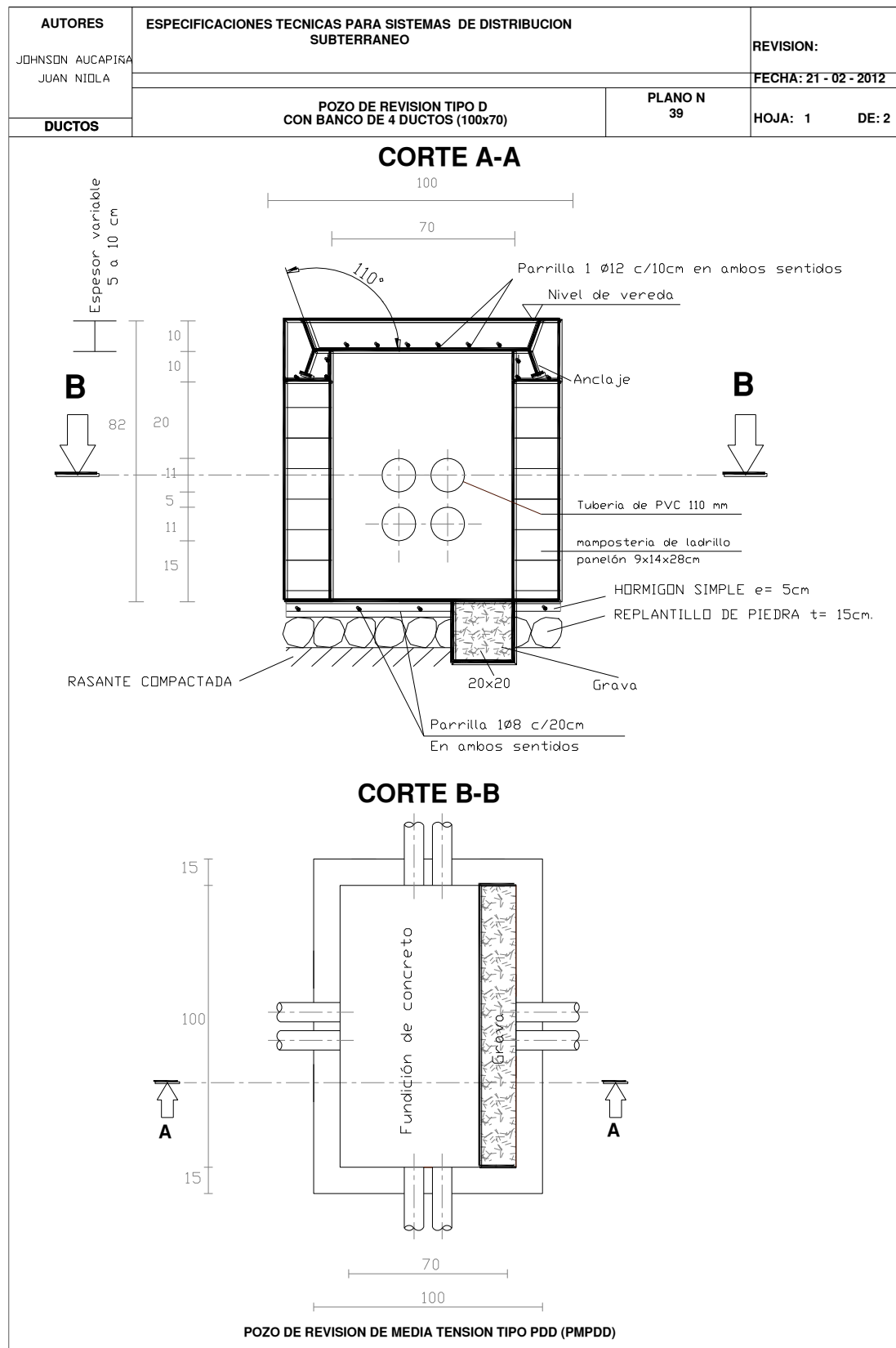


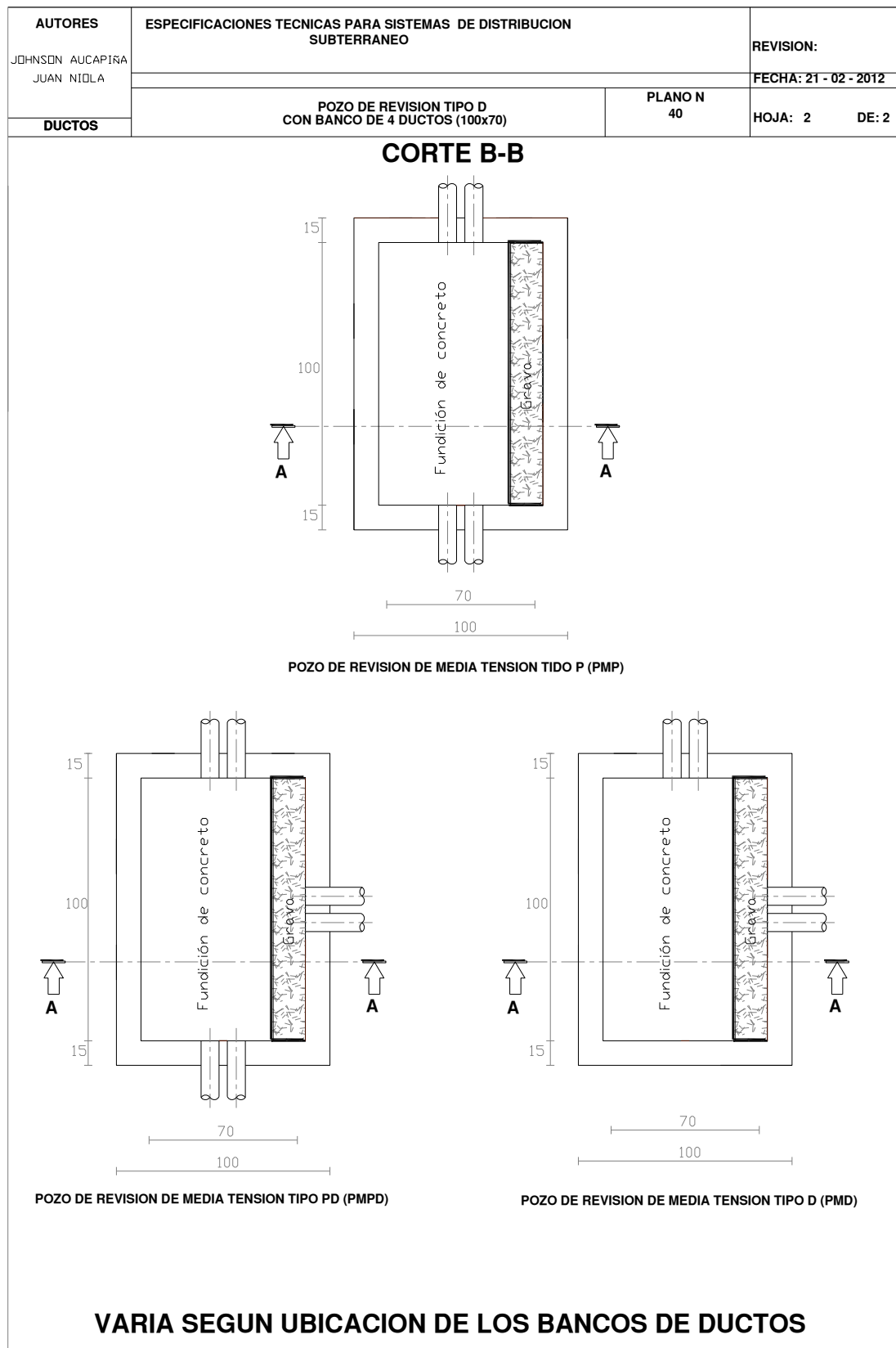
2.2.1.2.11.3 Pozo de revisión de Tipo C con banco de 4 Ductos DE 70 x 70.



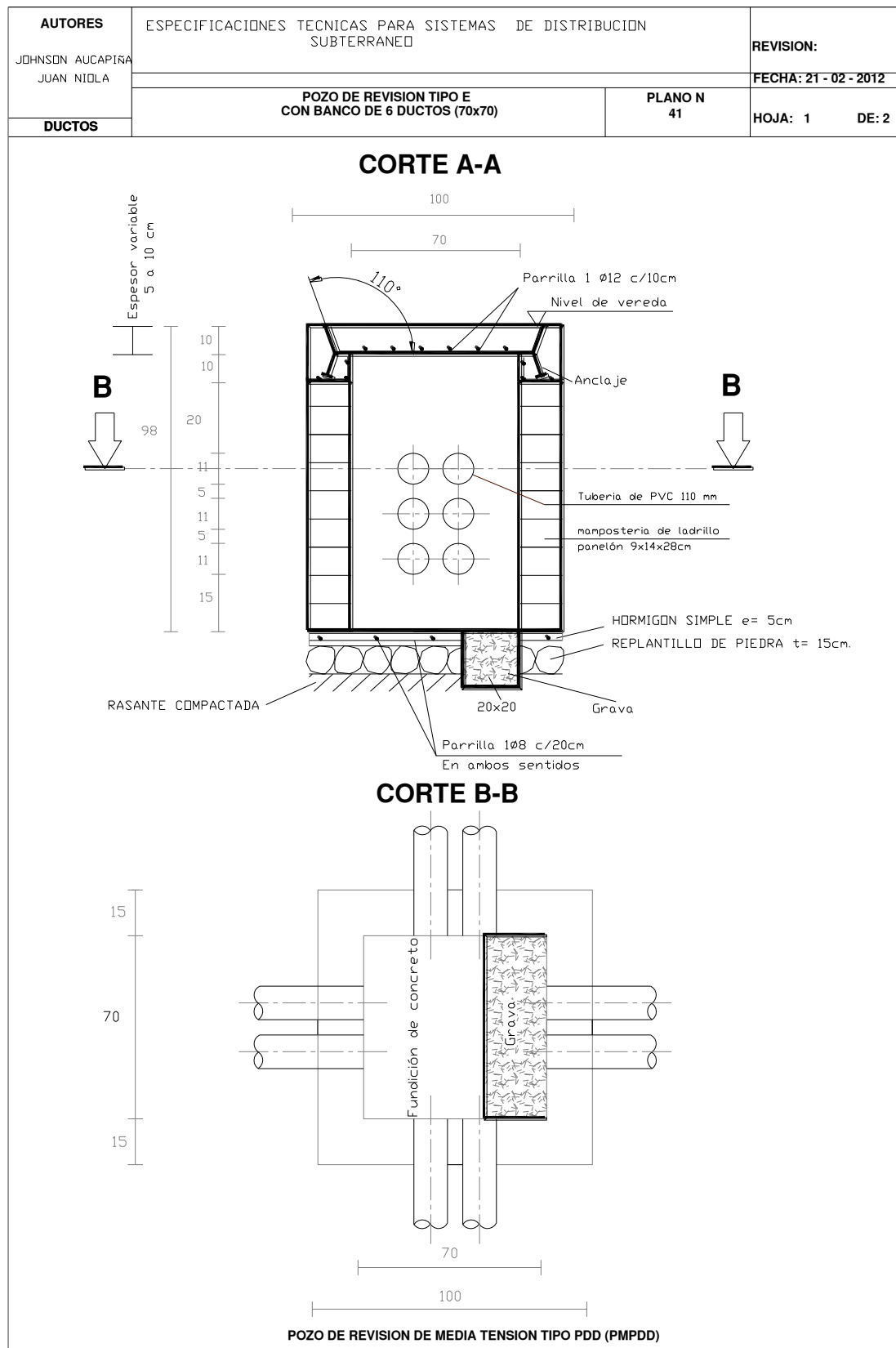


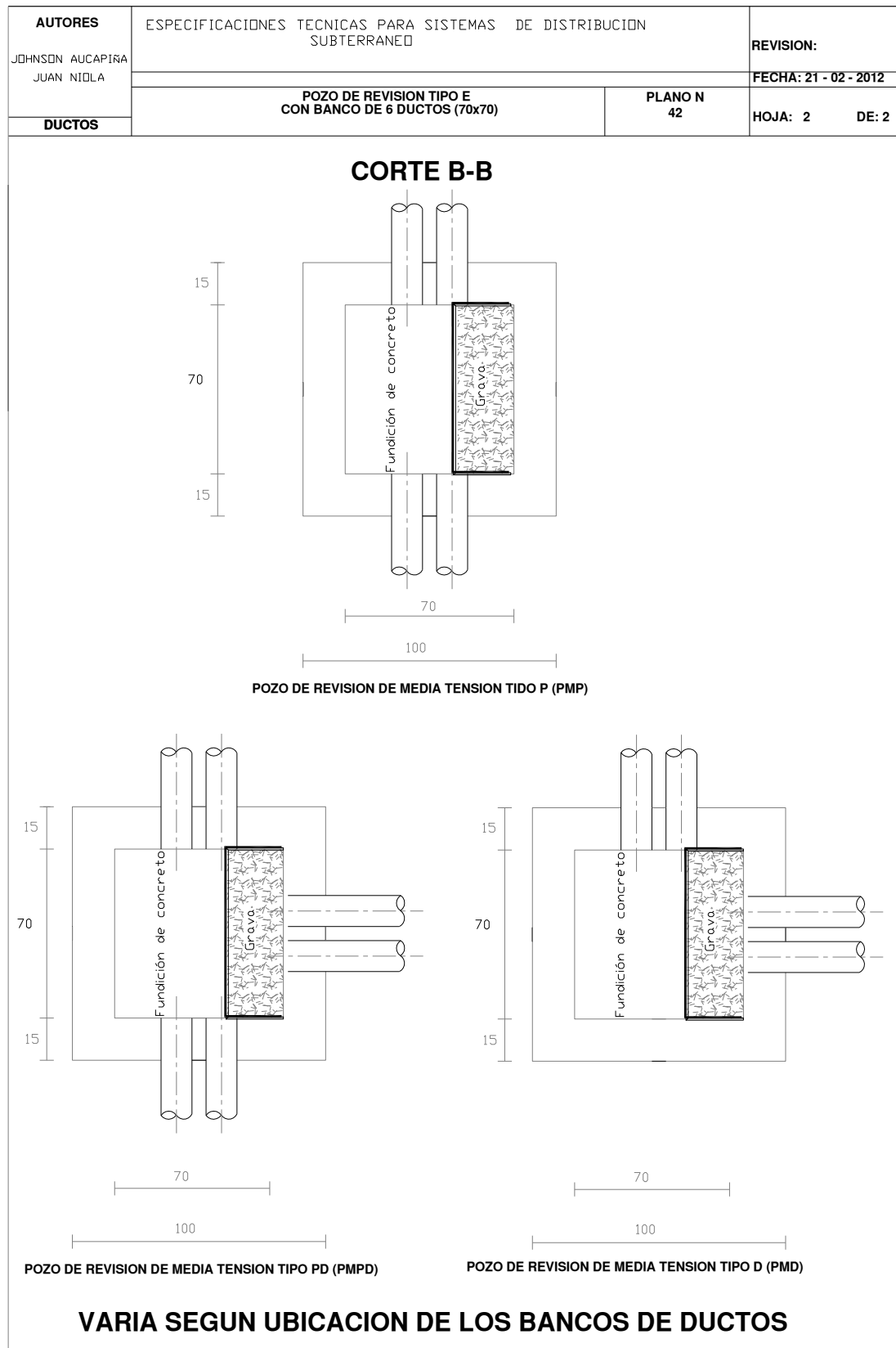
2.2.1.2.11.4 Pozo de revisión de Tipo D con banco de 4 Ductos DE 100 x 70.



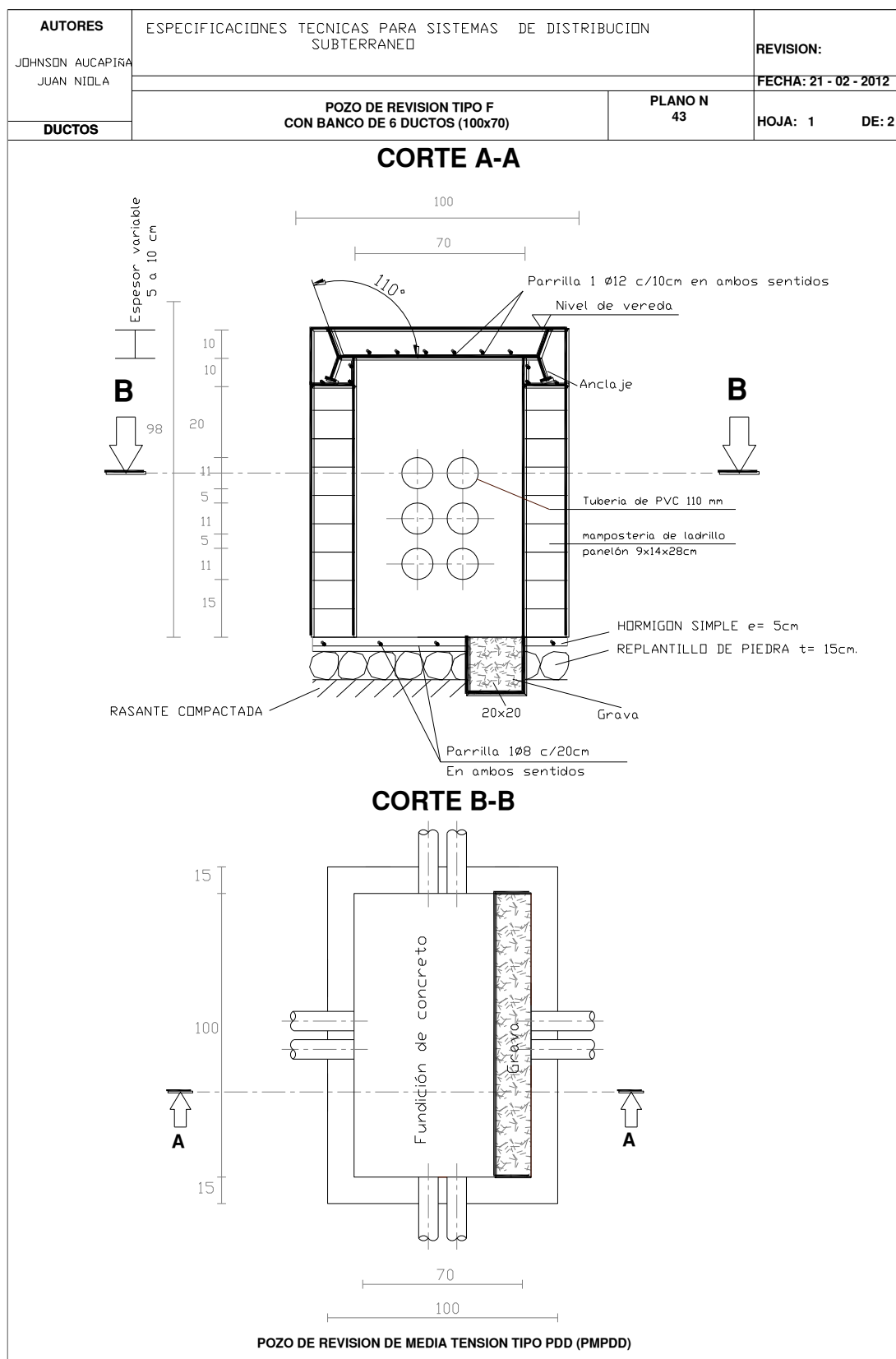


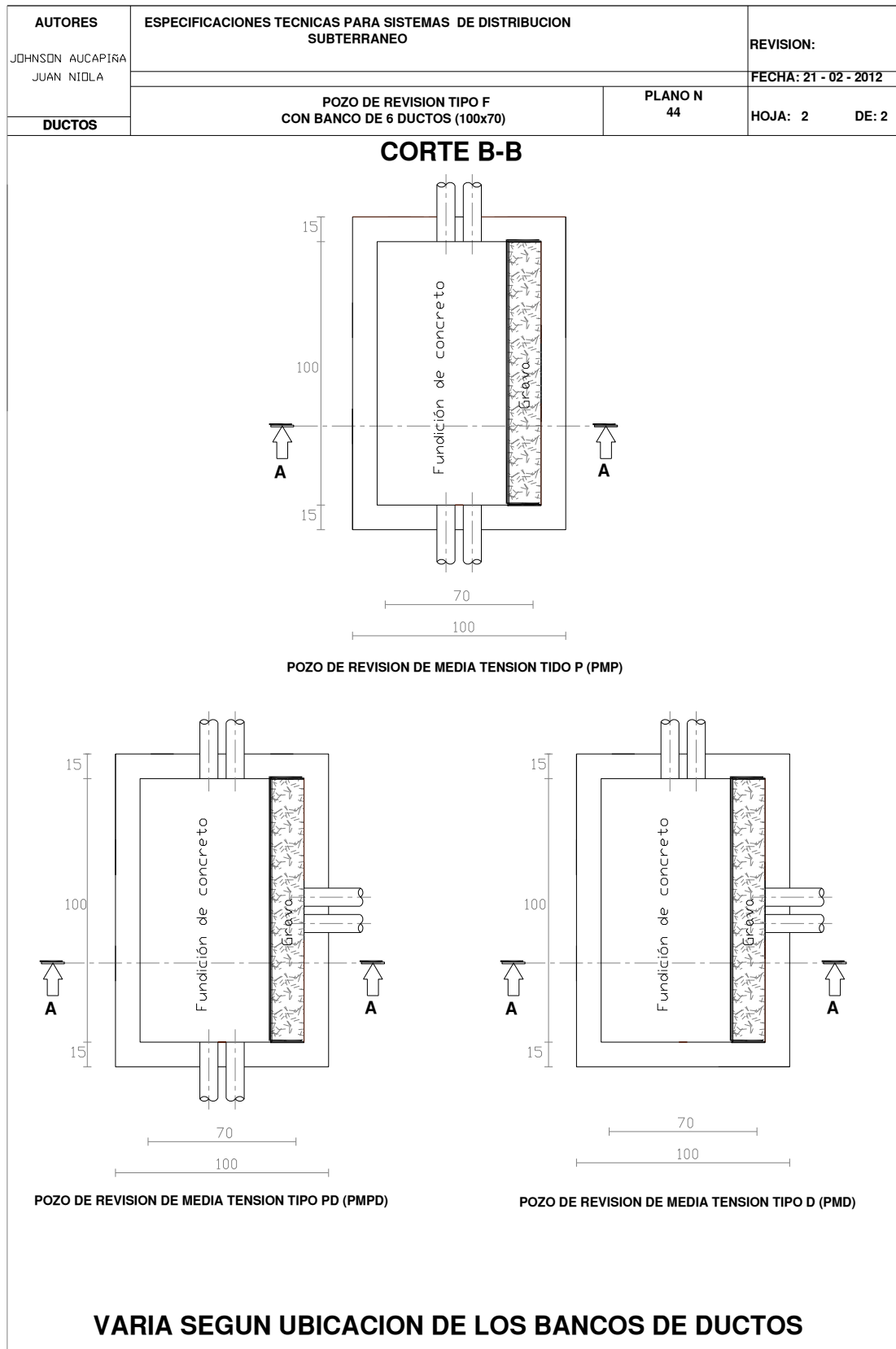
2.2.1.2.11.5 Pozo de revisión de Tipo E con banco de 6 Ductos de 70 x 70.





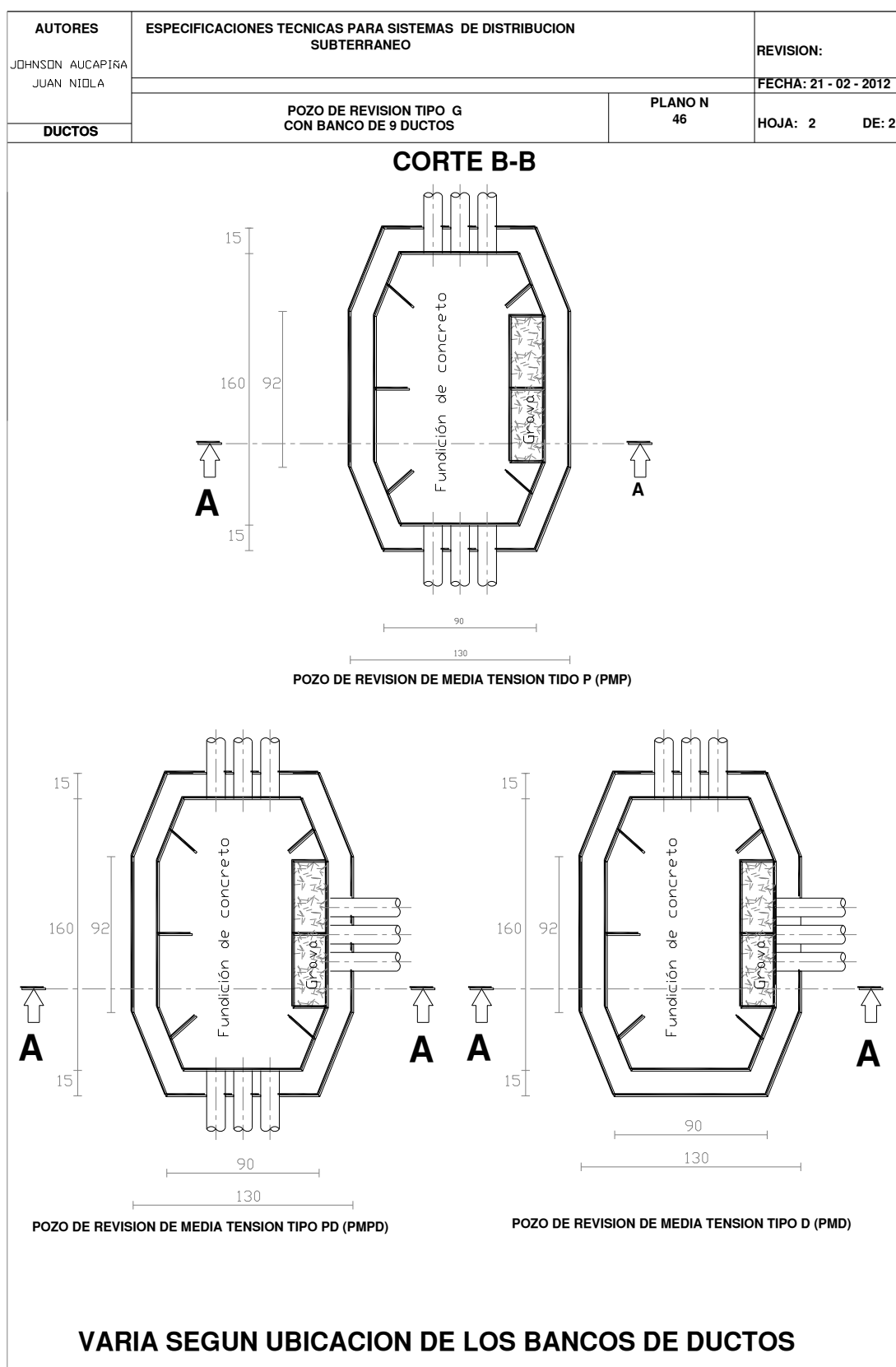
2.2.1.2.11.6 Pozo de revisión de Tipo F con banco de 6 Ductos de 100 x 70.



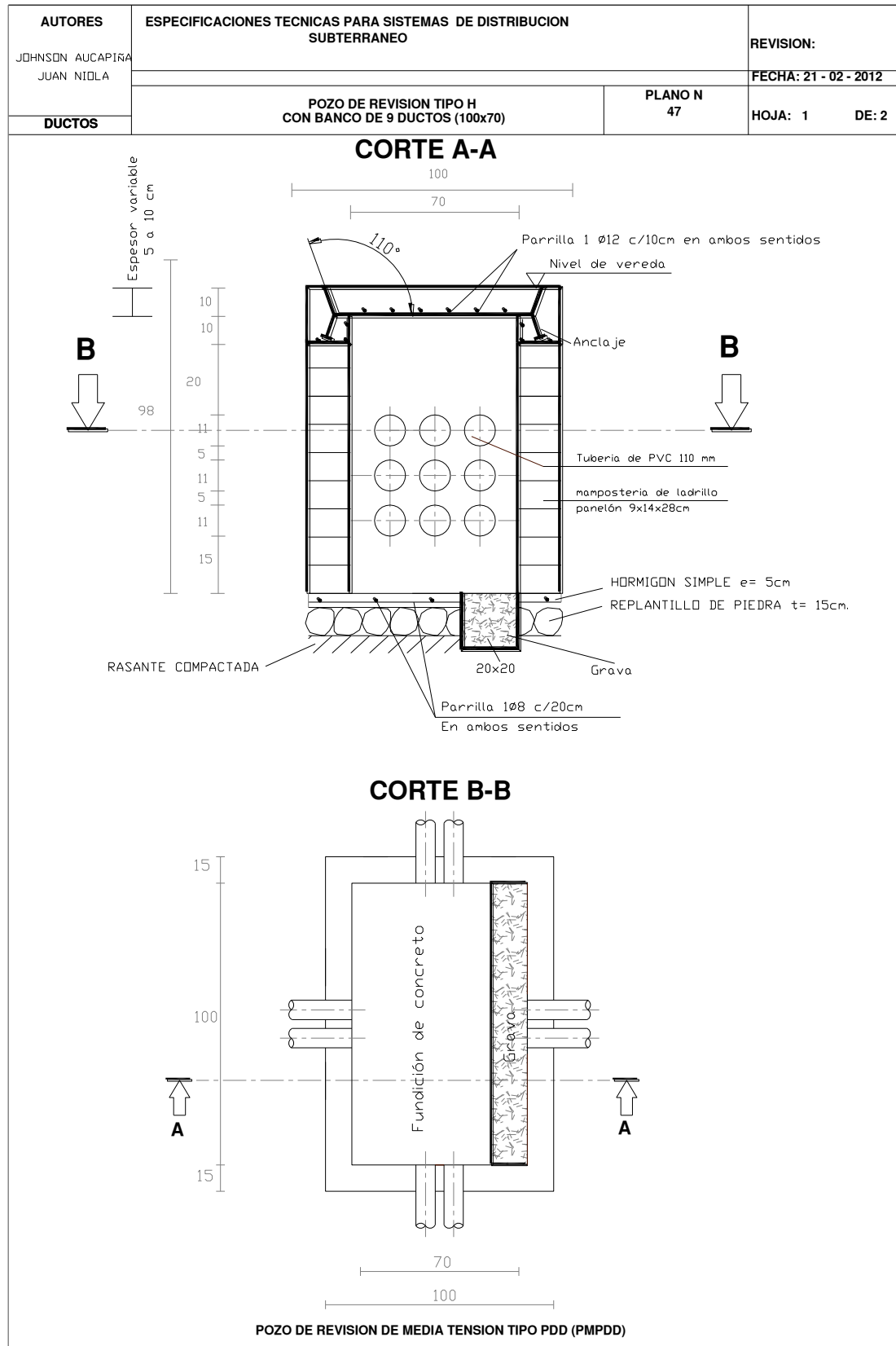


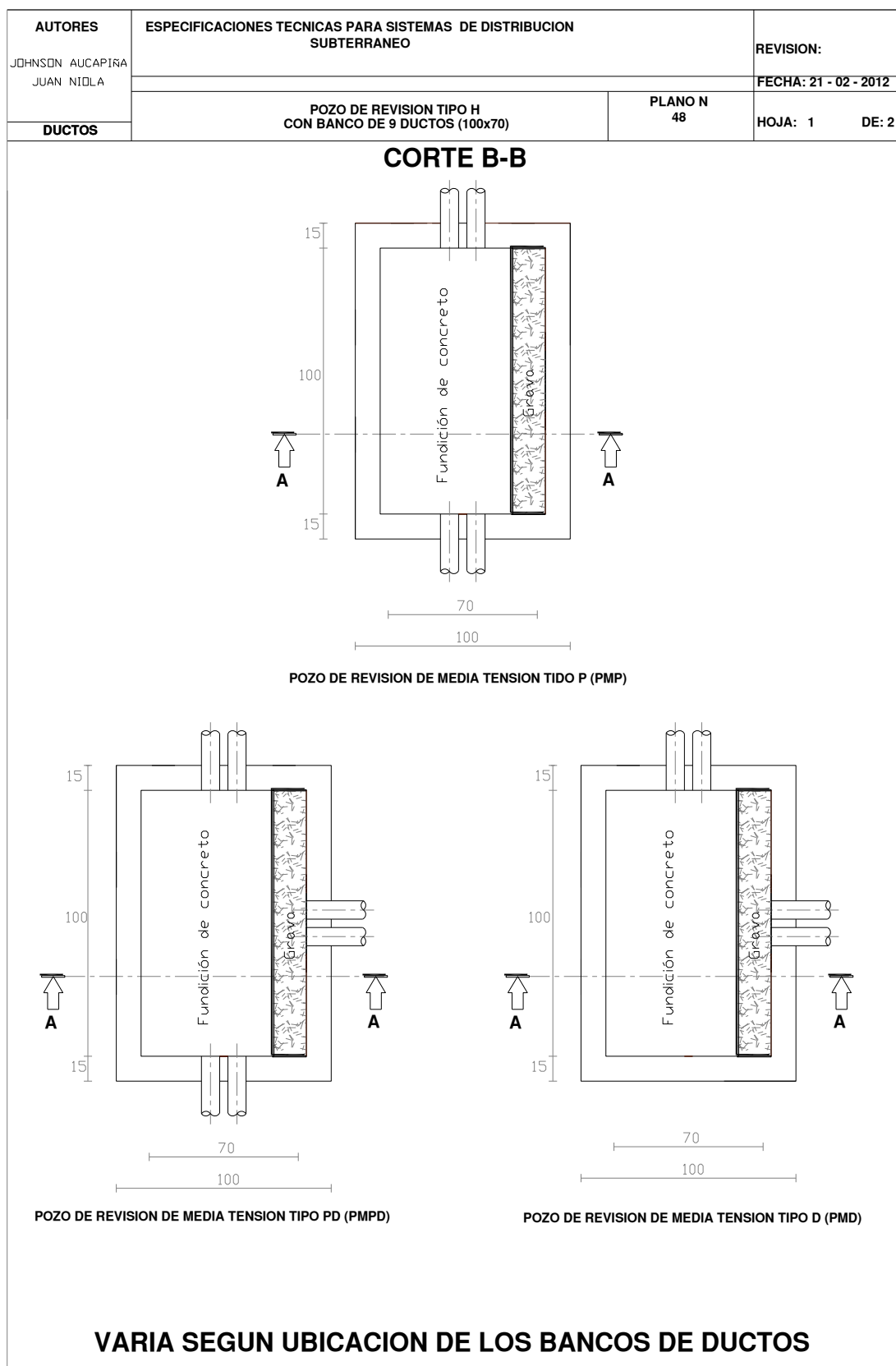
2.2.1.2.11.7 Pozo de revisión de Tipo G con banco de 9 Ductos, para salida de Alimentadores y/o empalmes de Medio Voltaje.

[illegible]

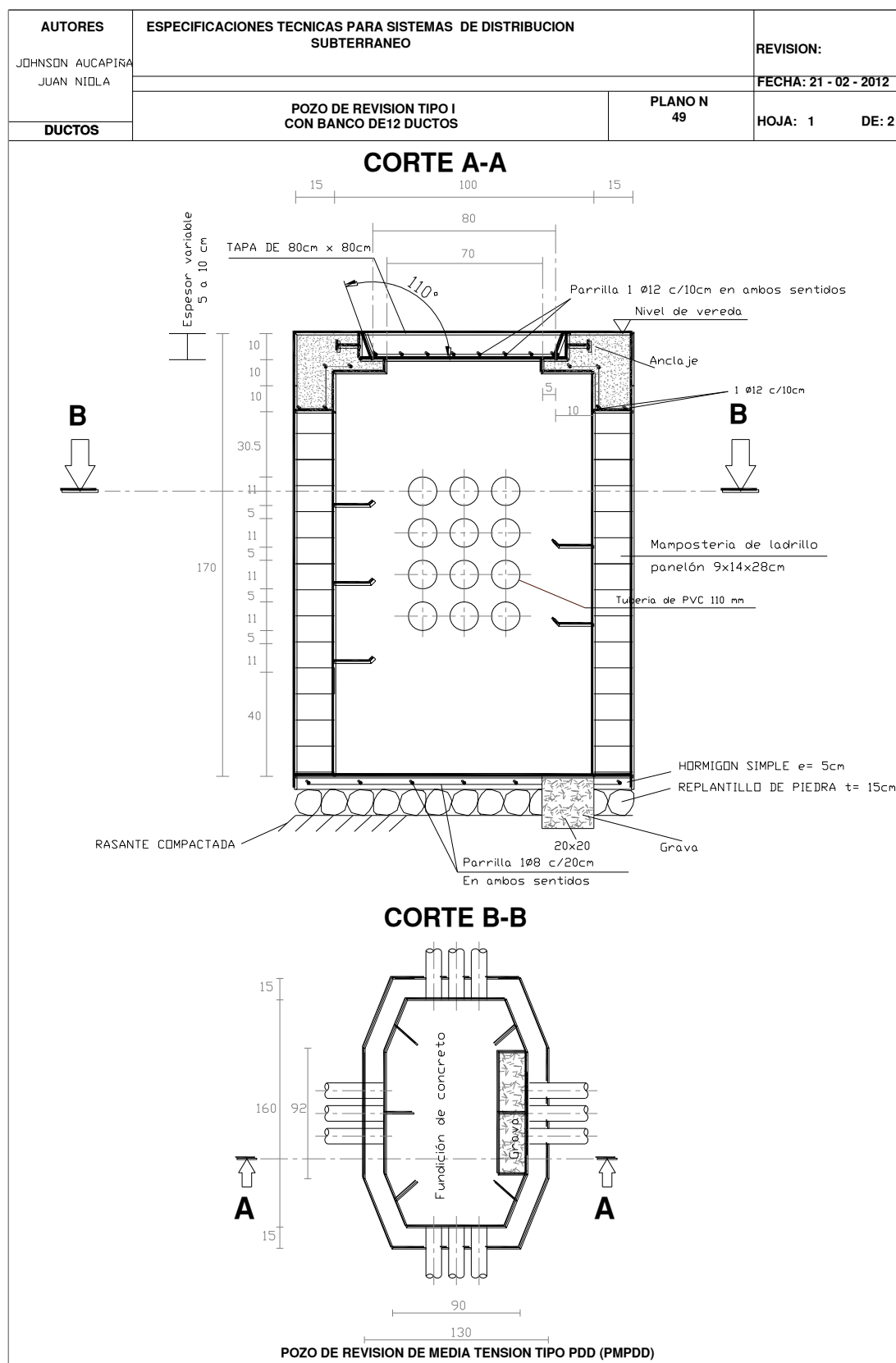


2.2.1.2.11.8 Pozo de revisión de Tipo H con banco de 9 Ductos de 100 X 70.

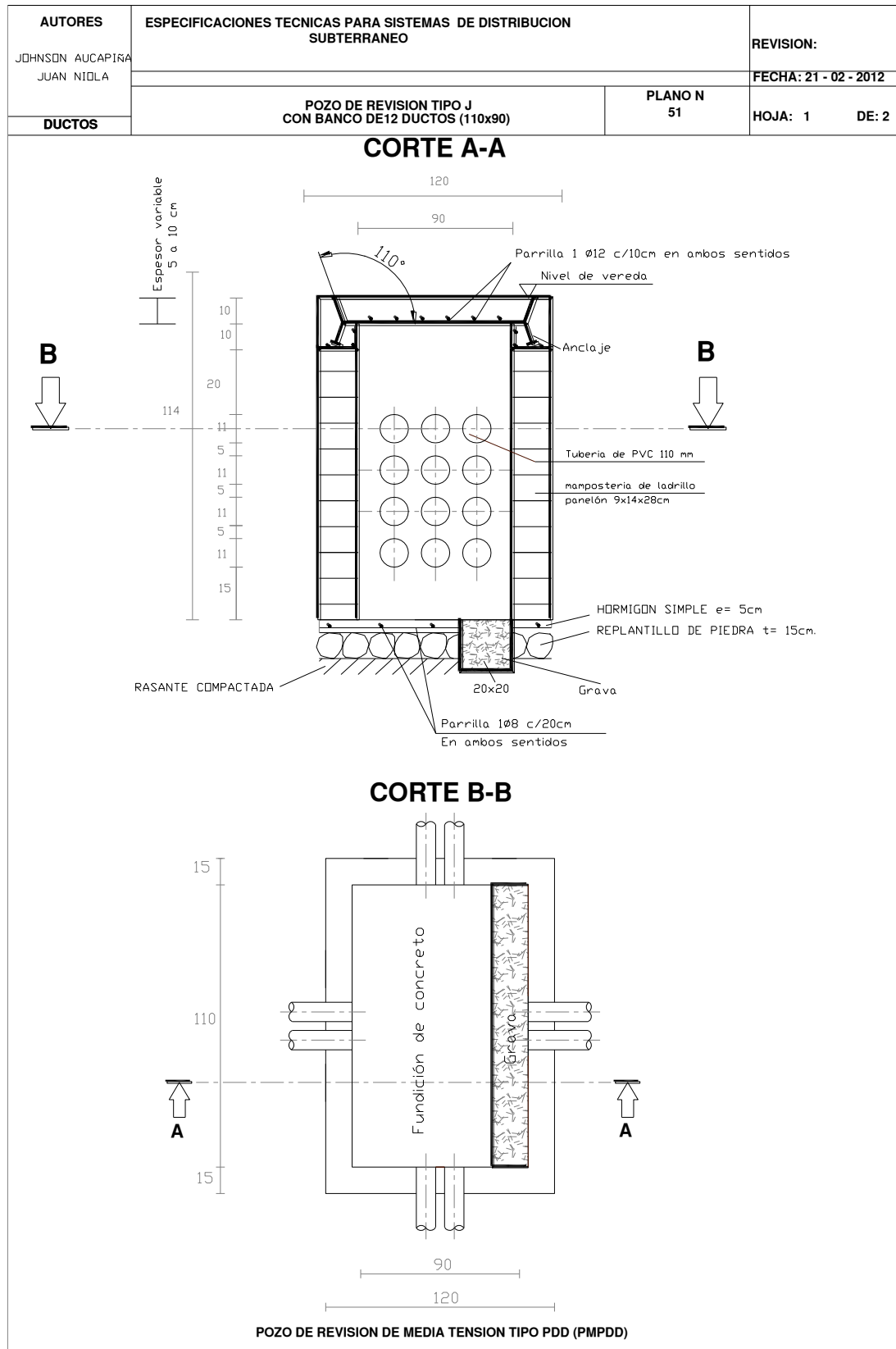


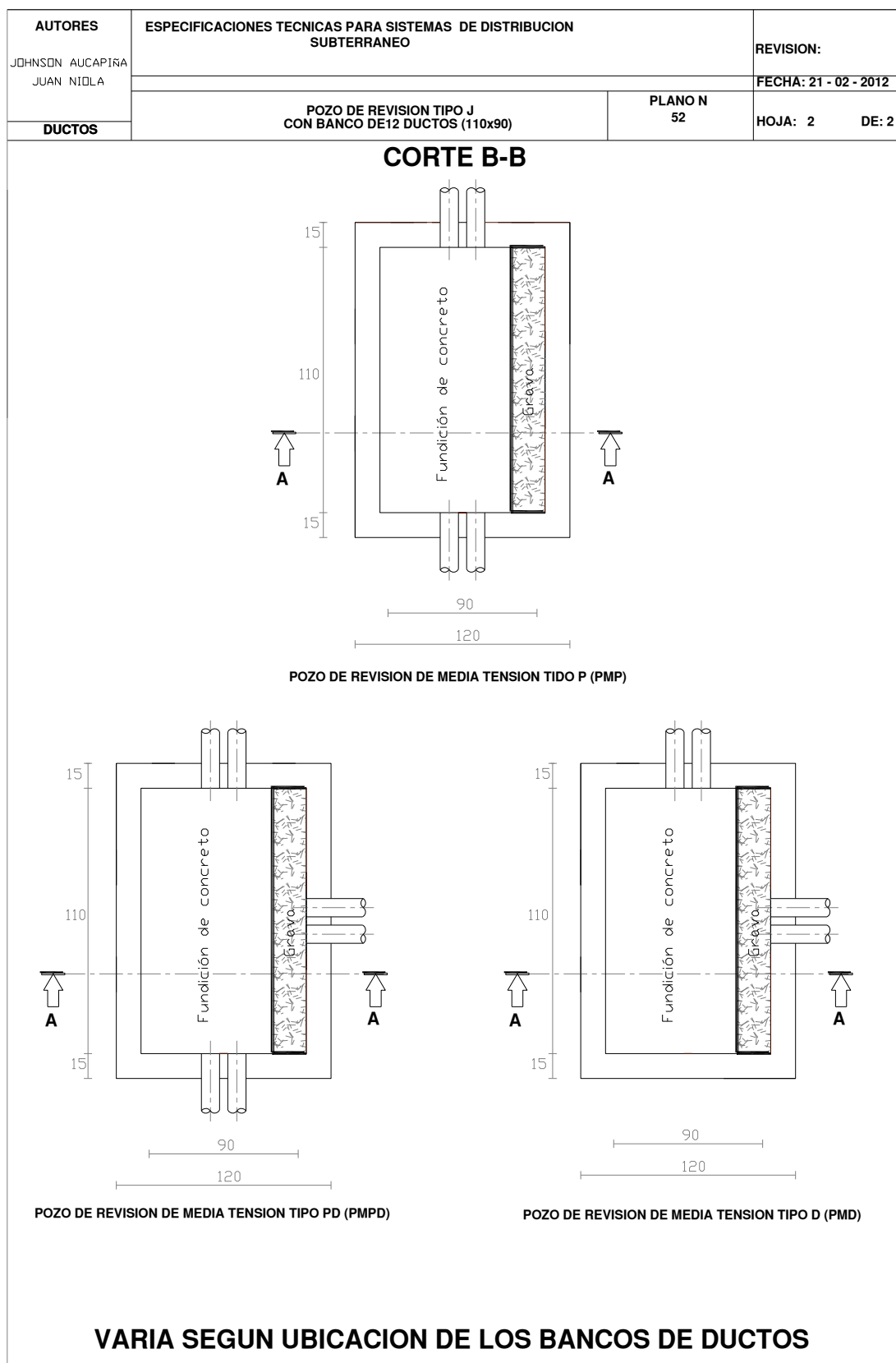


2.2.1.2.11.9 Pozo de revisión de Tipo I con banco de 12 Ductos, para salida de Alimentadores y/o empalmes de Medio Voltaje.

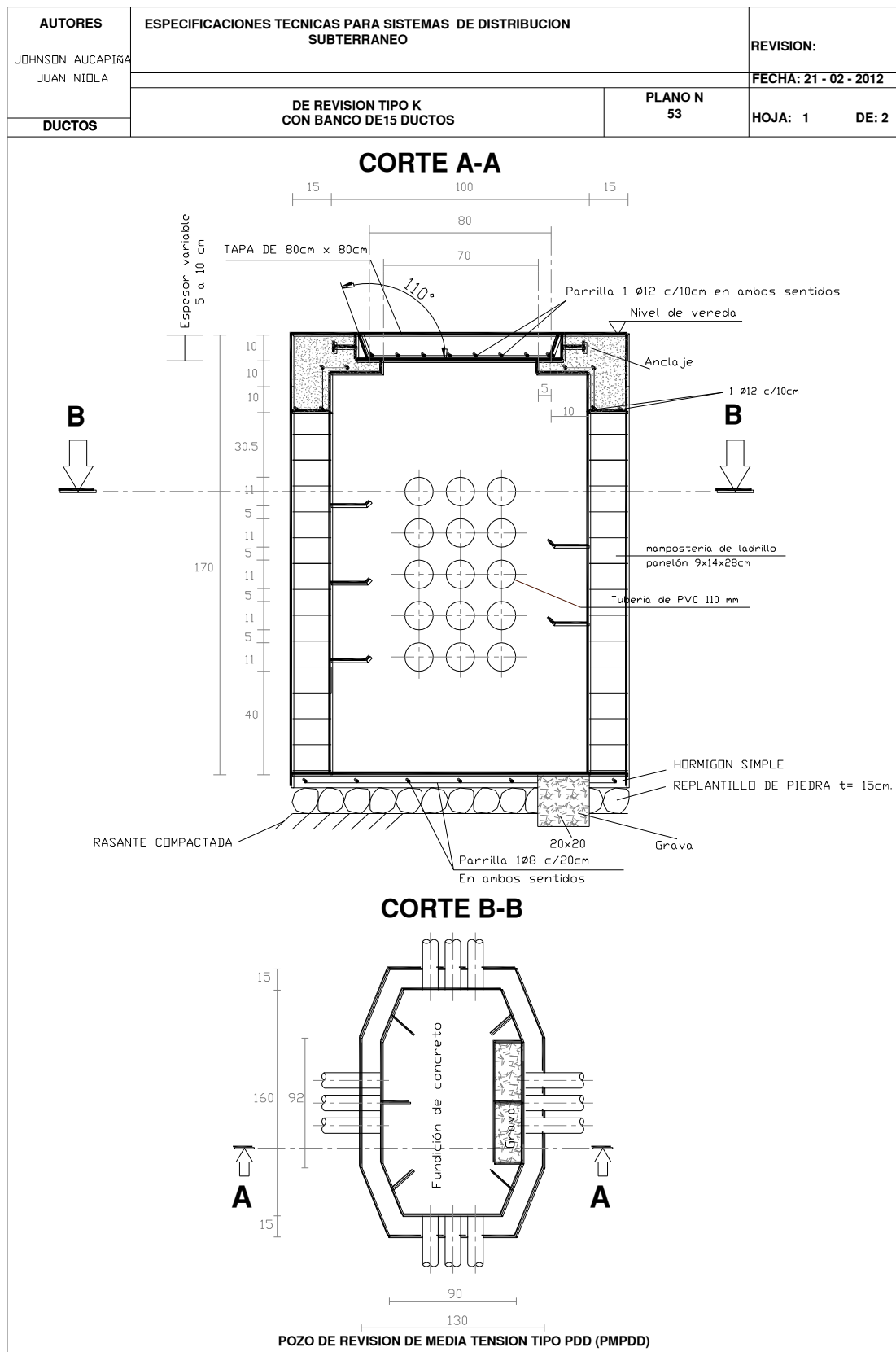


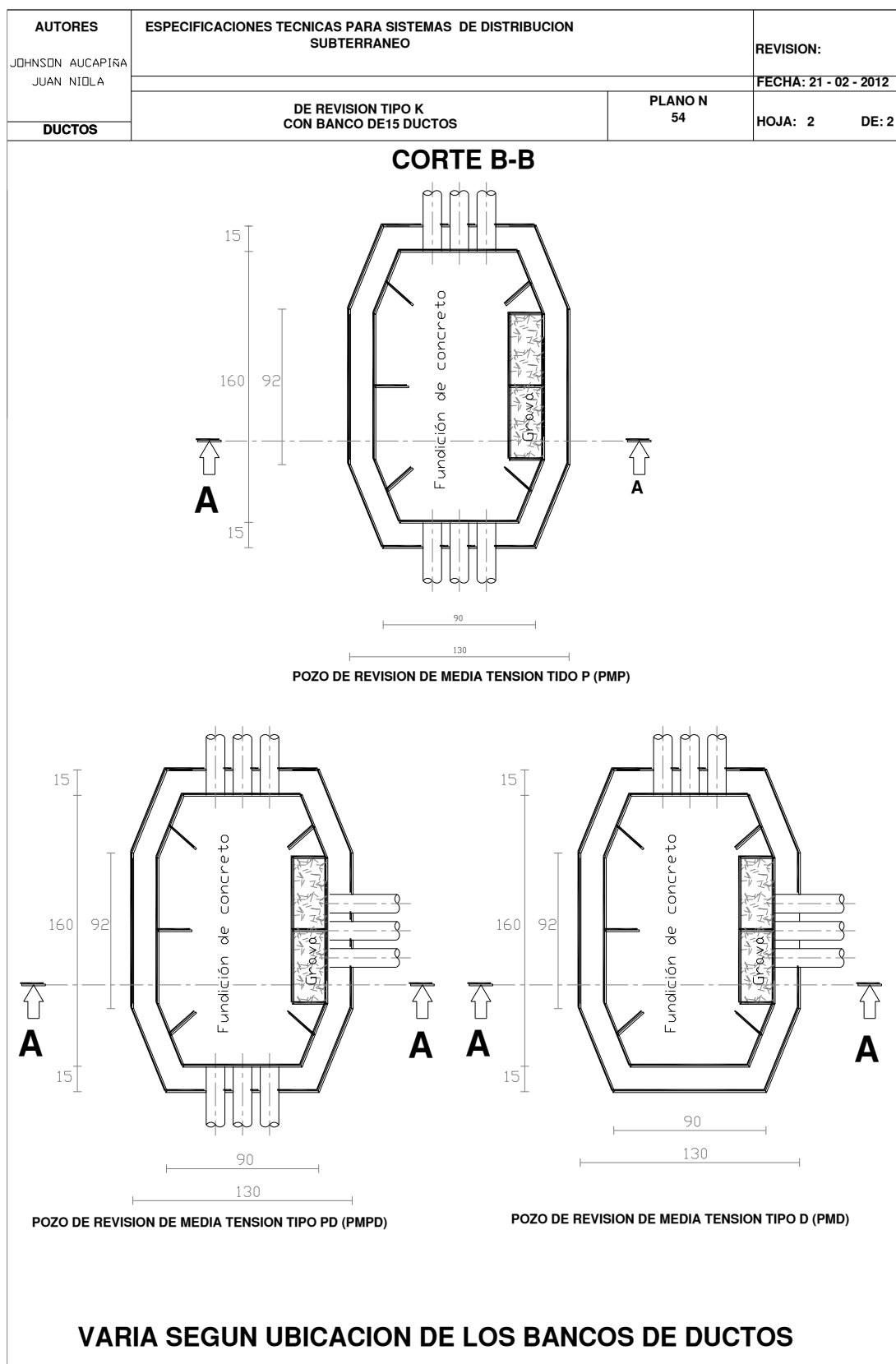
2.2.1.2.11.10 Pozo de revisión de Tipo J con banco de 12 Ductos de 110 x 90.



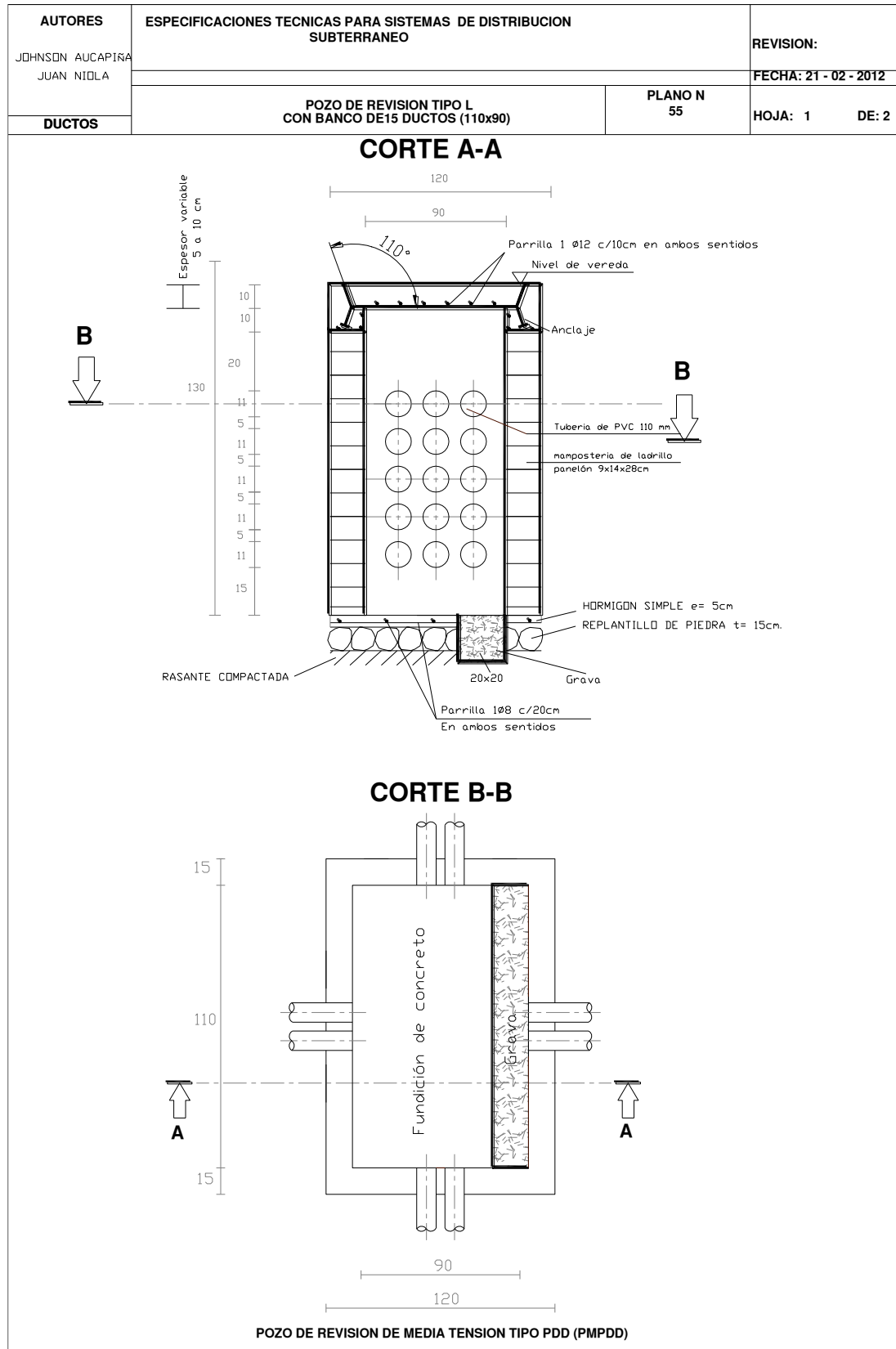


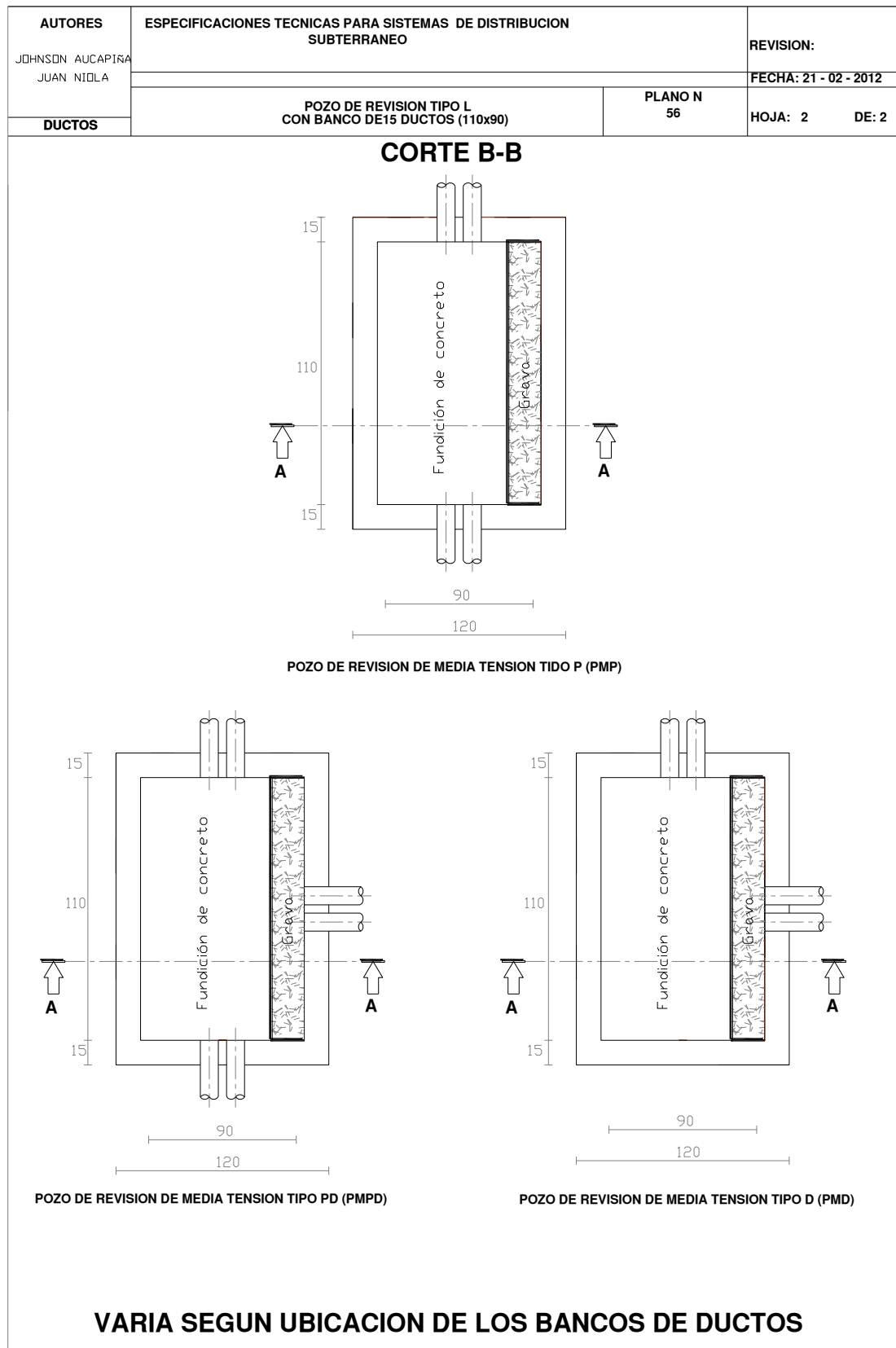
2.2.1.2.11.11 Pozo de revisión de Tipo K con banco de 15 Ductos, para salida de
 Alimentadores y/o empalmes de Medio Voltaje.





2.2.1.2.11.12 Pozo de revisión de Tipo L con banco de 15 Ductos de 110 x 90.





2.2.1.3 TUBO PVC D=110 MM

- Para la construcción de los bancos de ductos, que podrán ser de 2, 3, 4, 6, 9, 12, 15 o en el número que indique la Fiscalización.
- Se utilizará tubería PVC tipo canalización eléctrica (color tomate), unión campana, de 110 mm de diámetro, la misma que irá embebida en hormigón de 140 kg/cm², de acuerdo con lo indicado en los planos.
- La instalación comprenderá la tubería y los accesorios como uniones, en caso de ser utilizados, los cuales serán debidamente empalmados con pegamento apropiado para PVC. Previamente se limpiarán los dos extremos a acoplarse, sobre todo el interior de la campana.
- Los tubos se revisarán cuidadosamente antes de instalarlos, rechazándose los deteriorados a criterio de la Fiscalización.
- La bajada de los tubos a las zanjas se lo hará cuidadosamente, sin someterlos a golpes o caídas bruscas.

2.2.1.4 ESPECIFICACIONES DE TUBO PVC D=110 MM

- La tubería PVC tiene que cumplir con las normas INEN 1869 y 2227
- El Diámetro nominal exterior debe ser de 110 mm
- Espesor de la pared debe ser uniforme con un espesor mínimo de 2.7 mm.
- La Longitud de cada tubo debe ser de 6 metros.

2.2.1.5 COLOCACION DE TUBERIAS DE PVC EN LOS DUCTOS DE SERVICIOS

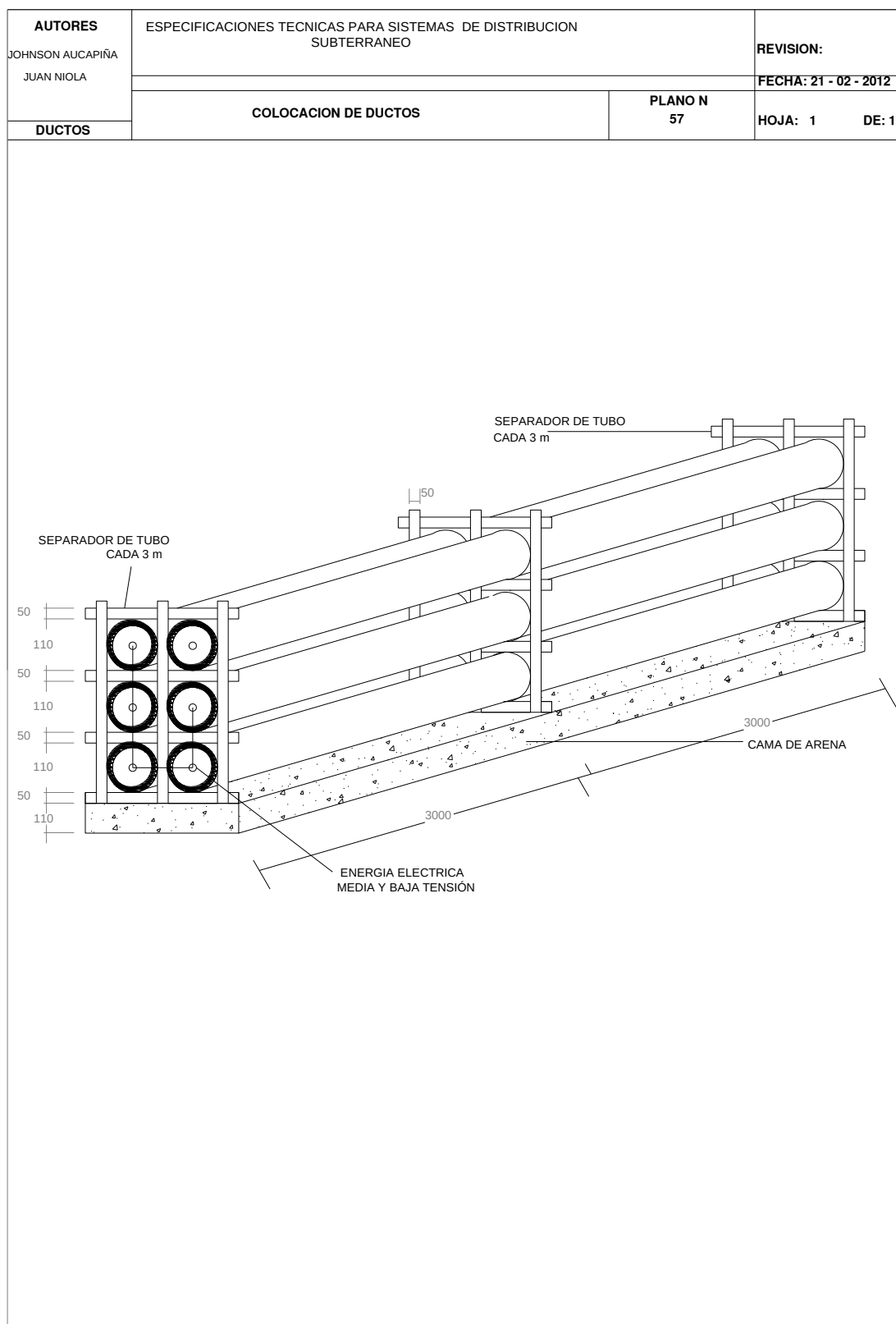
- Entre cada dos pozos la tubería debe quedar siempre en línea recta a menos que la Fiscalización indique otra disposición y con una ligera pendiente hacia uno de los pozos.

- Para que un ducto funcione en condiciones normales y se garantice la pasada del cable eléctrico, la máxima curvatura permitida en ningún momento excederá de cuatro (4) grados sexagesimales. En general no serán permitidas las deformaciones que reduzcan el diámetro nominal y la sección del tubo.
- A medida que se vayan colocando los tubos, para mantener en sitio e impedir desplazamientos del mismo, se irán soportando sobre varillas de acero de refuerzo de 12 mm de diámetro dispuestas según el *plano 57*.
- Luego de que esté asegurado la posición de las tuberías se procederá al relleno entre tuberías, hacia las paredes de la excavación y en la parte superior, con hormigón simple $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$, de tal manera de formar los bancos en las dimensiones indicadas en los planos.
- El relleno con material de la excavación o de préstamo sobre el banco hormigonado, podrá realizarse cuando el hormigón haya adquirido la resistencia suficiente para resistir los esfuerzos de la compactación previa autorización de la Fiscalización.

2.2.1.6 ALINEACIÓN DE TUBOS

- Se tenderá una fila de tubos a la vez, para mantener la separación de los mismos y evitar curvaturas innecesarias, entre cada fila y en cada columna de tubos.
- Se colocarán separadores de acero de refuerzo con varilla corrugada de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, cada 3 metros, de tal manera que las vías queden separadas tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Los espacios entre los separadores deben ser rellenados con concreto así como todos los demás intersticios existentes entre las paredes de la zanja y los tubos y entre los tubos como se observa en el *Plano 57*.

Proyecto de Especificaciones Técnicas para el Diseño de Redes Subterráneas
Convenio U.P.S. - E.E.R.C.S.

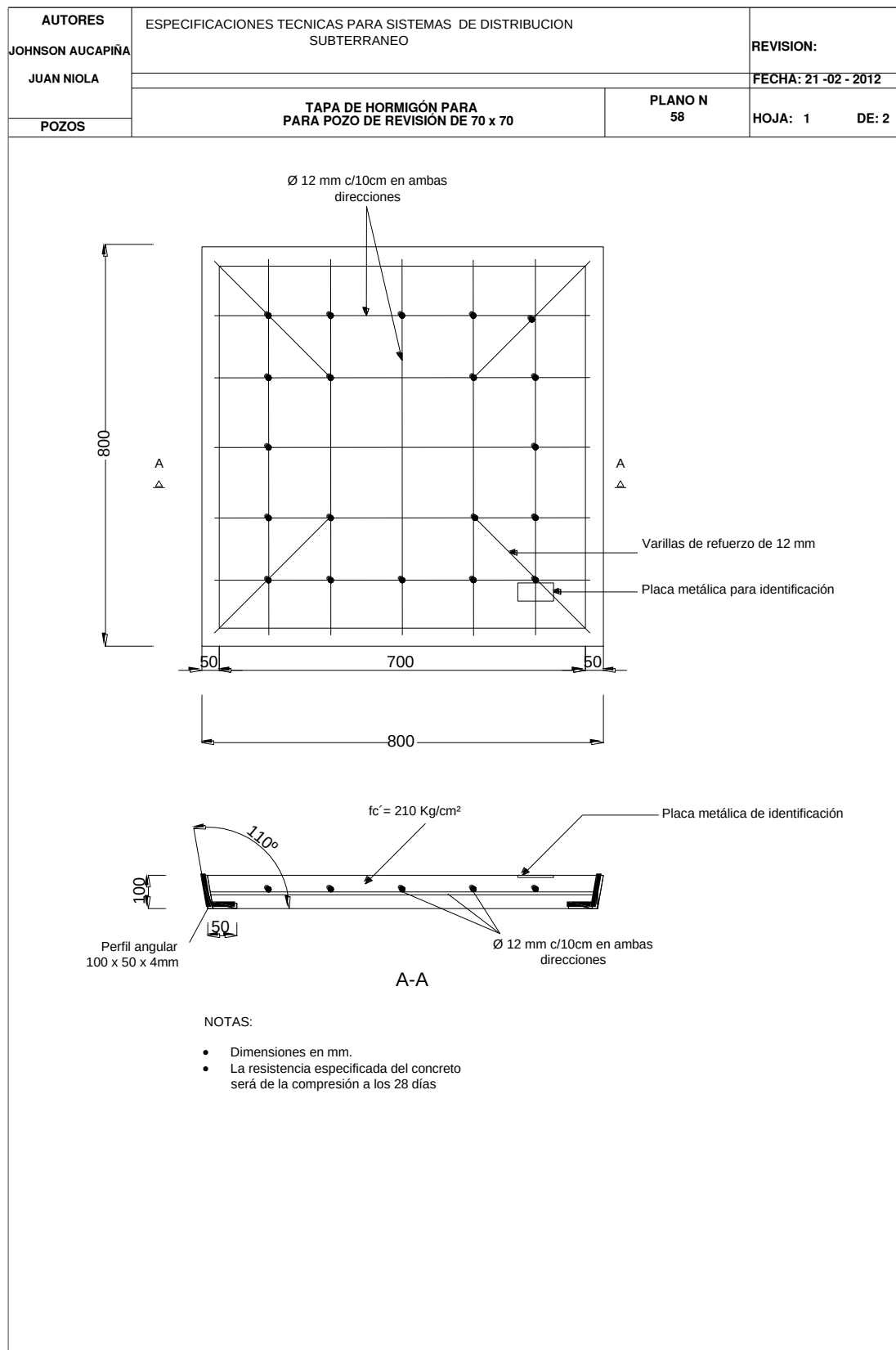


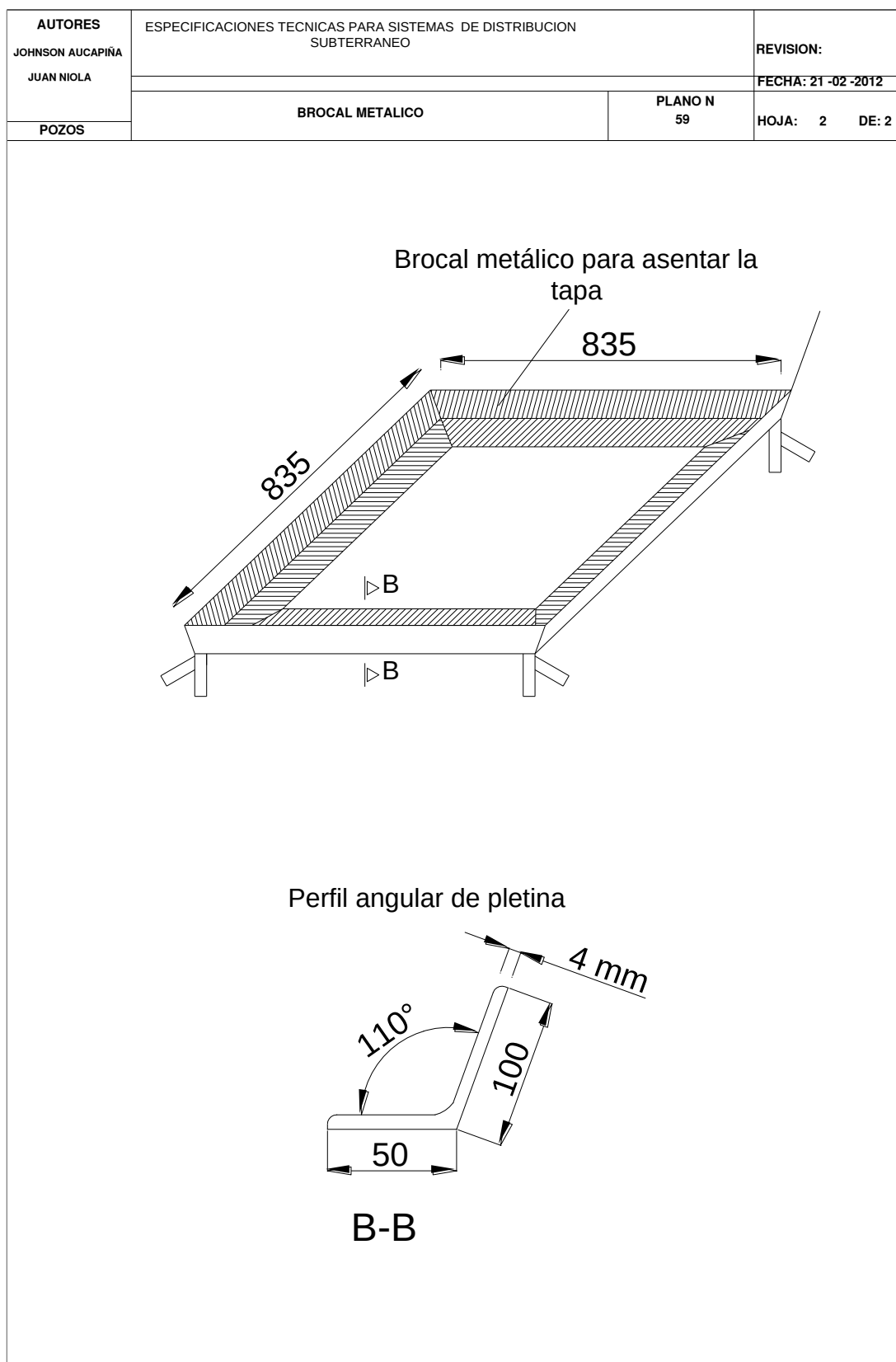
2.2.1.7 TAPAS DE HORMIGÓN Y PERFIL DE HIERRO

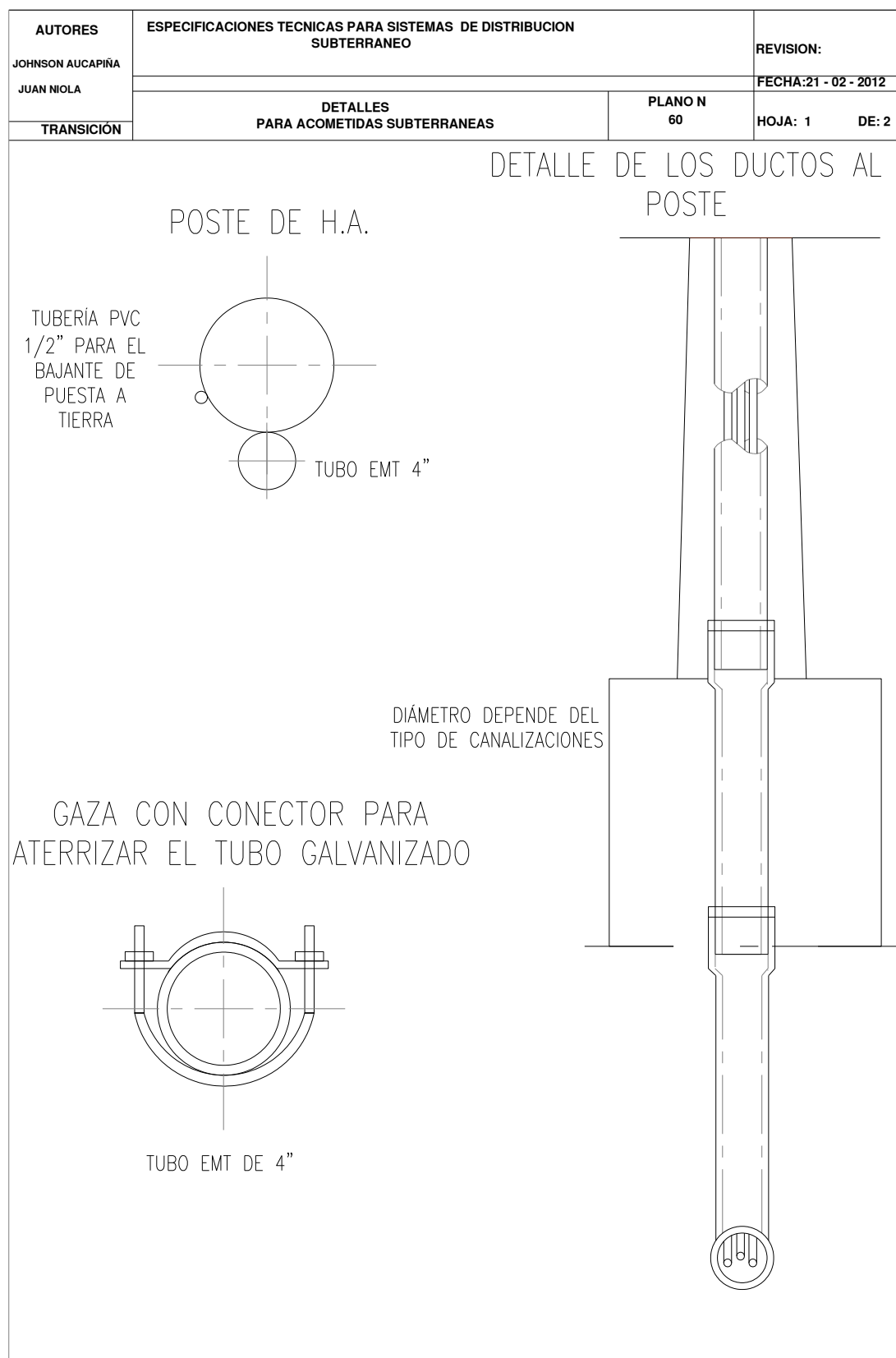
- Las tapas para los pozos, serán elaboradas con perfil de hierro doblado de 50 mm en la base por 100 mm de alto con una abertura aproximada de 110 grados tanto para el brocal como para el marco de la tapa.
- El espesor del perfil será de 4 mm. La losa de la tapa será de hormigón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, de 10 cm de espesor con armadura $\varnothing=12 \text{ mm}$ cada 10 cm, en ambas direcciones como se observa en el *Plano 58*.
- El marco y brocal deberá tener un recubrimiento de pintura anticorrosiva, al menos dos manos. Con el fin de que el brocal se empotre correctamente, dispondrá de anclajes que irán embebidos en la losa del pozo de la vereda mostrado en el *Plano 59*.
- Las dimensiones de las tapas variaran dependiendo del tamaño de los pozos.
- Los cálculos de los esfuerzos estáticos y dinámicos se detallan en el *Anexo 8*.

2.2.1.8 TRANSICIÓN AÉREA SUBTERRANEA

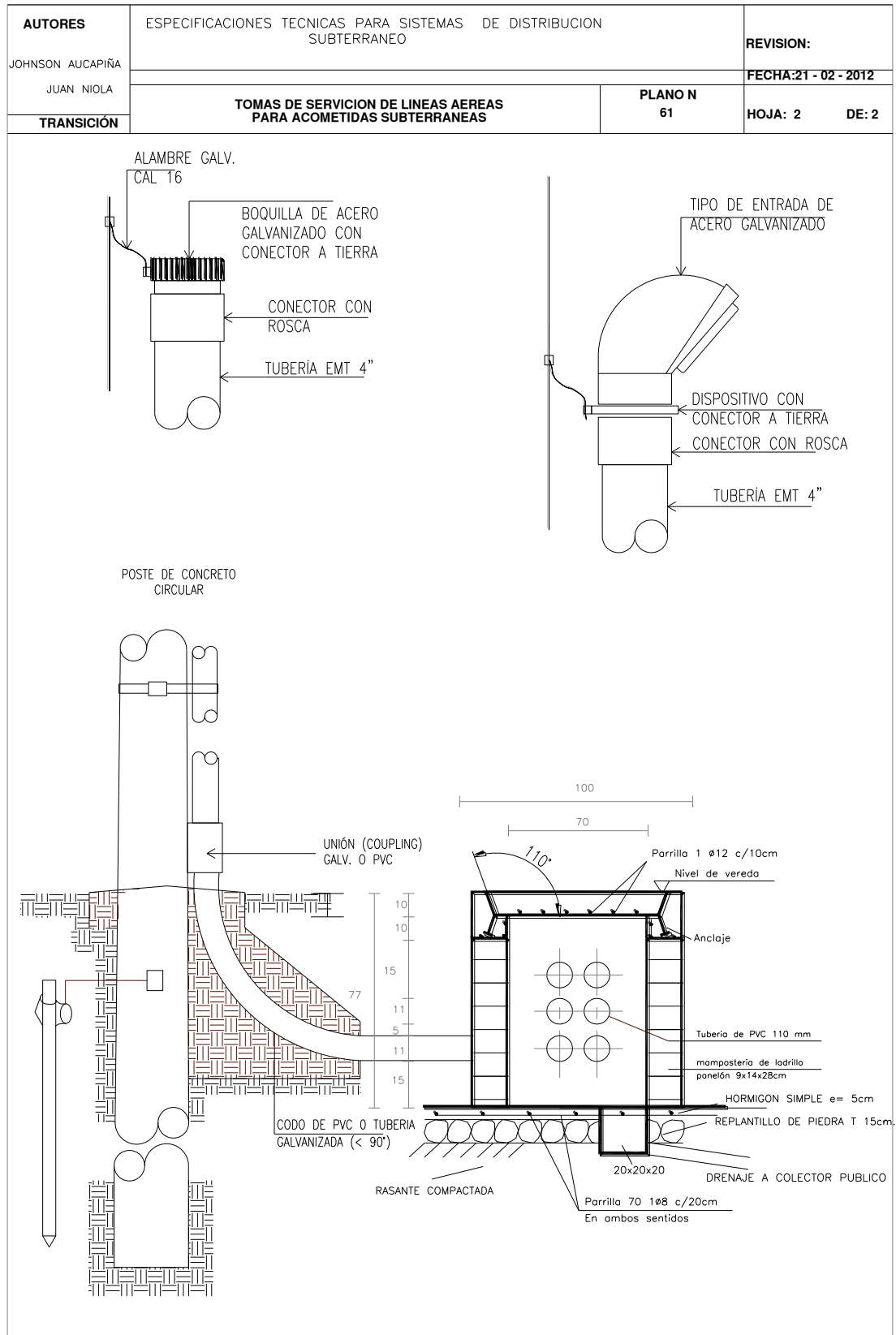
- En una red subterránea la transición desde una red aérea los conductores quedarán protegidos mediante un tubo de hierro galvanizado, según se indica en el *Planos 60*.
- Los conductos en donde se colocarán los conductores tendrán un diámetro de 4"milímetros, con características mecánicas equivalentes y no menores a la tubería EMT de 3" o 4" dependiendo del calibre del conductor.
- Se requerirán cajas de registro cuando existan cambios de dirección, en transiciones aéreo – subterráneas, Ver detalles en el *Plano 61*.
- Esta caja de caja de registro estará ubicada en la parte de abajo del poste, cuando se usen conductores calibre 1/0 AWG, en tal caso, se deberá dejar como reserva 1.5 m. de cable por fase.







Proyecto de Especificaciones Técnicas para el Diseño de Redes Subterráneas
Convenio U.P.S. - E.E.R.C.S.



2.2.2 OBRA ELECTRICA

2.2.2.1 CONDUCTORES ELECTRICOS SUBTERRANEOS

Los conductores eléctricos subterráneos cuyo propósito es conducir electricidad se fabrican generalmente de cobre, debido a la excelente conductividad de este material, o de aluminio que aunque posee menor conductividad es más económico.

El tipo de aislamiento y su grosor dependerá del nivel de voltaje de trabajo, la corriente nominal, la temperatura ambiente y de la temperatura de servicio del conductor.

Dependiendo del nivel de voltaje a la que se vayan a utilizar los conductores eléctricos subterráneos se pueden subdividir en:

- Cables de bajo voltaje (hasta 1000 V)
- Cables de medio voltaje (hasta 38 kV)
- Cables de alta voltaje (hasta 69 kV)
- Cables de muy alta voltaje (por encima de los 770 kV).

Nuestro estudio estará centrado en los cables subterráneos de bajo y medio voltaje.

2.2.2.1.1 CONDUCTORES SUBTERRANEOS DE M.T.

El actual crecimiento de la demanda de energía eléctrica y las distancias a las cuales se tiene que transmitir requieren el manejo de niveles de voltaje elevados para lograr una calidad de energía óptima. Por esta razón, los cables subterráneos para Medio y Alta Voltaje han tenido una evolución tecnológica, convirtiéndolos en productos de instalación práctica a nivel residencial, industrial y comercial, adquiriendo así gran importancia en la distribución de energía eléctrica.

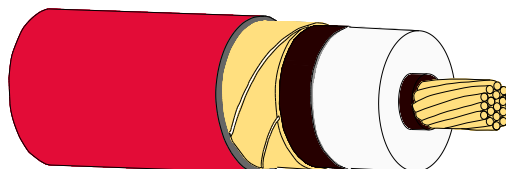


Fig. 2.3 Conductor de M.T.

El cableado de un conductor consiste en el número de hilos que este debe poseer, según el calibre y los parámetros mecánicos como la flexibilidad. La clase de cableado B es usada como estándar en los cables para Medio Voltaje, pues presenta unas propiedades adecuadas para estas aplicaciones. La *figura 2.4* muestra la sección transversal de un conductor calibre 2 AWG conformado por 7 hilos (cableado clase B).

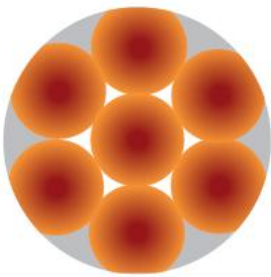
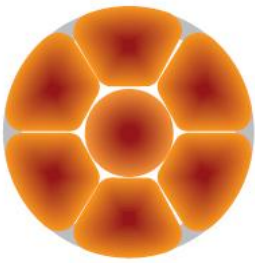
CONDUCTOR CALIBRE 2 AWG	
Cableado Clase B, 7 hilos Comprimido Área: 33,63 mm² Diámetro 7,20 mm	Cableado Clase B, 7 hilos Compacto Área: 33,63 mm² Diámetro 6,81 mm
	
<i>Figura 2.2.2.2a Conductor Comprimido</i>	<i>Figura 2.2.2.2b Conductor Compactado</i>

Figura 2.4 Conductor de Siete Hilos Cableado

Para seleccionar el conductor se debe tener en cuenta tanto la capacidad de corriente de operación como de corto circuito, porque asociadas a ellas está la temperatura que alcanzará el conductor en un instante determinado, la cual debe ser soportada por los materiales plásticos que rodean al conductor.

PARTES DEL CONDUCTOR SUBTERRANEO DE MEDIO VOLTAJE

En un cable para Medio Voltaje el aislamiento juega un papel importante en lo que compete al desempeño del mismo, su funcionalidad y vida útil está sujeta en gran parte a las características del aislamiento.

El proceso de aplicación del material de aislamiento sobre un conductor se conoce como proceso de extrusión. En los cables para Medio Voltaje, tanto el aislamiento como el blindaje del conductor y blindaje del aislamiento son aplicados de forma

simultánea formando tres capas concéntricas, en su orden: blindaje del conductor, aislamiento y blindaje del aislamiento. Este proceso es conocido como Triple Extrusión Simultánea y garantiza tanto la pureza de los materiales como el contacto entre capas.

A) BLINDAJE DEL CONDUCTOR

Esta capa de material se encuentra en contacto directo con el conductor, está conformado por un material termoestable (generalmente Polietileno con característica semiconductor) que se encarga de recubrir al conductor cableado, penetrando en los intersticios entre los hilos de la capa exterior del conductor para darle una forma circular al mismo. Esta capa de material también es conocida como Primera Capa Semiconductora.

Este primer material semiconductor se encarga de que el campo eléctrico sea radial a partir de su superficie, evitando concentraciones puntuales de campo, obteniéndose así una superficie equipotencial (equilibrio de cargas eléctricas) alrededor de esta primera capa. Si se aplicara el aislamiento directamente sobre el conductor sin el material semiconductor, éste sufriría los efectos del elevado campo eléctrico en los intersticios del conductor, lo cual no es un efecto deseable en el aislamiento, pues disminuiría la capacidad del mismo. *La figura 2.5 muestra la distribución del campo eléctrico para un cable recubierto con el blindaje semiconductor.*

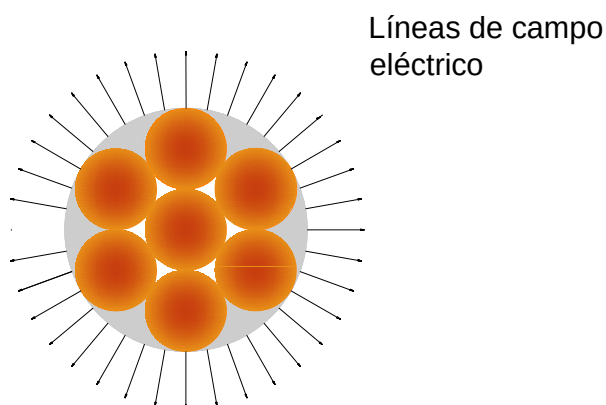


Figura 2.5. Distribución del Campo Eléctrico para un Cable Recubierto con Blindaje Semiconductor

B) AISLAMIENTO

En las líneas para Medio Voltaje aéreas, el elemento aislante empleado es comúnmente el aire, sin embargo, para estos casos se requiere de una separación entre fases (e incluso el neutro) de acuerdo con las características del sistema. En los cables para Medio Voltaje subterráneos, los niveles de voltaje y los espacios reducidos que se manejan hacen necesaria la presencia de un medio aislante que sea capaz de brindar la rigidez necesaria contra las fugas de corriente, fallas entre fases (neutro) del sistema y que pueda confinar el campo eléctrico producido por el conductor al interior de él mismo.

En principio, las propiedades de los aislamientos usados en los cables para Medio Voltaje subterráneos cumplen con todos los requisitos para su correcto desempeño. Sin embargo, existen características tanto eléctricas como mecánicas que destacan uno u otro tipo de material.

El Polietileno de cadena cruzada o XLPE (Cross-Linked Polyethylene) es el tipo de material de aislamiento más usado en los cables para Medio Voltaje. El Caucho de Etileno Propileno o EPR (Ethylene Propylene Rubber) es usado en menor proporción; ambos son materiales a los cuales se les aplica el proceso de reticulación (vulcanización), por medio del cual se logra que los materiales adquieran características termoestables. *La tabla 2.6* muestra las características más importantes de ambos materiales.

Este tipo de conductores debe poseer la característica de eliminar el fenómeno de las *arborescencias* que consiste en la formación de caminos al interior del aislamiento, por los cuales aparece circulación de cargas desde el conductor hacia el apantallamiento; este fenómeno se da comúnmente por presencia de humedad y ante altos campos eléctricos que hacen que el polímero se comience a degradar. El aislamiento XLPE es muy utilizado en sitios de instalación en donde los cables trabajan la mayor parte del tiempo en condiciones de saturación de agua o prácticamente sumergidos.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	XLPE	EPR
Rigidez dieléctrica	kV/mm	25	25
Permitividad Eléctrica		2,1	2,3
Factor de Pérdidas (Tangente Delta)	%	0,1	1,5
Constante de Aislamiento	Mohm-km	6100	6100

Resistencia a la Ionización		Buena	Muy Buena
Resistencia a la Humedad		Muy buena	Excelente
Color		Traslúcido opaco	Rojizo
Temperatura de Operación	°C	90	90
Temperatura Máxima de Sobrecarga*	°C	130	130
Temperatura Máxima en Corto circuito**	°C	250	250
Principales Ventajas		Bajo factor de pérdidas	Flexibilidad

Tabla 2.21 Características Principales de los Materiales de Aislamiento de Cables para Medio Voltaje

Velocidad de propagacion de los cables XLPE

Los tiempos de operación en sobrecarga no debe exceder 1500 horas acumuladas durante la vida útil del cable. Adicionalmente es recomendable que los períodos continuos en sobre carga no excedan dos horas.

La vida útil de un conductor subterráneo de medio voltaje es de 30 años (262800 horas) es por ello que el porcentaje de sobrecarga será del 0,55% durante toda su vida útil.

Los tiempos de duración de un corto circuito son normalmente menores a un segundo

Características del conductor XLPE

• Constante de Aislamiento

Mide la capacidad del material para oponerse a la corriente de fuga. Entre mayor sea la constante de aislamiento menores serán las fugas de corriente entre el conductor y el apantallamiento. Dependiendo del valor de la constante de aislamiento será el valor final de la resistencia de aislamiento.

• Permitividad Eléctrica

Esta variable mide la capacidad de un material para permitir el almacenamiento de cargas ó fugas de corriente por efectos capacitivos. La permitividad eléctrica se define como la relación entre la capacitancia que tiene el cable para Medio Voltaje aislado con cierto tipo de material y la capacitancia teórica que el cable tendría si el

medio aislante fuese el vacío. Entre menor sea este parámetro, menor será la capacitancia del cable, y por ende menos fugas.

- **Capacitancia**

Mide la capacidad de almacenamiento de carga entre el conductor y la pantalla debido a la diferencia de voltaje entre ambos. Esta capacitancia se ve reflejada en el sistema como fugas de corriente.

- **Factor de Pérdidas o Tangente Delta**

Este parámetro mide las fugas de corriente en el cable para Medio Voltaje, debido tanto a los efectos resistivos como a los efectos capacitivos del aislamiento.

- **Temperatura de Operación, de • Sobrecarga y de Corto Circuito**

El aislamiento XLPE y el EPR tienen una temperatura de operación máxima de 90°C, una temperatura máxima en estado de sobre carga de 130°C y de 250°C en corto circuito. Si se superan estos valores de temperatura durante intervalos de tiempo no adecuados implicaría condiciones de operación riesgosa que pondrían en peligro las características y el desempeño del cable.

- **Niveles de aislamiento:**

Para cables en redes de distribución subterránea se han definido los siguientes niveles de aislamiento según el parámetro nominal del voltaje de fase a tierra:

Nivel de aislamiento al 100%: representa el 58% del voltaje fase a fase. Se recomienda para redes con equipos capaces de despejar una falla en menos de 30 segundos o en sistemas con una configuración en estrella aterrizado.

Nivel de aislamiento al 133%: representa el 78% del voltaje fase a fase. Se recomienda en sistemas en delta o estrella sin aterrizar mientras que el equipo de protección pueda despejar una falla en menos de 1,5 minutos.

Nivel de aislamiento al 173%: representa el 100% del voltaje nominal de fase a fase. Se utiliza en sistemas en delta o cuando la falla en el sistema es difícil de despejar.

C) BLINDAJE DEL AISLAMIENTO

Este blindaje es una capa de material que recubre al aislamiento, y está hecha de Polietileno semiconductor. Su objetivo es permitir el confinamiento homogéneo de las líneas del campo eléctrico al interior del aislamiento; esta es una función complementaria a la de la primera capa semiconductora que recubre al conductor. Esta capa de material también es conocida comúnmente como Segunda Capa Semiconductora. De acuerdo con las prácticas de instalación, este material puede estar firmemente adherido al aislamiento o puede ser de fácil remoción, siendo este último caso el más indicado para el uso en la distribución de energía.

D) APANTALLAMIENTO

El apantallamiento es un elemento metálico no magnético que se coloca sobre el blindaje del aislamiento (segunda capa semiconductora) con el fin de complementar las funciones de este último y permitir el proceso de puesta a tierra. Por otra parte, cuando se requiere manejar corrientes de neutro, se adiciona un área de cobre y entonces la pantalla sirve adicionalmente como conductor de neutro. El elemento metálico está hecho de cobre y puede presentarse en las tres configuraciones siguientes:

- ***Pantalla en cinta de cobre***

Consiste en una pantalla de cinta de cobre que se aplica de forma helicoidal sobre el blindaje del aislamiento recubriéndolo en su totalidad (traslapado) o en forma parcial (abierta) *Figura 2.6.*

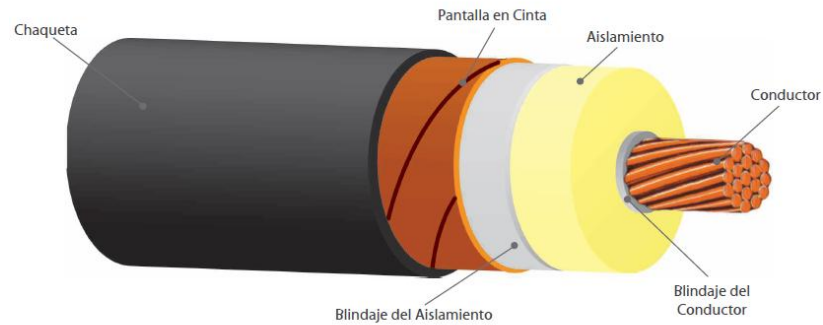


Figura 2.6. Cable para medio tension con Apantallamiento en Cinta de Cobre

- **Pantalla en hilos de cobre**

La pantalla en hilos de cobre, como su nombre lo indica está conformada por una cantidad de hilos de cobre distribuidos uniformemente sobre el blindaje del aislamiento. Básicamente el conjunto total de hilos debe superar un área mínima requerida por la normas de fabricación. De acuerdo al perímetro del cable aislado dependerá la cantidad de hilos que se colocarán como pantalla.

- **Pantalla - neutro concéntrico**

Este tipo de pantalla corresponde a un conjunto de hilos de cobre que además de ejecutar la función de blindaje actúan como conductor de neutro en el sistema. De acuerdo a la configuración eléctrica del mismo, se poseen diferentes alternativas para el neutro, uno de los más utilizados en sistemas trifásicos es el Neutro Concéntrico al 33% que significa que los hilos de la pantalla suman un área equivalente a 1/3 (un tercio) del área del conductor de fase y que en conjunto con las dos fases restantes del sistema suma un área de neutro equivalente al área de la sección transversal del conductor de fase. Para sistemas monofásicos suele utilizarse el Neutro Concéntrico 100% que significa que los hilos de la pantalla suman un área equivalente al área de la sección transversal del conductor *Figura 2.7.*

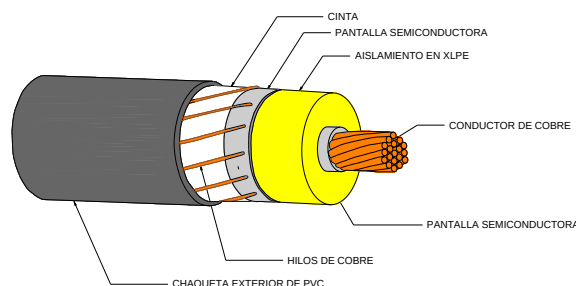


Figura 2.7 Cable de Medio Voltaje con apantallamiento en Neutro Concéntrico

Es importante tener presente la capacidad de corriente de corto circuito del apantallamiento, de la misma forma en la que se tiene en cuenta la capacidad de corriente de corto circuito para el conductor. Esta capacidad viene dada por el contenido de cobre y los materiales que están en contacto directo con la pantalla. En condiciones de corto circuito la temperatura del material del apantallamiento o de la chaqueta (materiales que eventualmente estarán en contacto con la pantalla metálica) puede crecer rápidamente debido a los niveles de corriente que se alcanzan en la falla y dado que estos materiales tienen una temperatura límite, ésta no debe ser sobrepasada so pena de daños irreversibles en el cable.

E) CHAQUETA

La chaqueta es el elemento que recubre el cable y que quedará finalmente expuesto al medio, por tal motivo, el material de la chaqueta debe cumplir con los siguientes aspectos:

- **Resistencia a la humedad**

Asociada con la capacidad del material para impedir la penetración de la humedad al interior del cable para Medio Voltaje.

- **Resistencia a la propagación de la llama**

Es importante en aquellas instalaciones donde el cable estará instalado en bandejas o en ambientes de posible conflagración.

- **Resistencia a los rayos uv**

Es importante en aquellas instalaciones en donde el cable recibirá la radiación solar de forma directa o en intervalos de tiempo extendidos.

- **Resistencia al impacto y abrasión**

Es importante para aquellos ambientes en los cuales el cable para Medio Voltaje se expone a posibles impactos, deformaciones o rozamientos inherentes al proceso para el cual prestan servicio. Dependiendo de la instalación puede requerir armaduras o elementos mecánicos de protección.

- **Resistencia a los hidrocarburos**

Describe el comportamiento del material de la chaqueta frente a la acción de agentes externos como los compuestos derivados del petróleo (gasolina, cetonas, etc.) que pueden estar presentes dependiendo del sitio de instalación.

F) RADIO DE CURVATURA

Según la Norma IEC 60287 se establece que el radio de curvatura mínimo para que los conductores no alteren sus características físicas y eléctricas deberían ser las siguientes:

Durante las operaciones de tendido, es aconsejable que el radio de curvatura de los cables no sea inferior a los siguientes valores:

- $10 * (D + d)$, para los cables unipolares apantallados y para los armados o con conductor concéntrico;
- $7.5 * (D + d)$, para los restantes tipos.

2.2.2.1.2 CONDUCTORES SUBTERRANEOS DE B.T.

Los conductores tipo TTU-2.0 KV. son cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico Polietileno (PE) resistente a la humedad y al calor, sobre la cual se aplica una cubierta protectora de Cloruro de Polivinilo (PVC). Se suministran en color negro siempre y con distintas formas de embalaje.

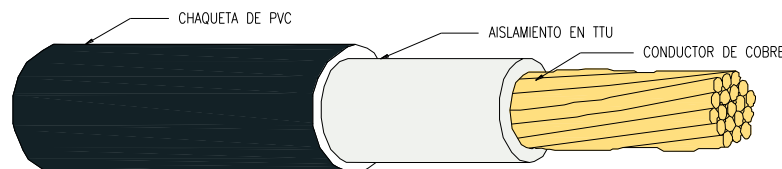


Figura 2.8 Cable de Medio Voltaje con apantallamiento en Neutro Concéntrico

USOS Y APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo TTU-2.0 KV. son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales y comerciales, son especialmente aptos para instalaciones a la intemperie o directamente enterrados. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es 75 °C y su voltaje de servicio para todas las aplicaciones es 2000 V.

CARACTERISTICAS

FUNCION: Redes de distribución eléctrica y alumbrado dentro de ductos o enterrados directamente en zanjas.

Características mínimas exigibles:

- Tipo: Cableados
- Voltaje de aislamiento: 2000 V
- Aislamiento: Polietileno(PE) y chaqueta de policloruro de vinilo(PVC) resistente a la humedad y calor.
- Material conductor: Cobre 99% de pureza
- Temperatura de operación: 75 grados centígrados
- Normas constructivas: ASTM B-3, ASTM B-8, ASTM B-787, NEMA WC-70

Para mayor información acerca de este tipo de conductores referirse al catalogo digital del MEER

2.2.2.1.3 ESPECIFICACIONES PARA EL TRANSPORTE Y TENDIDO DE CONDUCTORES SUBTERRANEOS

Los conductores subterráneos son fabricados de forma que puedan trabajar en las más duras condiciones que en cada momento que sean demandados.

La elevada tecnología que presentan estos cables, obliga a que el manejo y la instalación de estos, se tenga que realizar de una forma adecuada para que no puedan ser dañadas sus características técnicas. Si estos cables son tratados de forma inadecuada pueden ocasionarles daños, que, si no son detectados de forma inmediata y son instalados, pudieran disminuir su vida útil de forma considerable.

Los mayores peligros que pueden sufrir los cables se suceden en el transporte y en el tendido de los mismos.

2.2.2.1.3.1 ESPECIFICACIONES PARA EL TRANSPORTE

En el transporte se distinguen, principalmente, tres periodos

- a) El transporte desde la fábrica hasta las bodegas de la Centrosur.
- b) En las bodegas de la Centrosur.
- c) En el traslado al lugar del tendido.

Los cables se suministran, principalmente, en bobinas de madera cuyos diámetros totales de ala van, desde los 250 cm en los casos más grandes hasta los 60 cm en el caso de los más pequeños, todo ello dependiendo de la longitud, el peso y el diámetro exterior de los cables

- El transporte de las diferentes formas de embalar a las diferentes formas constructivas de los cables, como pueden ser: rollos, bobinas o carretes y muy especialmente estas últimas, se realizarán de tal forma, que, deban ir siempre de pies y nunca apoyadas por una de sus caras, por lo que los medios de transporte que utilicemos (grúas, camiones, etc.) deberán disponer de los elementos adecuados de anclaje para que éstas no rueden.
- Para proceder a la carga ya la descarga de las bobinas en el medio de transporte seleccionado, deberán ser suspendidas de una barra adecuada al peso de la misma para poder situarlas en el sitio adecuado o bien si utilizásemos rampas o muelles, éstas estarán construidas de tal forma que puedan deslizarse las bobinas. La pendiente máxima recomendada, en el caso de tratarse de rampas no será superior al 25 %.
- Nunca deberán arrojarse ni las bobinas ni los rollos desde los vehículos al suelo, aunque tanto sus dimensiones como su peso sean pequeños, pues el golpe o impacto podrían dañar a los cables.
- En el almacenamiento, nunca deberán almacenarse los rollos o las cajas a la intemperie, y siempre que sea posible, también las bobinas, pues la presencia del Sol y de la humedad pueden llegar a deteriorarlos. En el caso de las bobinas, la madera podrá sufrir daños graves, que supongan problemas importantes tanto para el transporte como para el posterior tendido de los mismos.

- Cuando los cables alojados en las bobinas tengan que permanecer a la intemperie, deberán ser instalados lonas que le cubran por completo, esto es, a todos los conductores ya la cubierta exterior del propio cable.
- Durante el traslado de los cables desde la bodega hasta el punto de tendido, tendremos que tomar las mismas precauciones que cuando los trasladamos desde la fábrica hasta la bodega.
- Por lo que respecta a la carga, transporte y descarga; las bobinas deberán rodarse en el mismo sentido que el fabricante enrolló a los cables.
- Si es necesario revirar la bobina, se realizará por medio de una barra o bastón haciendo palanca para facilitar el giro.

2.2.2.1.3.2 ESPECIFICACIONES PARA EL TENDIDO DE CONDUCTORES

- Los preparativos que tendremos que realizar para el tendido de los cables será una de las labores más importantes a llevar a cabo, para que éstos no sufran ningún deterioro.
- Lo primero que se debe hacer es colocar la bobina sobre un apoyo cuyo eje deberá estar situado a una altura tal, que no impida girar libremente a la bobina para un correcto tendido de los cables, se deberá instalar un freno, aunque sea de una forma muy sencilla o elemental, que permita frenar la bobina en el caso de que se produzcan curvaturas peligrosas en el cable, así como la inercia propia del giro de la bobina cuando se está tendiendo el cable que pueda poner en peligro o cause un accidente al personal que allí trabaja.
- El emplazamiento de la bobina será de tal forma que, el cable no tenga que forzarse para tomar la alineación del tendido.
- El tendido de cables cuya cubierta sea termoplástica deberá hacerse a temperaturas superiores a los 0 °C para que no se agrieten. Es importante, igualmente, que el fabricante indique cuál es el radio mínimo de curvatura con los que deben tenderse los cables para que estos no sufran ni cambien las características técnicas para lo que han sido fabricados.
- Para el tendido del cable, lo primero que se debe hacer es soltar de la bobina el inicio del cable, instalándole un cabezal que nos sirva para poder tirar de él.

- El cable puede tenderse de una de estas formas:
 - Tendido a mano.
 - Tendido desde un vehículo en marcha.
 - Tendido con poleas accionados a mano o por motor.
- En todos los casos, el tendido se realizará utilizando poleas preparadas al efecto, que sirvan para disminuir el rozamiento sobre el suelo y las paredes de los pozos de distribución.
- En el tendido a mano, las poleas evitarán que el cable se arrastre por el suelo o que roce con las paredes laterales del pozo en los cambios de dirección. Si no existen obstáculos en los pozos y en el terreno, se podrán tender los cables directamente desde un vehículo, sobre el cual, utilizando el eje de giro está colocada la bobina.
- Para el tendido de cables el sistema más utilizado es el del tiro mecánico mediante cabestrante, cuya seguridad es total, si previamente, se han preparado los útiles adecuados y se adoptan las medidas oportunas.
- Este sistema de tendido puede efectuarse de las siguientes maneras:
 - a) Tendido con esfuerzo aplicado sobre el extremo del cable con ayuda de una manga tira-cables o, cabezal de tracción.
 - b) Tendido con esfuerzo repartido a lo largo de todo el cable con auxilio de un cable fiador y ataduras adecuadas.
- Los esfuerzos de tracción máximos aconsejables son de 5 Kg/mm² de sección en el caso de conductores de cobre y de la mitad en el caso de conductores de aluminio. La velocidad de tendido no debe exceder de 5 metros por minuto.
- Durante el tendido se debe tener las siguientes precauciones:
 - 1).Controlar de forma constante con un dinamómetro el esfuerzo de tracción, con el fin de no sobrepasar los esfuerzos máximos permitidos.
 - 2). Colocar un pasador calibrado de protección por ruptura, de tal forma que se interrumpa la tracción en el momento que se superen los esfuerzos indicados.

3). Mantener las poleas en los puntos previstos para que el cable no toque ni roce el suelo ni las paredes del pozo. Si el recorrido del cable va por conductos sinuosos, la suma total de las curvas superan los 30°, el esfuerzo de tracción puede llegar a ser equivalentes al peso del cable, lo que puede obligar a limitar la longitud a tender en cada operación.

2.2.2.1.3.3 PRUEBAS LUEGO DE TENDIDO LOS CONDUCTORES

Una vez instalados los cables tendremos que realizar las siguientes comprobaciones:

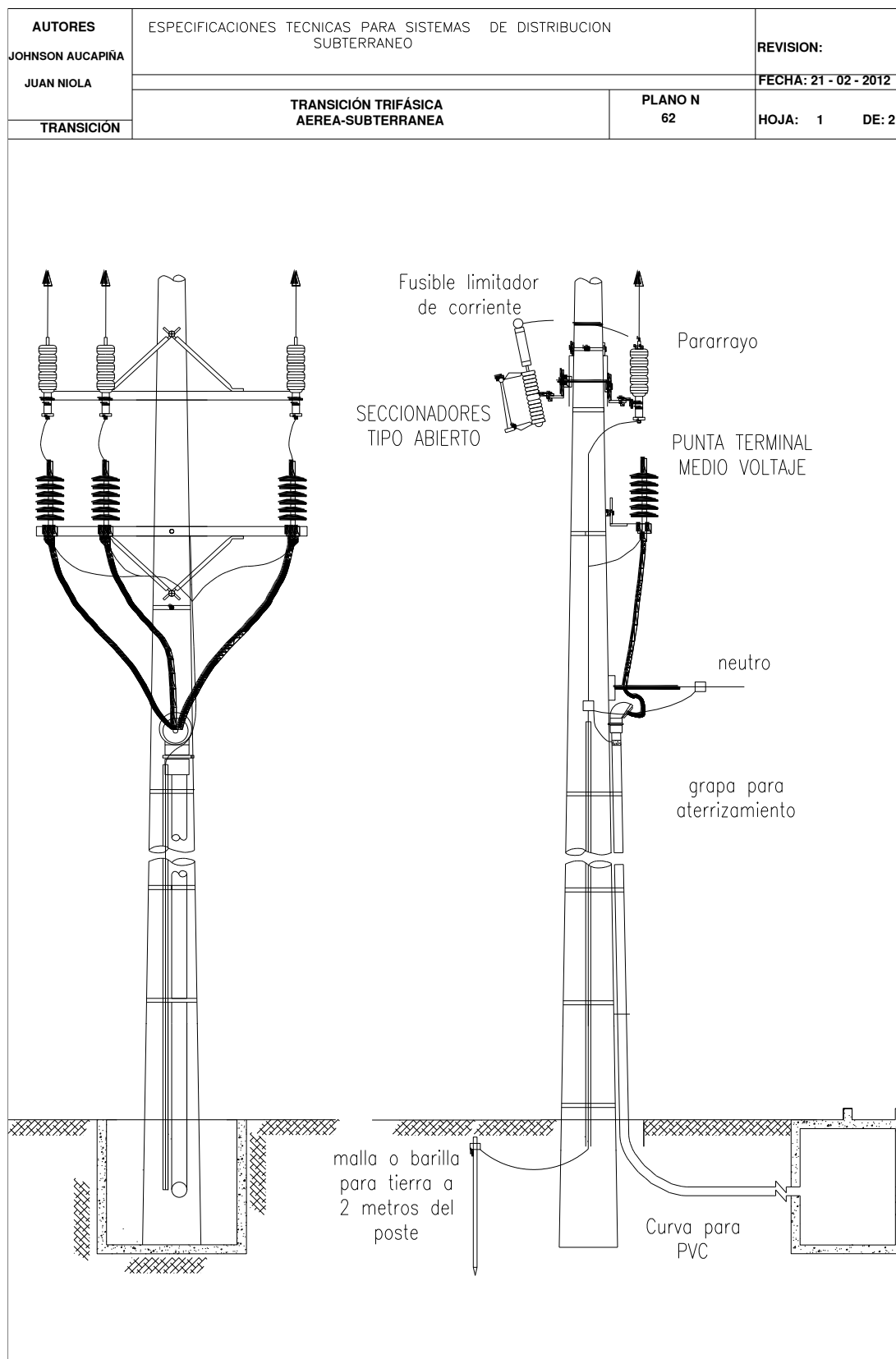
- Aislamiento.
- Cortocircuito.
- Interrupción.
- Sucesión de fases.

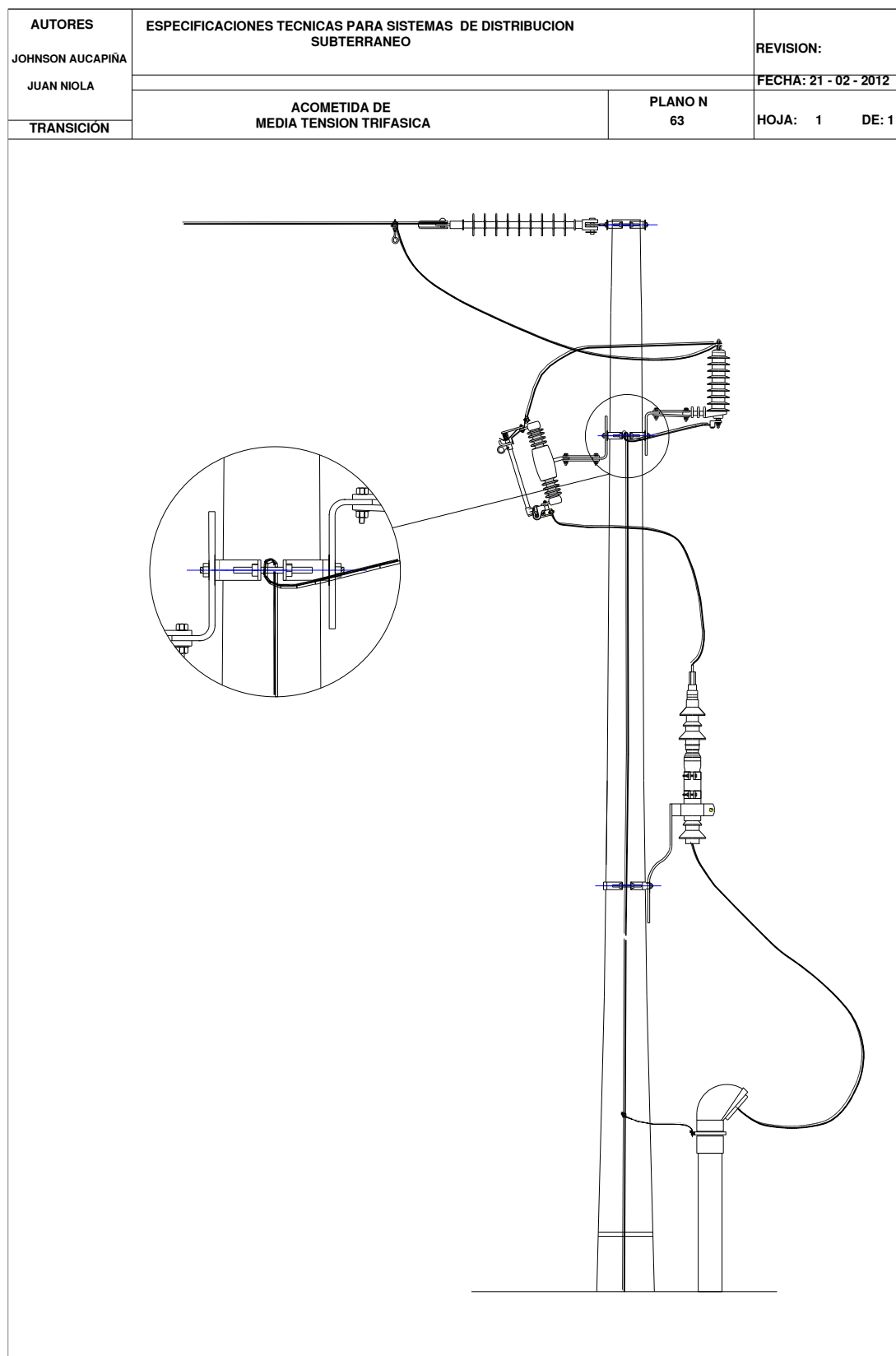
2.2.2.1.3.4 IDENTIFICACION Y SUJECION DE CABLES

- Todos los conductores de Medio y Bajo Voltaje deberán estar correctamente identificados y marcados para una fácil distinción de las fases los mismos.
- Se pueden utilizar diversos sistemas que brinden seguridad y durabilidad como: cintas alfanuméricas preimpresas, cintas de colores, etiquetas, se puede optar por adhesivo sensible a la presión o adhesivo auto-laminado según sus necesidades.

2.2.2.2 TRANSICIÓN AÉREA SUBTERRANEA

Los elementos eléctricos que lo conforman una transición desde una red aérea hacia una red subterránea se detallan en el *Plano 62 y 63*.





2.3 EMPALMES

2.3.1 OBRA CIVIL

2.3.1.1 EMPALMES DE CONDUCTORES DE BAJO VOLTAGE

La obra civil para los empalmes de conductores de Bajo Voltaje es básicamente la construcción de pozos de distribución que se ha desarrollado en el numeral 2.2.1.

El pozo de distribución óptimo para realizar 3 empalmes de acometidas domiciliarias es de 70cm x 70cm.

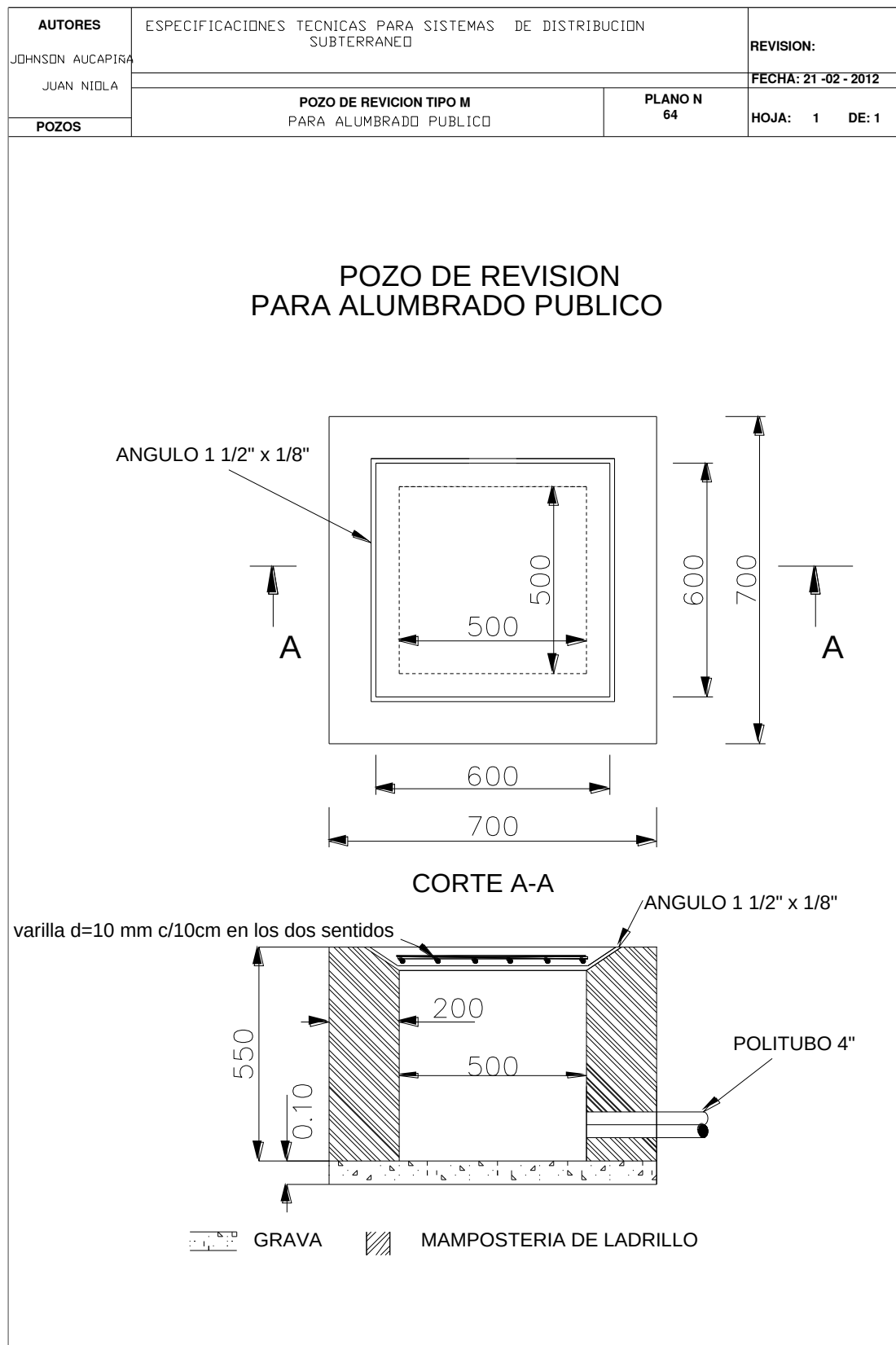
Cuando se necesite realizar más de 3 empalmes para acometidas domiciliarias se recomienda utilizar pozos de 100cm x 70cm.

Para alumbrado público se puede utilizar pozos de 50 cm x 50 cm si se deben realizar hasta 4 empalmes como se muestra en el *Plano 64*, y si el número de empalmes es mayor el pozo a utilizarse deberá ser de 70cm x 70 cm ó 100cm x 70cm dependiendo del número de empalmes.

2.3.1.2 EMPALMES DE CONDUCTORES DE MEDIO VOLTAGE

Los pozos de distribución para empalmes de conductores Monopoles de Medio Voltaje deberán ser de 100cm x 70cm como mínimo y si el número de empalmes es mayor a 6 se utilizara pozos de 110cm x 90cm o 160cm x 90cm dependiendo de la necesidad.

El detalle de las especificaciones de la construcción de estos pozos se pueden observar en los anexos del apartado 2.2.1.



2.3.2 OBRA ELECTRICA PARA EMPALMES DE BAJO TENSION

La obra eléctrica de los empalmes de cables subterráneos consiste en la construcción de empalmes, los materiales que se utilizan para realizarlos y la elección del tipo de empalme a utilizar en una determina red.

2.3.2.1 ESPECIFICACIONES TECNICS PARA EMPALMES DE B.T.

2.3.2.1.1 OBJETO

Las siguientes especificaciones tienen por objeto definir las características que deben satisfacer los diferentes tipos de empalmes que existen en el medio para cables unipolares de bajo voltaje.

2.3.2.1.2 CAMPO DE APLICACIÓN

Los empalmes aquí definidos se colocarán en los cables subterráneos unipolares de aislación TTU o similares con conductores de cobre y cubierta externa de PVC, para bajo voltaje.

2.3.2.1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los empalmes incluirán todos los accesorios necesarios para su correcto montaje en obra; en particular incluirá todos los elementos de limpieza correspondientes.

Las tecnologías aceptadas para los empalmes de bajo voltaje serán:

- resina
- contraíble en frío
- termocontracción
- gel
- cintas

Todos los materiales componentes serán perfectamente compatibles entre sí y con el cable que se ha indicado.

Deberán ser aptos para los siguientes regímenes térmicos:

- temperatura de régimen: 90°C
- temperatura de sobrecarga: 1 hora: 130 °C
- temperatura de cortocircuito, 5 seg. 250 °C

2.3.2.1.4 CONDICIONES DE SERVICIO

Los empalmes aislados de bajo voltaje, en derivación o tipo recto, que trata esta especificación serán instalados en circuitos subterráneos de sistemas de distribución secundaria, de acuerdo a las siguientes condiciones generales del sistema:

a) Condiciones ambientales

- Altura sobre el nivel del mar: 3000 m
- Humedad relativa: 90%
- Temperatura ambiente máxima: 40 °C
- Temperatura ambiente mínima: -5 °C
- Temperatura ambiente promedio: 14 °C

b) Características eléctricas del sistema

- Voltaje nominal: 127/220 V
- Conexión: Trifásica tetrafilar
- Frecuencia nominal: 60 Hz

c) Calibres normalizados

- No. 6 AWG a 350 MCM en conductor principal y en conductor en derivación entre 8 AWG y 2 AWG.

d) Condiciones de utilización

- En cabinas, pozos de distribución, directamente enterrados o ocasionalmente sumergidos en agua.

- Cuando la conexión es de Al – Cu debe utilizarse conector bimetálico de compresión con su respectivo separador bimetálico.

2.3.2.1.5 NORMAS DE FABRICACIÓN

El empalme, así como sus componentes, deberá cumplir con los requerimientos de la última revisión de las siguientes normas (donde sean aplicables):

- ANSI C119.1 – Sealed Insulated Underground Connector System Rated 600 Volts.
- ASTM D149 – Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies.
- ASTM D412 – Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomers-Tension.
- ASTM D624 – Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers.
- ASTM D1212 – Standard Test Methods for Measurement of Wet Film Thickness of Organic Coatings.
- UL 486B – Wire Connectors for Use With Aluminum Conductors.

2.3.2.1.6 REQUISITOS TÉCNICOS PARTICULARES

- Los empalmes deben ofrecer sello contra humedad y protección mecánica excelente y garantiza el uso de los empalmes en cualquier aplicación.
- Ser compatibles con los materiales comúnmente utilizados en la elaboración de aislamientos y chaquetas de cables.
- Cada juego debe tener todo el material necesario para realzar los empalmes, incluyendo los conectores de compresión.
- Los empalmes deben ser aptos para trabajar en temperatura normal de operación de 90°C y en los cuales una sobrecarga de emergencia genere hasta 130 °C. Y deben cumplir con los requerimientos de la norma.

2.3.2.1.7 CONECTORES PARA EMPALMES DE BAJO TENSION

Los conectores a ser utilizados en los empalmes de bajo voltaje deberán ser los adecuados al calibre de los conductores a empalmar y estos podrán ser:

- Conectores de compresión Tipo “C”

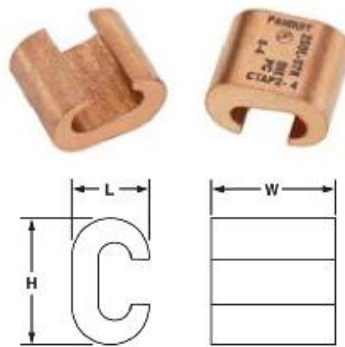


Figura 2.9 conector tipo C

- Conectores “U” bimetálicos tipo KSU

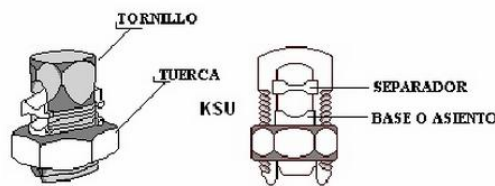


Figura 2.10 Conector tipo U

2.3.3 OBRA ELECTRICA PARA EMPALMES DE MEDIO TENSION

Los empalmes en los sistemas subterráneos se deben evitar en cuanto sea posible.

Estos se utilizan para lograr una longitud más larga de cables, para la derivación de circuitos de un alimentador principal y para restablecer el servicio cuando falle el cable. En este, todas las capas son restituidas una a una para lograr una continuidad lo más perfecta posible.

En un empalme premoldeado o prefabricado se restituyen en una sola aplicación las tres principales capas de cable. Mediante una extrusión triple se coloca la capa semiconductora, luego el aislamiento y finalmente la capa semiconductora externa.

Luego mediante un conector se colocan los hilos de cobre o cinta metálica de la pantalla semiconductora para terminar con la colocación de la cubierta protectora.

2.3.3.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Las especificaciones técnicas tienen por objeto definir las características que deben satisfacer los empalmes de conductores de medio voltaje con aislamiento XLPE.

Esta Especificación se aplica a los Empalmes de Cables de potencia 15 KV., 25 KV.

2.3.3.2 REQUISITOS GENERALES

Los Empalmes de que trata esta Especificación serán instalados en el sistema de distribución de la Empresa para operación continua.

2.3.3.2.1 CONDICIONES AMBIENTALES

- Altura sobre el nivel del mar: 3000 Metros
- Ambiente: Templado
- Humedad relativa máxima: 90 %
- Temperatura máxima: 40 °C
- Temperatura promedio: 14 °C
- Temperatura mínima: -5 °C
- Humedad: 95%

2.3.3.3 REQUISITOS TÉCNICOS

2.3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Las características eléctricas que deben cumplir los Empalmes dependiendo si son para uso con cable extruido o laminado según NTC 3232 (IEEE Std 404- 1986.

En particular serán aptos para los siguientes regímenes térmicos:

- temperatura de régimen: 90 °C
- temperatura de sobrecarga: 1 hora: 130 °C
- temperatura de cortocircuito, 5 seg: 250 °C

- La corriente de cortocircuito que deben soportar las pantallas es de 1kA durante 1 segundo.
- El empalme constituirá un sistema completamente aislado y no permitirá el ingreso de humedades, con resistencia a los esfuerzos de compresión y acción corrosiva del terreno y medio ambiente.
- Durante un período de almacenaje de dos años, contados a partir de la entrega, estos materiales mantendrán estables sus características.

2.3.3.3.2 RECONSTRUCCIÓN DE LA PANTALLA METALICA

- Cada Empalme debe venir provisto de los dispositivos adecuados para la reconstrucción de la pantalla metálica del cable, la cual puede estar formada por hilos de cobre o cinta.

2.3.3.3.3 RECONSTRUCCIÓN SEMICONDUCTIVA

- Cada Empalme estará provisto de los elementos adecuados y necesarios para reconstruir la pantalla semiconductiva del cable.

2.3.3.3.4 RECONSTRUCCIÓN AISLAMIENTO Y CHAQUETA

- Los Empalmes tendrán los elementos necesarios para la reconstrucción del aislamiento y la chaqueta de protección exterior.

2.3.3.3.5 CONECTORES

Los Empalmes vendrán provistos de sus respectivos conectores. Estos serán aptos para conectar el conductor de las características consignadas en estas Especificaciones.

Los Conectores tendrán grabada en forma indeleble la siguiente información:

- Nombre del fabricante
- Rango de conductores que admite
- Número de compresiones.
- Referencia del dado requerido.

- Todos los Conectores que hagan parte del suministro cumplirán los requisitos de la NTC 2244, o NTC 2215
- Los Conectores serán de compresión. Se exceptúan los conectores que hagan la sujeción por medio de tornillos.

2.3.3.4 TIPOS DE EMPALMES DE MEDIO TENSION

Las tecnologías aceptadas para realizar los diferentes empalmes de Medio Voltaje podrán ser:

- contraíble en frío
- termocontracción
- prefabricados
- cintas

2.4 EQUIPO DE CORTE, MANIOBRA Y PROTECCION

2.4.1 OBRA CIVIL

La obra civil para los equipos de corte, maniobra y protección se encuentra básicamente detallada en la construcción de las cabinas de transformación que se ha venido desarrollando en el numeral 2.1.1.

2.4.2 OBRA ELECTRICA

Los sistemas de protección y seccionamiento para las redes de distribución subterráneas serán los siguientes:

- a) Seccionadores Fusible Unipolar Tipo abierto
- b) Celda de medio voltaje aislada en SF6
- c) Equipo premoldeado
- d) Tableros de Bajo Voltaje
- e) Protectores Termomagnéticos
- f) Puesta a tierra
- g) Pararrayos

2.4.2.1 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CADA PROTECCIÓN:

2.4.2.1.1 SECCIONADORES

- Voltaje nominal de operación: 13.2 a 22.8 kV.
- Voltaje máximo: 15 y 27 kV.
- Nivel Básico de Impulso (mínimo): 125 kV. (BIL)
- Capacidad interruptiva (mínimo): 12,5 kA. Simétricos
- Capacidad nominal (amperios): 100 A operable bajo carga con cabinas de extinción de arco Normas: ANSI C. 37 40, C. 37 41 C.37 42 y NEMA 5G-2

Los seccionadores deben indicarse en el plano de red eléctrica y en el diagrama unificar con la simbología correspondiente.

Las detalle de las especificaciones se encuentran homologadas y se pueden observar en el catalogo digital del MEER.

2.4.2.2 CELDAS DE MEDIO TENSION AISLADAS EN SF6

2.4.2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las celdas de aislamiento en SF6 están diseñadas para todo tipo de aplicaciones en servicio interior, alojadas en recintos de poliéster, concreto, metal, instaladas en, cabinas subterráneas, cabinas a nivel de piso, sótanos, estacionamientos, patios, etc.

El interruptor de las celdas de SF6 opera con corrientes de hasta 630 A y voltajes de hasta 38 kV a 60 Hz. Todas las partes vivas dentro de la celda están aisladas con gas SF6, hexafloruro de azufre.

La extinción del arco tiene lugar en la cabina de arqueo que está herméticamente sellada, aislada del gas de la celda.

El gas SF₆ es sintético, no inflamable, no tóxico, inoloro, incoloro y muy estable. Su rigidez dieléctrica es tres veces mayor que la del aire y hasta los 500° C no muestra signos de descomposición.

Desde la fabricación las celdas son llenadas con el gas aislante antes de ser embarcadas. El valor nominal de presión de llenado es 118 kPa (1.18 bar). En las celdas la presión de operación máxima del tanque antes de explosión es de 250 kPa, (2 .5 bar de sobre presión) y es limitado por el liberador de presión.

2.4.2.2.2 APLICACIONES

Las celdas de aislamiento en SF₆ cumplen con las siguientes aplicaciones:

- Maniobras de conexión y desconexión de redes de distribución con carga en medio voltaje.
- Conexión y desconexión de transformadores de distribución.
- Como tableros alimentadores en medio voltaje de industrias y comercios.

2.4.2.2.3 PROPIEDADES

- Armadas y probadas en fábrica, para aplicaciones en servicio interior.
- Aislamiento por hexafloruro de azufre.
- Resistencia al arco eléctrico.
- Máxima seguridad para las personas.
- Máxima seguridad de operación.
- Independencia a las condiciones atmosféricas (humedad, temperatura, suciedad, etc.).
- Libre de mantenimiento.
- Dimensiones reducidas.

2.4.2.2.4 NORMAS

Los equipos cumplirán con las últimas revisiones de las siguientes recomendaciones IEC:

- IEC 62271-200 (antigua IEC 298) celdas compartimentadas AC, con equipo para voltajes nominales de 1 - 54 KV, inclusive.
- IEC 265 seccionadores bajo carga de alta voltaje
- IEC 129 seccionadores AC y switch de puesta a tierra
- IEC 694 cláusulas comunes para equipos de alto voltaje.
- IEC 420 combinaciones seccionador - fusible de alto voltaje.
- IEC 56 Interruptores automáticos de alto voltaje AC.
- IEC 282-1 Fusible de alto voltaje.
- IEC 185 Transformadores de corriente.
- IEC 186 Transformadores de voltaje.
- IEC 801 Compatibilidad electromagnética para equipos de medida y control de procesos industriales.
- ANSI / IEEE C.37.60 - C.37.63 - C.37.71 – C.37.72 – C 37. 73 57.12.28
- ANSI /IEEE 386
- ASTM D 2472

2.4.2.2.5 CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS

- Voltaje nominal: 22.8 kV
- Voltaje de operación máximo: 27 kV
- Voltaje aplicada en 1 minuto: 50 kV
- Nivel básico de impulso mínimo: 125 kV (preferible 150 kV)
- Capacidad de corriente en servicio continuo en barras: 600 A
- Capacidad de maniobra con carga: 200 A
- Frecuencia: 60 Hz
- Medio aislante: SF6
- Medio de interrupción: Cabina de vacío
- Apertura y cierre automatizado: Entradas o salidas motorizadas, de acuerdo con lo que La Empresa Distribuidora especifique en forma particular para cada uso.
- Puesta a tierra de contactos: los interruptores deberán ser de tres posiciones en los contactos: abierto, cerrado y aterrizado.

- Bloqueo mecánico: No deberá permitir llevarlo a la posición de tierra si está energizado o viceversa.
- Capacidad interruptiva mínima: 12.5 kA
- Material del tanque: Acero inoxidable tipo AISI 304.

2.4.2.2.6 CARACTERISTICAS PARTICULARES

La operación de Las celdas de aislamiento en SF6 cumple con las siguientes características:

- Celda autosoportada con tanque muerto y hermético que impide tener acceso a partes vivas.
- Operación manual de los seccionadores, pudiendo ser opcionalmente motorizado.
- Bloqueos mecánicos que impiden operación de dos cuchillas simultáneamente.
- Bloqueos mecánicos que impiden abrir las cubiertas frontales cuando la cuchilla de puesta a tierra no está conectada.
- Bloqueos mecánicos que impiden operar la cuchilla de puesta a tierra cuando el seccionador está cerrado.
- Bloqueos mecánicos que impiden el retiro de fusibles fundidos sin que previamente se abra el seccionador y se conecte la cuchilla de puesta a tierra.
- Protección contra sobretensiones a través de pararrayos.
- Protección contra corto-circuito por medio de fusibles limitadores de corriente (DRS).
- Desconexión del interruptor de vacío por medio de equipos de disparo.
- A las celdas de cable y transformador se les puede adicionar celdas de medición y acoplamiento.

2.4.2.3 EQUIPO PREMOLDEADO PARA MEDIO TENSION

Los conductores aéreos normalmente están desnudos y su terminación es relativamente sencilla; los cables con pantalla requieren un procedimiento más

complejo ya que al cortar el cable, la pantalla de aislamiento que posee un potencial de tierra puede quedar muy cerca del conductor y no podría soportar el gradiente de potencial y se produciría una descarga de potencial del cable al potencial de tierra. Esto se da básicamente porque se tiene un aislante sólido con una constante dieléctrica alta y el aire con una constante dieléctrica bajo; el esfuerzo provocado por el campo eléctrico llegará a romper el carácter dieléctrico del aire con lo que este se ioniza y permite el paso de la corriente y se produce la falla.

La manera de controlar dichos esfuerzos es dispersando el campo eléctrico gradualmente a cierta distancia del aislamiento con lo que se logra aumentar la distancia entre el potencial de la pantalla y el conductor, la cual se conoce como distancia de fuga.

La situación se puede solucionar aumentando el área con un aislante sólido cuya constante dieléctrica sea similar a la del aislamiento. El dispositivo utilizado para realizar esta función se llama cono de alivio y es fundamental para el funcionamiento de tres dispositivos indispensables en los sistemas subterráneos: terminales de transición aérea subterránea, terminales tipo codo y en los empalmes entre dos cables; los tres tipos logran controlar el campo eléctrico mediante una disminución gradual de su intensidad y restablecen las condiciones normales de aislamiento.

En la actualidad los conos de alivio son premoldeados lo que permite que la superficie de alivio de esfuerzo ya venga incluida en el mismo cuerpo del dispositivo. El tipo de cono de alivio dependerá del nivel de voltaje.

En los empalmes y terminales tipo codo, el cono de alivio extiende la pantalla externa y la pantalla interna, con lo que se asegura que no habrá aire expuesto a un esfuerzo de voltaje eléctrico.

2.4.2.3.1 CONECTORES PREMOLDEADOS

Los conectores premoldeados son usados en redes de distribución subterránea de energía en rangos desde 5 hasta 27 KV.

El uso de materiales especialmente diseñados para garantizar un excelente aislamiento y blindaje superior deberán garantizar que los conectores premoldeados

aseguren la más alta calidad, confiabilidad, estabilidad y rendimiento, lo que se traduce en instalaciones de gran duración, libres de mantenimiento.

El equipo premoldeados deberá ofrece ventajas importantes como:

- Diseño simple, construcción de una sola pieza con aislamiento integrado
- protección y sellado de superficies
- facilidad de instalación ya que no se requieren herramientas especiales
- compacto, ligero y duradero diseñados para un fácil manejo y aplicación

Los terminales enchufables, los cuales tienen su mayor aplicación en las cabinas de los centros de transformación son de diseño compacto y no incrementa la longitud total del terminal.

Las características que presentan estos terminales son:

- Posibilidad de instalación en interior y exterior, así como en posición vertical, en ángulo o invertida.
- Para su montaje no son necesarias herramientas especiales ni encintado ni materiales de relleno.
- No se precisa mantener distancias mínimas entre fases.
- La conexión se puede poner en voltaje inmediatamente después del montaje.
- Los terminales pueden aplicarse sobre cables de cualquier tipo, como: polietileno, polietileno reticulado, etileno-propileno y cables de papel impregnado.
- Se utilizan en conductores de cobre y aluminio.
- Un divisor de voltaje capacitivo incorporado permite comprobar si la línea está en voltaje.
- El voltaje máximo de funcionamiento es de 27 kV, con intensidades de 200-600 A.

2.4.2.3.1.1 CONECTORES SEPARABLES

2.4.2.3.1.1.1 Conector tipo codo

Estos conectores se utilizan para acoplar eléctricamente las terminales de los equipos. Estos, son dispositivos que se pueden operar bajo carga, o sea, que pueden interrumpir la alimentación de un equipo eléctrico con sólo desconectar los codos de operación.

Estos conectores deben contar en su interior con las capas adicionales con que cuenta un cable subterráneo con el fin de dar una continuidad total en la conexión.

Las normas 386 y 592 ANSI/IEEE dan los estándares para estos dispositivos.

Estos codos brindan la configuración de frente muerto que elimina las partes vivas y por lo tanto evita el riesgo de contacto. Además deben estar en la capacidad de brindar blindaje en casos de una inundación de las cabinas o bóvedas donde se ubiquen, o sea, deben ser completamente sumergibles.

Estos dispositivos se especifican para determinados rangos de temperatura. Si esta se encuentra por encima de la especificada entonces se reduce la capacidad de trasiego de corriente.

Los codos de conexión y sus respectivos accesorios están disponibles en 200 A. para operación con carga (loadbreak), 200 y 600 A para operación sin carga (deadbreak). Los conectores de 600 A poseen completo blindaje, frente muerto y son completamente sumergibles. Deben cumplir con la norma ANSI 386.

Especificados para equipos de pedestal, subterráneos, interiores o exteriores y otras aplicaciones, los codos de conexión poseen un sistema de elementos intercambiables con los cuales se pueden hacer conexiones y desconexiones en el sistema de manera muy rápida y sencilla.

Los terminales deben poseer dimensiones estandarizadas con el fin de ser compatibles con las diferentes casas comerciales.

Partes de un conector tipo codo

Pantalla semiconductor interna: Sirve para dar uniformidad a las líneas del campo eléctrico en los alrededores del conductor principal. Esta uniformidad elimina las concentraciones excesivas de las líneas de campo eléctrico en puntos específicos que podrían romper el carácter dialéctico del aislamiento.

Pantalla semiconductor externa: Sirve para dar uniformidad a las líneas de campo eléctrico en los bordes externos del conector tipo codo, y su contacto con la capa externa del dispositivo permite poner los bordes al potencial de tierra.

Aislamiento: Separa eléctricamente el conductor central de la capa semiconductor externa y de la exposición de cualquier otro potencial.

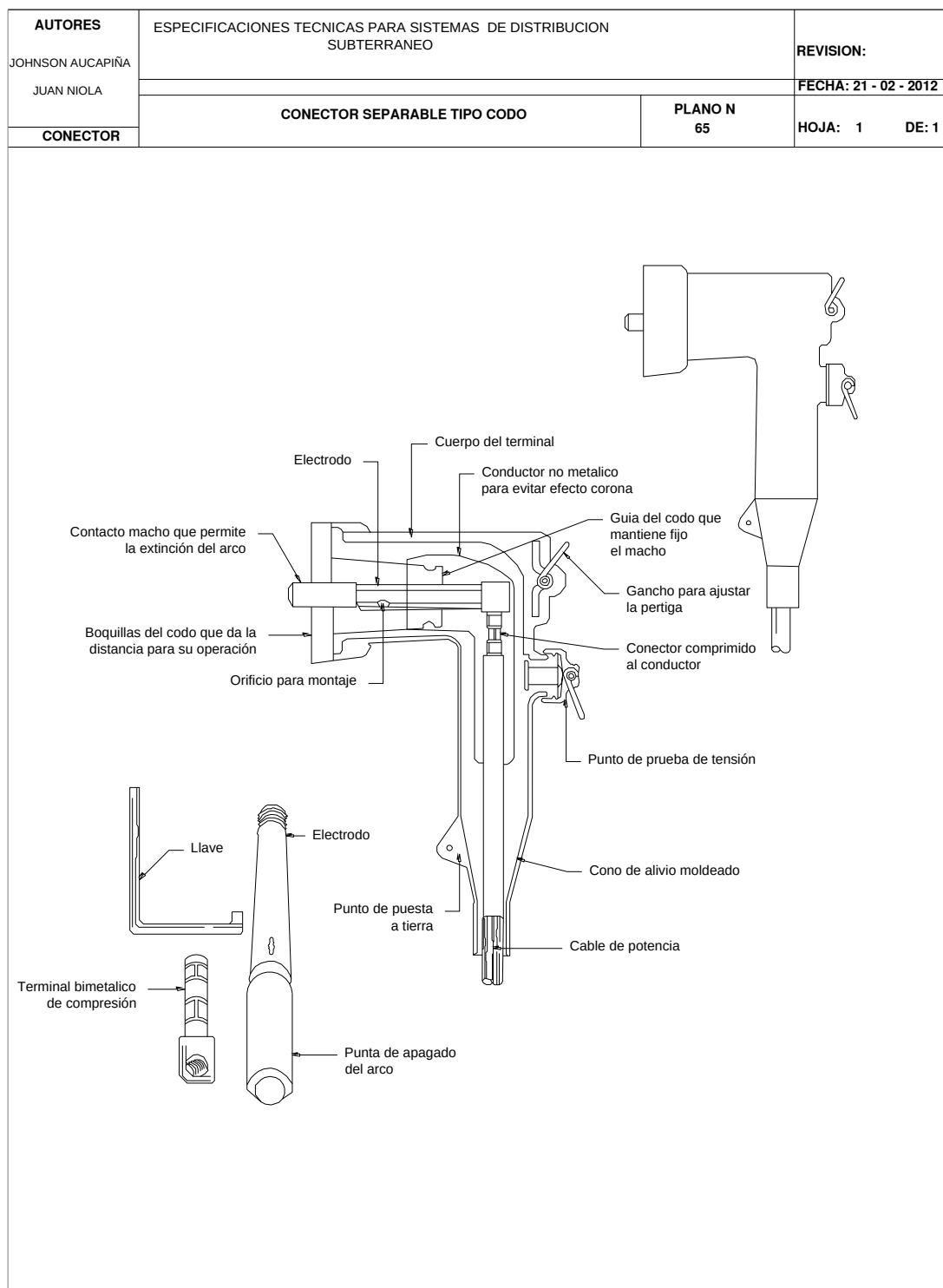
Ojo de tiro: arreglo mecánico en forma de argolla que permite la operación con pértiga.

Conector: Es un cilindro metálico hueco del interior del codo que sirve para unir el conector principal con el pin de contacto central del codo.

Etiqueta de puesta a tierra: En esta parte se enrolla un hilo metálico que en su otro extremo se une al potencial de tierra. Se puede conectar directamente a la barra de puesta a tierra.

Pin de contacto: Permite la unión de contacto eléctrico con el equipo de bóveda o pedestal. Además funciona como extintor del arco a la hora de operar la terminal bajo carga.

Sus elementos constituyentes están representados en el *Plano 65*.



2.4.2.3.1.1.2 Conectores separables en T

El conector en T es el más sencillo y utilizado de estos equipos. Su ensamblaje no necesita herramientas especiales. Debido a su diseño, no se recomienda su uso en sistemas donde se requieren frecuentes operaciones de desconexión y conexión.

Con posibilidad de acoplamiento de conectores separables.

Su parte posterior puede quedar aislada o dispuesta para que en ella pueda ser insertado un nuevo conector separable. Los contactos de conexión son intercambiables para conexión reforzada.

Sus principales partes son:

Cuerpo en forma de T: es la base del dispositivo y se moldea en caucho EPDM, posee una etiqueta de aterrizamiento que se conectan con la pantalla del cable.

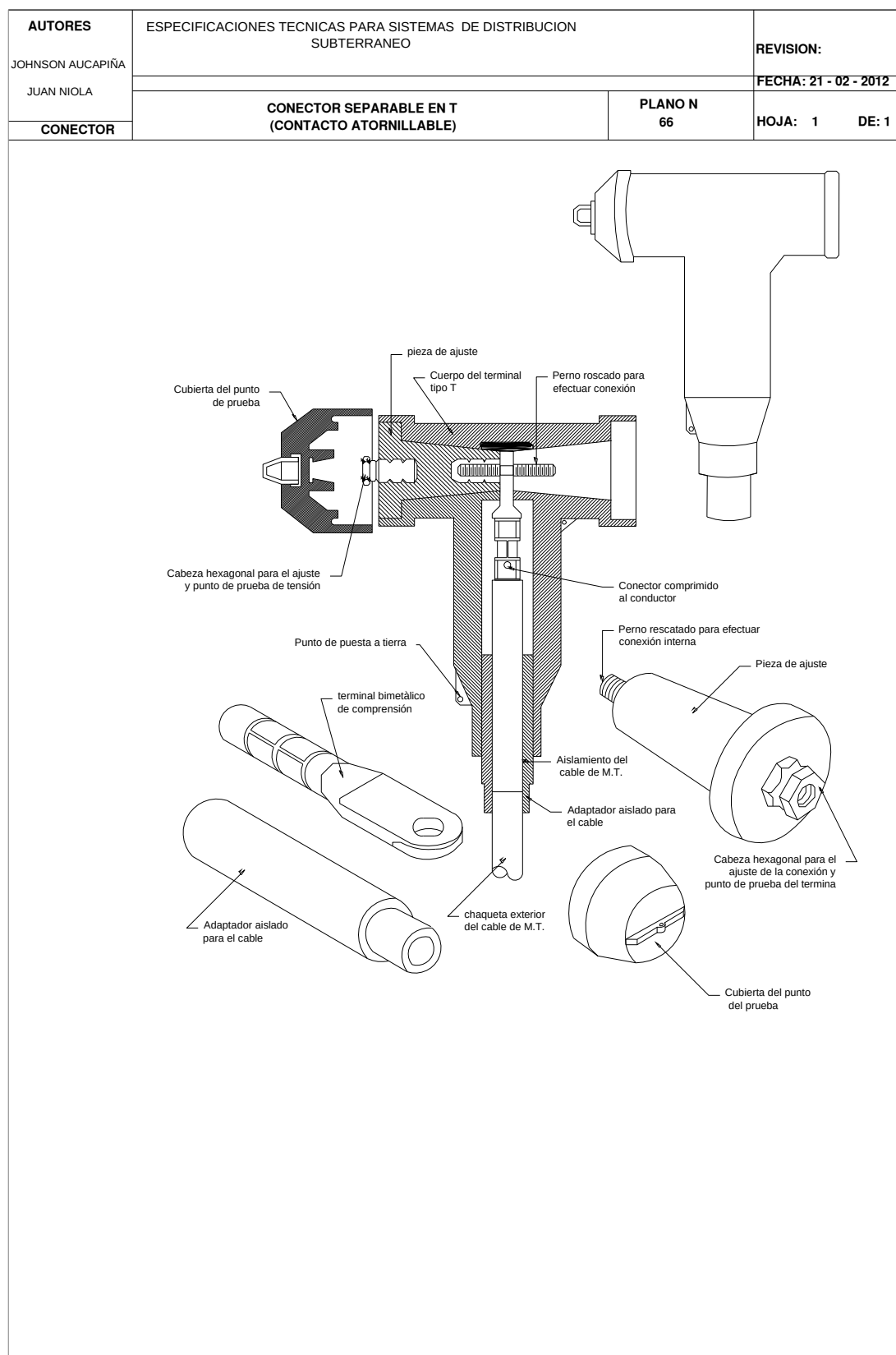
Conector de compresión: permite el acople de diferentes calibres de cables y está totalmente apantallado para eliminar el efecto corona.

Adaptador de cable: compensa la diferencia en los diámetros de aislamiento del cable y evita esfuerzos eléctricos en la pantalla del cable.

Enchufe aislado con o sin espiga: permite aislar un lado particular del conector. Posee un punto de prueba capacitivo de voltaje mediante una tuerca que permite verificar si el circuito está energizado.

Capuchón protector: se encuentra aislado, blindado, sellado y moldeado en caucho EPDM. Posee un ojo de tiro para el bushing de 600A.

Sus elementos constituyentes están representados en el *Plano 66*. Este terminal no dispone de divisor capacitivo de voltaje.



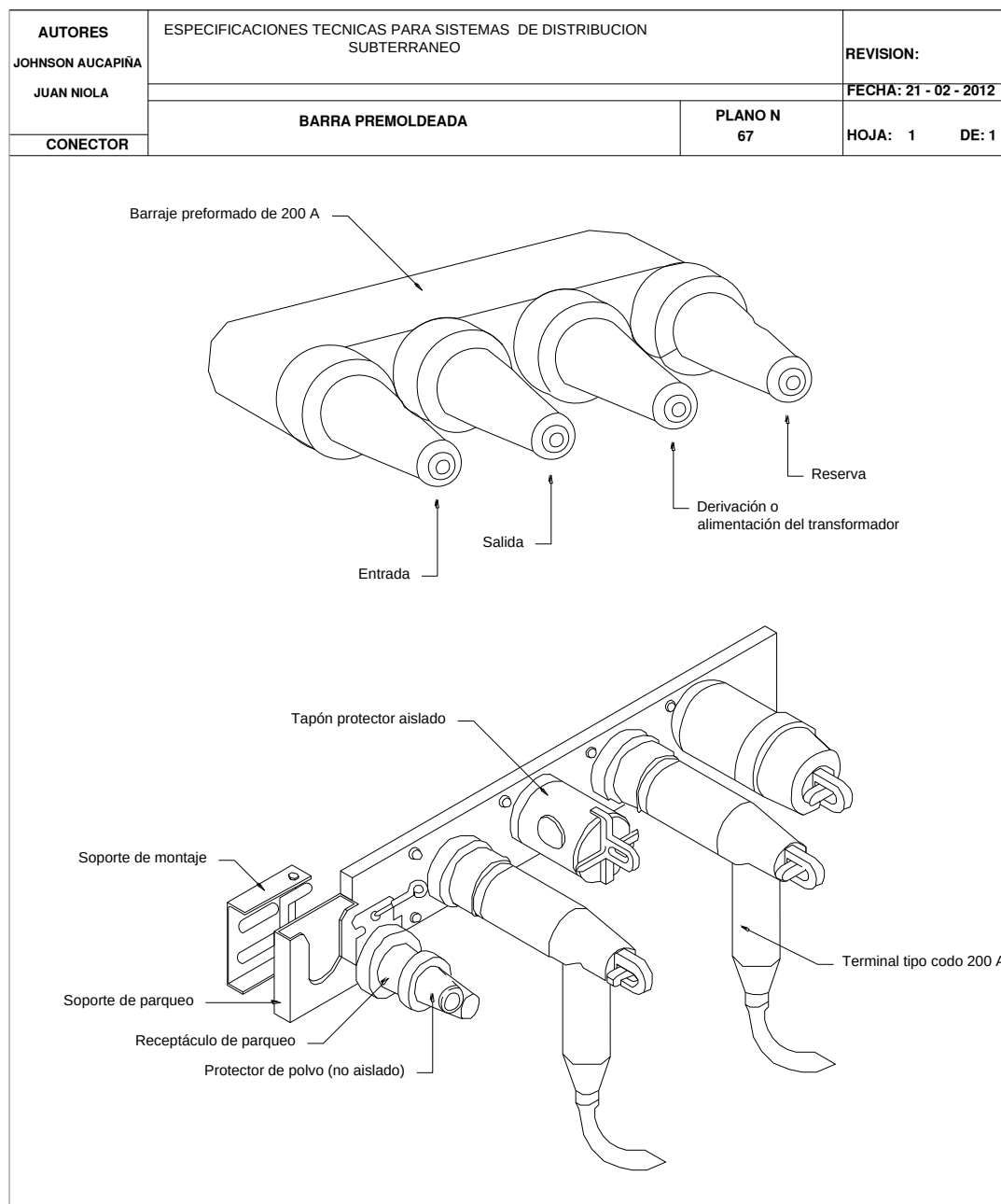
2.4.2.3.1.1.3 Regletas de derivación múltiple

Permiten maniobras de seccionalización, empalmes y derivaciones, deben contar con zócalos de descanso.

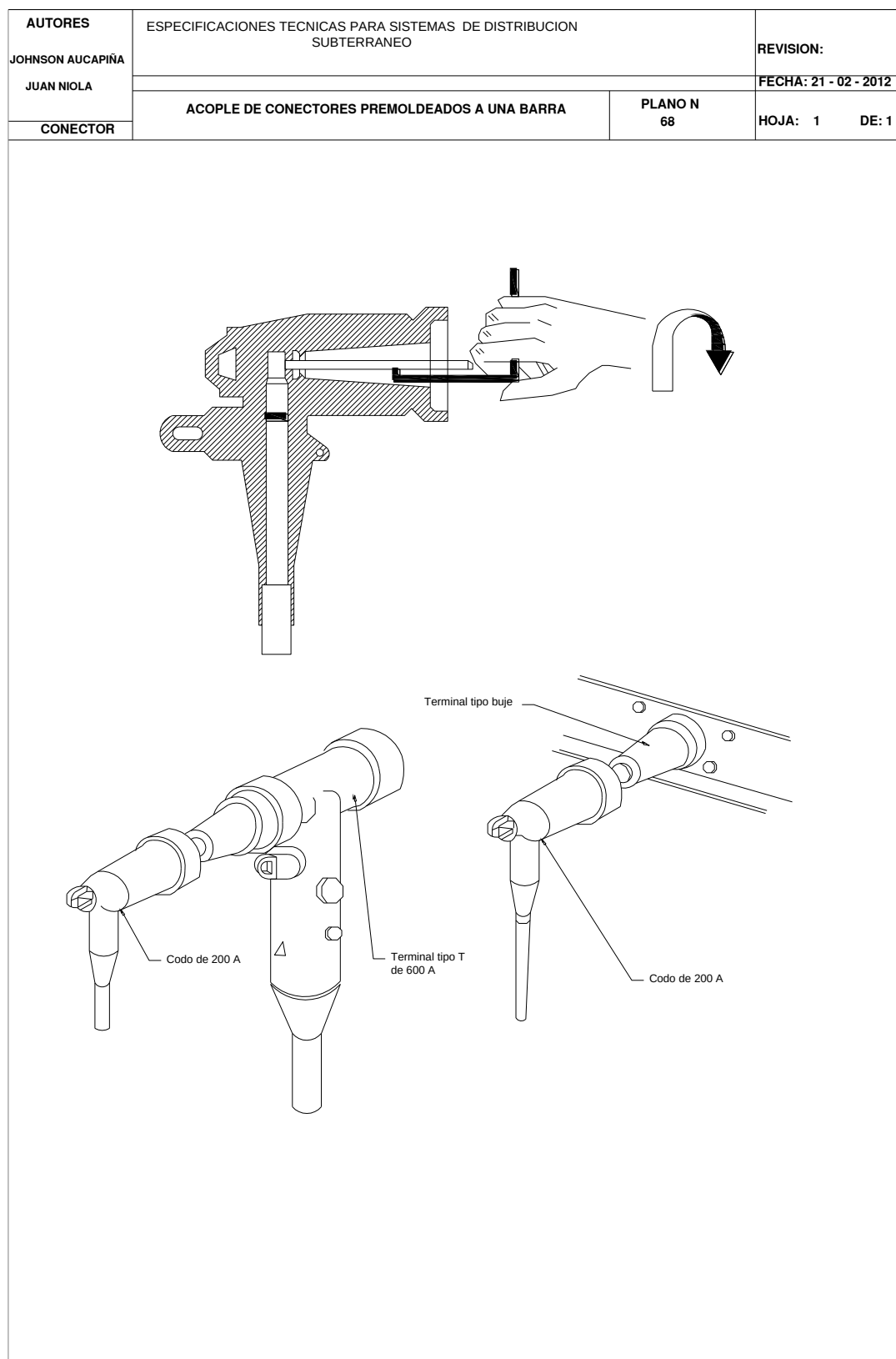
Zócalos de descanso:

Deben usarse para colocar en una posición fija y segura un terminal tipo codo que haya sido movido de su posición habitual.

Sus elementos constituyentes están representados en el *Plano 67*. Este terminal no dispone de divisor capacitivo de voltaje.



El detalle de la unión de los tres tipos de conectores premoldeados más utilizados se los puede observar en el *Plano 68*.



2.4.2.3.1.2 TERMINALES DE CONDUCTORES SUBTERRANEOS DE MEDIO TENSION

2.4.2.3.1.2.1 TERMINALES TIPO INTERIOR

- El voltaje de la terminal deberá corresponder con el voltaje de todos los otros elementos de la red en la cual se instalará.
- La temperatura generalmente se establece en 90° ya que corresponde a la temperatura de funcionamiento de la mayoría de los elementos de la red de medio voltaje.
- El control de esfuerzos lo brindan las capas de materiales con diferentes constantes dieléctricas colocadas alrededor del cable que disminuyen en forma gradual el efecto de los campos eléctricos propios del conductor.
- El cuerpo está hecho de EPDM el cual es un material similar a la goma, a base de etileno-propileno.

Sus principales características son:

- Alta resistencia a la penetración del agua
- Estable ante el ozono y rayos ultravioleta.
- Mantiene su flexibilidad y elongación por un mayor tiempo que otros elastómeros
- Tolerancia a grandes cambios de temperatura
- Resistencia a ácidos y bases
- Resistente a solventes polares

Las faldas de las mufas son elementos circulares en cuyo centro se encuentra insertado el conductor. El número de faldas varía con el voltaje y las condiciones ambientales del lugar de instalación.

La grasa de silicón presenta una constante dieléctrica intermedio, lo cual ayuda a crear las capas de diferentes constantes dieléctricas además que ocupa el espacio del aire entre el conductor y la terminal.

Normas

Deberán cumplir con los requisitos que establecen las normas IEEE 48, VDE 0278 e IEC 502 según la última revisión.

Especificaciones Particulares

Deberán ser del tipo contraíble en frío o termocontraíble, construidas en una sola pieza (no modulares). El aislamiento deberá ser hule siliconado y cumplir con:

- Voltaje nominal: 25 kV.
- Nivel Básico de Impulso (BIL): 125 kV.
- Frecuencia: 60 Hz.
- Para usarse en cables de XLPE 130% nivel de aislamiento
- Uso interior

2.4.2.3.1.2.2 TERMINALES TIPO EXTERIOR

Los terminales que se especifican a continuación, se usarán en la transición del sistema aéreo a subterráneo, en redes monofásicas o trifásicas que operan a un voltaje nominal de 6.3 / 24.9 kV.

- Deberán ser resistentes a la radiación ultravioleta, contaminantes tales como niebla salina, lluvia ácida, polvos abrasivos o minerales, contaminantes biológicos, capaz de operar en forma continua en ambientes con humedad relativa de hasta 95 %.

Normas

Deberán cumplir con los requisitos que establecen las normas IEEE 48, VDE 0278 e IEC 502 según la última revisión.

Especificaciones Particulares

Deberán ser del tipo contraíble en frío o termocontraíble, construidas en una sola pieza (no modulares). El aislamiento deberá ser hule siliconado y cumplir con:

- Voltaje nominal: 25 kV.
- Nivel Básico de Impulso (BIL): 125 kV.
- Frecuencia: 60 Hz.
- Para usarse en cables de XLPE 130% nivel de aislamiento
- Uso exterior
- Cada terminal debe contar con su respectivo conector de cobre estañado, sellados, de doble ojo para los calibres 250 MCM y 500 MCM, para calibre 1/0 AWG debe ser de espiga y venir con su grapa para conexión al cable.
- Cada terminal deberá traer su respectivo soporte para uso exterior galvanizado o anodizado resistente a la corrosión.
- Con cada terminal deberán venir todos los accesorios necesarios para su instalación tales como: juegos de limpieza, grasa siliconada, lijas especiales, cintas semiconductoras o aislantes, instructivos y demás necesarios.
- Las longitudes máximas (L) de las terminaciones deberán venir indicadas en los catálogos del fabricante, siendo (L), la distancia longitudinal medida entre el extremo visto de la cubierta del cable y el extremo del conductor.

TERMINAL

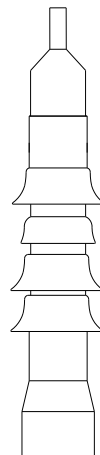


Figura 2.11 Terminal contraíble en frío para cable subterráneo

2.4.2.4 TABLEROS DE BAJO TENSION

Un tablero de bajo voltaje eléctrico es una combinación de varios dispositivos de protección y maniobra, agrupados en una o más cajas adyacentes (columnas).

En un tablero es posible distinguir las siguientes partes: una caja, denominada envolvente conforme a las normas (y cuya función es el soporte y la protección mecánica de los componentes que alberga) y el equipamiento eléctrico, formado por los aparatos, las conexiones internas y los terminales de entrada y salida para la conexión a la instalación.

Como todos los componentes de un sistema eléctrico, los tableros también deben cumplir las normas correspondientes.

En lo referido a las normas, se debe fabricar utilizando las normas IEC 61439-1 e IEC 61439-2. Estas normas son aplicables a todos los tableros de distribución y control de bajo voltaje (aquellos en los que la voltaje nominal no supera los 1000 V para CA o los 1500 V para CC).

La norma básica establece los requisitos para la construcción, seguridad y mantenimiento de los cuadros eléctricos identificando las características nominales, condiciones de servicio ambientales, requisitos mecánicos y eléctricos, así como los requisitos relativos al rendimiento.

Las diferentes características (sobre temperatura, aislamiento, corrosión, etc.) pueden garantizarse empleando cualquiera de estos tres métodos; puede utilizarse uno u otro indiferentemente para garantizar la conformidad.

2.4.2.4.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOMINALES DE UN TABLERO

2.4.2.4.1.1 Voltaje nominal (U_n)

Valor nominal máximo de voltaje de CA (rms) o de CC, declarado por el fabricante del tablero, a la cual el circuito o circuitos principales del cuadro esta o están diseñados para conectarse. En circuitos trifásicos es el voltaje entre fases.

2.4.2.4.1.2 Voltaje nominal de empleo (Ue)

Voltaje nominal del circuito de un tablero que, combinada con la intensidad nominal del circuito, determina su aplicación. En circuitos trifásicos, este voltaje equivale al voltaje entre fases.

En un tablero normalmente hay un circuito principal, con su propio voltaje nominal, y uno o más circuitos auxiliares con sus respectivas tensiones nominales.

El fabricante deberá indicar los límites de voltaje a respetar para el correcto funcionamiento de los circuitos del interior del cuadro.

2.4.2.4.1.3 Voltaje nominal de aislamiento (Ui)

Valor de voltaje del circuito de un tablero al que hacen referencia las tensiones de prueba (rigidez dieléctrica) y las distancias de aislamiento superficiales. El voltaje nominal de cada circuito no deberá superar al voltaje nominal de aislamiento.

2.4.2.4.2 GRADO DE PROTECCIÓN IP DEL CUADRO

El código IP indica el grado de protección proporcionado por la envolvente contra el acceso a partes peligrosas, contra la introducción de objetos sólidos extraños y contra la entrada de agua.

El código IP es el sistema de identificación de los grados de protección conforme a los requisitos de la norma IEC 60529.

2.4.2.4.3 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

Características mínimas exigibles:

- Formas: Paralelepípedo
- Dimensiones: las especificadas en los planos

- Material de lámina: Hierro tool 2mm de espesor
- Tratamiento antioxidante: Fosfatizado
- Capa inicial de pintura: Fondo antioxidante
- Capa final de pintura: Esmalte impregnado al horno
- Hermeticidad: IP65 – evita la entrada de polvo y chorros de agua desde cualquier ángulo.
- Sellado de puertas: Caucho empaque rudon
- Cerraduras: Tipo manija
- Ingreso/salida de cables: Inferior
- Sistema de enfriamiento: Por convección natural mediante ventanas dispuestas en la parte superior
- Barras de cobre: 1000A de capacidad
- Humedad relativa: 95 %

2.4.2.5 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

2.4.2.5.1 INTRODUCCIÓN.

Las especificaciones que se dan a continuación establecen los requisitos técnicos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica, embalaje y transporte de las siguientes especificaciones para interruptores termomagnéticos (breakers):

- Interruptor termomagnético para montaje tipo enchufable.
- Interruptor termomagnético para montaje en riel Din35

Los tipos y características propias de los interruptores termomagnéticos se deberá cumplir las siguientes normas y características técnicas que se enuncian a continuación.

2.4.2.5.2 NORMAS.

Los interruptores termomagnéticos deberán cumplir las normas ISO 9001.

Además deberán estar diseñados, fabricados, ensamblados y probados, de acuerdo a las más recientes revisiones de especificaciones y normas de ANSI e IEC (IEC 60898 para los del tipo riel Din 35, y para los del tipo enchufable según la norma IEC 60898, UL 489), en sus partes aplicables. No obstante, de acuerdo con los diseños de los fabricantes, pueden emplearse otras normas internacionales reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en los presentes términos de referencia. Se deberá adjuntar un ejemplar de las normas utilizadas, preferiblemente en idioma español y alternativamente en inglés, en las que se resaltarán las partes pertinentes.

2.4.2.5.3 CARACTERISTICAS TECNICAS

2.4.2.5.3.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO PARA MONTAJE TIPO ENCHUFABLE

Norma de referencia	IEC 60898, UL – 489
N° polos	2- 3
Capacidad interruptiva	10KA
Corriente nominal a 40°C (A)	70–600
Voltaje nominal a 40°C (V)	240
Frecuencia nominal (Hz)	50/60
Temperatura de empleo	40°C
Tipo de montaje	Enchufable
Número máximo maniobras eléctricas	4000
Número máximo maniobras mecánicas	8000
Sección del conductor máxima permisible 15A	#6 AWG
Sección del conductor máxima permisible 600 A	#300 MCM

CAPÍTULO III

3 EJEMPLO DE APLICACIÓN

INTRODUCCION

En este capítulo se realizará un ejemplo del diseño y la construcción de una red eléctrica subterránea en medio y bajo voltaje. El lugar que se ha escogido para el diseño de este tipo de redes es la Av. Loja en el tramo comprendido desde la Av. Remigio Crespo hasta la Calle Galápagos que se encuentra servida por el alimentador 0205 a 6,3 KV.

3.1 CABINAS

3.1.1 OBRA CIVIL

Para la distribución de la red subterránea de medio voltaje se debe construir una Cabina de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples, que se ubicará a la altura de la Av. Loja y Pastaza y deberá cumplir las especificaciones descritas en el capítulo II.

3.1.1.1 DIMENSIONES

La Cabina de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples para 6.3 KV. será construida con las dimensiones analizadas en literal 2.1.1.5.3

Voltaje (KV)	Dimensiones		
	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
6,3	2448	2146	2420

Tabla 3.1 Dimensiones de la Cabina de Derivación y Maniobras con Barras premoldeadas de conectores múltiples para 6.3 KV.

El detalle de esta cabina se puede observar en los Planos 7 y 8:

3.1.1.2 AMBIENTE DE OPERACIÓN

- El ambiente interior de la cabina subterránea debe ser apto para la instalación y operación continua de las barras de conectores múltiples de 200 A. y tendrá la comodidad para el trabajo del personal en su interior.
- La humedad relativa interna de la cabina deberá ser como máximo 60% para mantener un margen de seguridad debido a que la humedad relativa de los equipos premoldeados es 90%.

EQUIPO	Temperatura °C	Humedad %
Cámara Subterránea	de 20 a 30	60

Tabla 3.2 Porcentaje de Humedad de la Cabina de Derivación y Maniobras con Barras premoldeadas de conectores múltiples para 6.3 KV.

3.1.1.3 IMPERMEABILIDAD

La cabina se construirá impermeable, resistente al agua y a la humedad permanente, llevará pintura para interiores de cero mantenimiento a largo plazo.

Referirse al literal 2.1.1.5.5.

3.1.1.4 SISTEMA DE VENTILACIÓN

Al tratarse de una Cabina de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples no es necesario disponer de un sistema de ventilación debido a que estos equipos no irradian calor por pérdidas como los transformadores.

3.1.1.5 HORMIGÓN DE LA CABINA DE DERIVACIÓN Y MANIOBRA

El hormigón que se utilice en la construcción de la cabina debe ser de una resistencia de:

- $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para todas las paredes, pisos, losas y tapas móviles.

(Referirse a la tabla 2.12).

3.1.1.6 PISO

El piso será construido con losa de hormigón ciclópeo con refuerzo de malla electrosoldada lo suficientemente resistente para soportar el peso de los equipos que se instalarán en la cabina. Además debe contener canaletas perimetrales y rejillas a nivel del piso de la cabina, las dimensiones de las canaletas aproximadamente serán de 0,4m. de ancho y 0,6m. de profundidad, dentro de las cuales alojarán a los conductores de bajo y medio voltaje colocados sobre bandejas portacables. Los detalles referirse al literal 2.1.1.5.9.

3.1.1.7 TAPAS O LOSAS SUPERIORES

Será construido con hormigón tipo ciclópeo $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con doble refuerzo de varilla corrugada de diámetro 12mm cada 10 cm en ambas direcciones. El techo estará compuesto de varias losetas de hormigón armado con refuerzo de perfil metálico, provistas de ganchos para el izado de las mismas en caso de reposición de equipo. Los boquetes para ingreso de personal será de 70x70 cm y la tapa será de grafito esferoidal. (Referirse al literal 2.1.1.5.10).

3.1.1.8 PAREDES, BASES Y FUNDICIONES

Las paredes estarán construidas de hormigón ciclópeo $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con refuerzo doble de malla electrosoldada de 6 ó 10 mm. Los detalles de construcción referirse al literal 2.1.1.5.11.

3.1.1.9 CANALETAS PARA INGRESO Y SALIDA DE CABLES

El ingreso y salida de los cables a la cabina de transformación subterránea será a través de bancos de 9 ductos.

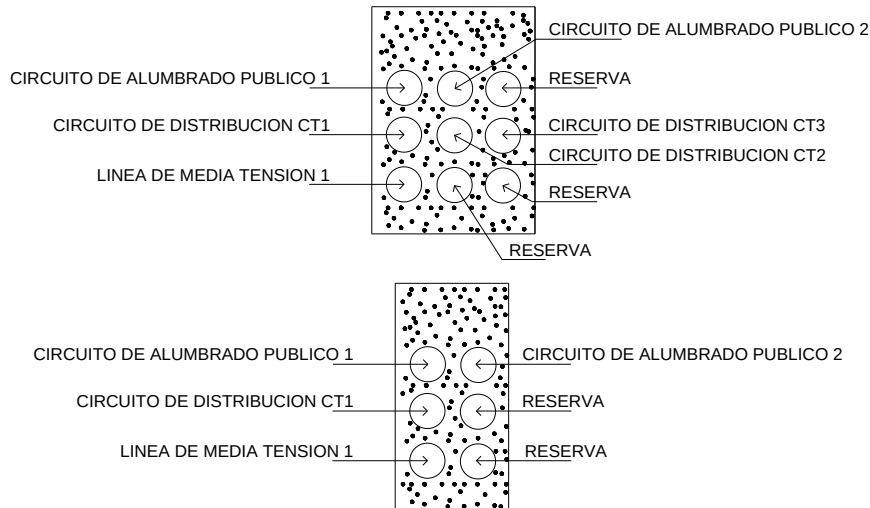


Figura 3.1 Banco de ductos para ingreso de cables a la Cabina Subterránea

En este tipo de cabina no es necesario construir canaletas en las esquinas para alojar a los cables, estos pueden ingresar directamente a las barras de conectores múltiples.

3.1.1.10 TAPAS DE ACCESO A LA CABINA

La tapa de ingreso a la cabina será de grafito esferoidal deberá tener cierre articulado clase C250 y fuerza de ensayo 400 kN (kilo Newton), debe cumplir las características descritas en el literal 2.1.1.5.14. (*Plano 16*).

3.1.2 OBRA ELECCTRICA

La obra eléctrica de este tipo de cabina comprenderá de:

3.1.2.1 ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA CABINA

La cabina dispondrá de un circuito de fuerza y un circuito de iluminación que estarán protegidos por un interruptor termomagnético que estará instalado en un centro de distribución.

El nivel medio de iluminación será como mínimo de 270 lux.

Referirse al literal 2.1.2.5.

3.1.2.2 DERIVACIONES DE MEDIO VOLTAJE DESDE BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MULTIPLES

En el tramo de la Avenida Loja comprendido entre la calle Lorenzo Piedra y la calle Galápagos, se considera la implementación del alimentador primario en forma subterránea, el mismo que partirá mediante un sistema de transición aéreo-subterráneo desde un poste ubicado en el parque de San Roque y seguirá utilizando los ductos a implementarse hasta la Cabina de Derivación y Maniobras que se le conocerá como **CDM-1**, a construirse en la Avenida Loja, en la intersección con la calle Pastaza; en donde se implementará un juego de tres barras premoldeadas de conectores múltiples de 5 vías para 25KV, que servirá como punto de derivación.

Desde las citadas barras saldrán cuatro derivaciones:

1. Alimentará a la cabina de transformación 2347 existente en el predio de propiedad de la Universidad de Cuenca, ubicado junto a la Cabina de derivación CD-1.
2. Alimentará al ramal en medio voltaje existente en la calle Pastaza.
3. Alimentará al ramal en medio voltaje existente en la calle Alfonso Borrero.
4. Alimentará al ramal de medio voltaje existente en la calle Remigio Tamariz Crespo.

Los detalles de las derivaciones en medio voltaje y la distribución en bajo voltaje se puede observar en el Anexo 9.

3.2 CONDUCCIÓN

3.2.1 OBRA CIVIL

Para la instalación de las redes de distribución subterráneas es necesario implementar el sistema de ductos y pozos de revisión.

3.2.1.1 BANCO DE DUCTOS

En el proyecto se contempla la implementación de un banco de 9 ductos a lo largo del margen este de la Avenida Loja, considerando que están junto a las calles

transversales a través de las cuales se alimenta al sistema, y, un banco de 6 ductos a lo largo del margen oeste de la Avenida.

Los detalles de estos bancos de ductos se pueden apreciar en los planos 22 y 23, también en el literal 2.2.1.2.5.

En los accesos a todas las calles transversales se considera la implementación de un banco de 6 ductos a fin de facilitar las instalaciones cuando se regeneren las citadas calles transversales, que terminan en un pozo de revisión similar a los pozos de las bajantes eléctricas de poste.

Todos los ductos serán de tubería de PVC rígida de 110 milímetros de diámetro, y estarán debidamente sellados en ambos extremos, utilizando un sistema de sellado. Todos los bancos de ductos serán debidamente hormigonadas con una resistencia de 140 kg/cm².

Los detalles del recorrido de ductos se puede observar en el Anexo 10.

3.2.1.2 PROFUNDIDAD DE BANCO DE DUCTOS

Los bancos de ductos estarán enterrados una profundidad 40 centímetros debajo del nivel del piso terminado en las veredas y 60 centímetros debajo del nivel del piso terminado en los cruces de las calles. Las especificaciones se pueden observar en los literales 2.2.1.2.6.

3.2.1.3 POZOS DE REVISIÓN

En el proyecto, en el recorrido de las redes de distribución se consideran pozos de revisión, con dimensiones de 1,00x0,70 x0,98 metros libres para las instalaciones eléctricas. Cada espacio tendrá su tapa de hormigón armado con filo de hierro. El filo del pozo tendrá un perfil de hierro que ajuste con el de la tapa. En el fondo de cada uno de los espacios existirá un canal de 20cm de ancho sin fundición de hormigón, recubierto de ripio a fin de facilitar la evacuación del agua que pudiera ingresar. Referirse a los planos 43 y 47.

Al pie de cada una de las luminarias de alumbrado público, y junto a cada una de las casas en las que se implementará alumbrado de portales se considera la implementación de pozos de revisión de 0,50x0,50x0,60 metros libres con tapa de hormigón armado con perfil de hierro. Referirse al plano 64.

Al pie de los postes en los que existan bajantes eléctricas se implementarán pozos de revisión de mampostería de ladrillo de 1,00x0,70 x0,98 libres con tapa de hormigón armado con filo de hierro.

Referirse a los planos 61.

Para las acometidas a las edificaciones se utilizará un ducto constituido por politubo de 1.1/2" de diámetro desde el pozo de revisión correspondiente hasta el tablero de medidores. En el tendido deberá evitarse los dobleces. En el acceso al respectivo tablero de medidores, la tubería irá empotrada en la fachada.

Para alimentar a las luminarias se utilizará un ducto constituido por politubo de 1" de diámetro desde el pozo de revisión correspondiente hasta el interior del poste de hierro galvanizado.

3.2.1.4 TAPAS DE HORMIGÓN Y PERFIL DE HIERRO

Las tapas para los pozos, serán elaboradas con perfil de hierro doblado de 50 mm en la base por 100 mm de alto con una inclinación aproximada de 110 grados tanto para el brocal como para el marco de la tapa. El espesor del perfil será de 4 mm. La losa de la tapa será de hormigón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, de 10 cm de espesor con armadura $\varnothing=12 \text{ mm}$ cada 10 cm. Revisar Planos 58y 59.

3.2.2 OBRA ELECTRICA

3.2.2.1 RECORRIDO DE REDES DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE

En todo el recorrido se plantea la implementación de redes de distribución en bajo voltaje y alumbrado público subterráneas.

Para brindar servicio en bajo voltaje a los usuarios con frente a la Avenida Loja se plantea la implementación de estaciones de transformación de hasta 75KVA ubicadas en las intersecciones de las calles transversales con la Avenida Loja, cada una con su tablero de distribución secundaria. De esta forma a lo largo de la Avenida Loja en el citado tramo sólo existirá red de bajo voltaje subterránea.

La red de medio voltaje a 6,3KV también será subterránea, para lo cual se implementará una Cabina de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples de 5 vías **CDM-1**, en la cual se instalará un juego de barras premoldeadas para 25KV, que servirá como punto de derivación del alimentador hacia cada una de las salidas en medio voltaje necesarias en el sector.

Los detalles de la cabina se pueden apreciar en los planos 7 y 8.

Para el alumbrado público se considera la utilización de postes de hierro galvanizado en caliente de 9 metros de longitud y luminarias de vapor de sodio de 250W.

3.2.2.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN

3.2.2.2.1 CONDUCTORES DE MEDIO VOLTAJE.

Los alimentadores hacia las calles Pastaza y Alfonso Borrero estarán conformados por conductores de cobre calibre 2 AWG con aislamiento tipo XLPE para 25KV para cada una de las tres fases y 2 AWG desnudo para el neutro, y el alimentador hacia la calle Remigio Tamariz Crespo estarán conformados por conductores de cobre calibre 3/0AWG con aislamiento tipo XLPE para 25KV para cada una de las tres fases y 1/0AWG desnudo para el neutro; todos recorrerán a través de los ductos a implementarse hasta las correspondientes salidas a implementarse en los postes en cada una de las citadas calles.

En la Cabina de Derivación CDM-1, las puntas de los cables se instalarán codos desconectables de 200A-25KV. En los otros extremos de cada cable que se instalarán puntas terminales tipo exterior adecuadas para el conductor.

En los postes en los cuales se realiza la interconexión entre los conductores subterráneos y la red aérea, se instalarán pararrayos clase distribución 6KV 10KA, conectados a tierra.

3.2.2.2 CONDUCTORES DE BAJO VOLTAJE.

Desde los tableros de distribución partirán los alimentadores en bajo voltaje para brindar servicio a cada una de las cargas. Todos los alimentadores serán subterráneos, trifásicos a cuatro conductores, conformados por conductores de cobre con aislamiento TTU para 2000V para las fases y desnudos para el neutro, de calibres adecuados, que recorrerán a través de los ductos a construirse para el efecto.

El sistema se ha diseñado de forma que los alimentadores de bajo voltaje de la vereda este pertenecen a una estación de transformación y los alimentadores de la vereda oeste pertenecen a la otra estación de transformación. Además, para facilitar la instalación y el mantenimiento del sistema, desde cada tablero de distribución parten dos alimentadores, uno para alimentar la vereda norte y otro para alimentar la vereda sur correspondientes, de forma que en una vereda no existan dos alimentadores a la vez.

Los conductores que conforman los alimentadores se construirán en un solo vano, no podrán tener empalmes en su recorrido.

3.2.2.3 ESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN

Todas las estaciones de transformación se instalarán en postes de hormigón armado existentes en las calles transversales. Cada estación de transformación tendrá su correspondiente tablero de distribución en bajo voltaje, ubicado en el piso, junto a la estación, en el cual se incorporarán los interruptores termomagnéticos de protección para los alimentadores en bajo voltaje.

Las estaciones de transformación estarán conformadas por transformadores trifásicos tipo convencional, para trabajar a 3000 metros sobre el nivel del mar, con relación de transformación 6300/220-127V.

En cada una de las estaciones de transformación, en el lado de medio voltaje se instalarán tres seccionadores tipo abierto 27KV 100A con tirafusibles adecuados como elementos de maniobra y protección contra sobre corrientes, y, tres pararrayos de polímero clase distribución 6KV 10KA, debidamente conectados a tierra, como elementos de protección contra sobretensiones; en el lado de bajo voltaje como protección contra sobre corrientes se instalarán fusibles tipo NH, soportados en sus correspondientes bases en cada una de las fases.

Los tirafusibles y fusibles NH se dimensionan de acuerdo con la potencia del transformador a proteger, de acuerdo a las tablas establecidas.

3.2.2.4 ESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN PARTICULARES

En el sector existe una estación de transformación particular conformada por el transformador T17498P de 30KVA 6,3KV ubicado en la Avenida Loja y Remigio Crespo, que será reubicada al poste P226527 ubicado en la calle Remigio Tamariz Crespo. Será necesario construir la acometida en bajo voltaje que partirá desde la estación de transformación y seguirá en forma subterránea, utilizando los ductos proyectados hasta el tablero de medidores existente. La acometida estará conformada por conductores con aislamiento TTU calibre 2AWG para las fases y 4AWG desnudo para el neutro.

3.2.2.5 BAJANTES DE POSTES

En todas las bajantes de postes, los conductores eléctricos estarán protegidos por tubería metálica tipo EMT de 76,5 mm de diámetro adosada al poste utilizando cinta eriband de ¾" con sus respectivas hebillas.

En el extremo superior se colocará un codo reversible a fin de evitar el ingreso de agua, y, en el extremo inferior se colocará un codo metálico tipo EMT de diámetro similar a fin de facilitar el cableado del sistema.

Referirse a los planos 62 y 63.

3.2.2.6 ACOMETIDAS A USUARIOS

Desde los pozos de revisión partirán las acometidas hasta los tableros de medidores de cada uno de los usuarios, las mismas que serán trifásicas a cuatro hilos, conformadas por conductores de cobre calibre 6AWG, con aislamiento TTU para 2000V para las fases y desnudo para el neutro, protegidas en todo su recorrido por politubo de 1.1/2" de diámetro. En el tendido deberá tomarse las precauciones necesarias para evitar dobleces en la tubería.

En las fachadas de las viviendas, desde el piso hasta el tablero de medidores, será necesario empotrar la tubería.

En los casos en los que en los tableros de medidores, no se utilicen las tres fases de la acometida, los conductores de acometida que no se utilicen deberán dejarse aislados utilizando capuchones termo contraíbles adecuados al diámetro del conductor.

3.2.2.7 PUESTA A TIERRA

En las estaciones de transformación, y en los postes en los que se instalen pararrayos, se conectarán sólidamente a tierra los pararrayos, la carcasa del transformador y el neutro del sistema, utilizando cable de cobre desnudo calibre 2 AWG hasta el neutro aéreo del sistema, y desde éste cable alumweld hasta la varilla copperweld a instalarse a una distancia no menor a 1,5 metros del pie del poste correspondiente. Como elemento de conexión entre la varilla copperweld y el cable se utilizará suelda exotérmica.

En los tableros de distribución se conectarán sólidamente a tierra el neutro del sistema y la carcasa del tablero utilizando una varilla copperweld enterrada en el pozo correspondiente, utilizando cable de cobre desnudo calibre 2 AWG y suelda exotérmica.

3.3 EMPALMES

3.3.1 OBRA CIVIL

3.3.1.1 EMPALMES DE BAJO VOLTAJE

En los pozos de revisión se realizarán los empalmes de bajo voltaje que servirán para alimentar a cada usuario.

Las dimensiones de los pozos de revisión serán de 100x70x98 cm.

Las especificaciones se pueden ver en los planos 43 y 47.

3.3.2 OBRA ELECTRICA

3.3.2.1 EMPALMES DE BAJO VOLTAJE

Los empalmes de bajo voltaje que se realizarán utilizando kits de empalme de gel o cintas adecuados para el calibre de los conductores, con conectores de compresión tipo C adecuados para los conductores del alimentador y de la acometida. Será necesario que los conductores que conforman los alimentadores así como los de las acometidas tengan al menos un metro de longitud extra dentro de cada pozo de revisión para permitir la realización de los empalmes.

Las especificaciones de los empalmes se pueden revisar en el literal 2.3.2.1.3.

En todos los pozos de revisión, así como en el interior de los tableros de distribución todos los conductores estarán debidamente marquillados, utilizando etiquetas de vinyl de ½” de ancho, resistentes a la humedad y aceites.

En cada una de las etiquetas se detallará claramente:

La estación de transformación

El circuito de bajo voltaje

La identificación del circuito si es de distribución CD, o si es de alumbrado público AP.

3.3.2.2 EMPALMES DE MEDIO VOLTAJE

Los conductores que conforman los alimentadores se construirán en un solo vano, no podrán tener empalmes en su recorrido.

3.4 EQUIPOS DE CORTE, MIOBRA Y PROTECCION

3.4.1 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

Para la distribución de la energía en bajo voltaje será necesario implementar tres tableros de distribución de 1,27x0,90x0,263 metros, construidos en hierro tool de 2mm de espesor, con tratamiento de fosfatizado, fondo antioxidante y terminado con pintura tipo esmalte impregnada al horno. En el interior tendrán barras de 600 amperios de capacidad para las fases y 400 amperios para el neutro, con espacio para al menos diez interruptores termomagnéticos tipo caja moldeada trifásica, y espacio para el emplazamiento del tablero de control de alumbrado.

Los tableros de distribución tendrán protección IP65, y se instalarán sobre bases de mampostería de ladrillo de 10 cm de alto para evitar el ingreso de agua

En el Anexo 11 se detallan las características del tablero de distribución y su base.

3.4.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Los interruptores termomagnéticos deberán cumplir las normas ISO 9001 y las especificaciones descritas en el literal 2.4.2.5.3.1.

Las capacidades nominales serán de:

- 20 amperios en interruptores termomagnéticos de 2 polos para alumbrado público.
- 50, 63, 80 y 100 amperios en interruptores de 3 polos para los circuitos de bajo voltaje.

El diagrama unifilar de los circuitos de bajo voltaje de los transformadores que intervienen en la obra se puede apreciar en el anexo 12.

3.4.3 BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MULTIPLES DE 5 VIAS

La Cabina de Derivación y Maniobras dispondrá de un juego de 3 Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples de 5 vías para 25KV, que deberán cumplir con las especificaciones descritas en el literal 2.4.2.3.1.1.3.

La disposición de las derivaciones será como se indica a continuación:

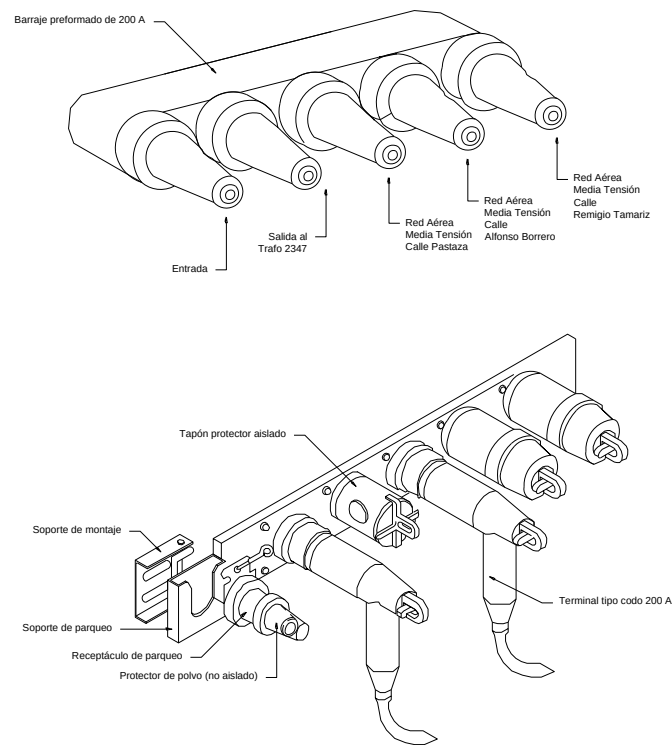


Figura 3.2 Barra premoldeada de conectores múltiples – 5 vías

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Debido a que en nuestro país no se cuenta con normas o especificaciones técnicas para el diseño y construcción de redes subterráneas ni existe experiencia especializada de construcción de cabinas eléctricas subterráneas, se vio la necesidad de realizar este estudio para la implementación de especificaciones que permitirán a las diferentes empresas eléctricas la unificación de medidas, criterios y parámetros que aseguren un funcionamiento seguro y eficiente de este tipo de redes.
- Se realizó un estudio general para el diseño y construcción de una red eléctrica subterránea de bajo y medio voltaje, basándonos en normas internacionales ya existentes, las cuales han dado muy buenos resultados a varias compañías distribuidoras, es por esto que basándonos en la experiencia y en los buenos resultados que han obtenido al utilizar estas normas hemos desarrollado nuestras propias especificaciones técnicas.
- Se destacan estas normas ya que están respaldadas bajo el nombre de varias compañías distribuidoras, de ventas, de comercialización, etc, donde certifican y garantizan el trabajo de realizar una instalación subterránea, creando sus propias normas, donde nos indican como cumplir los estándares de diseño, construcción y así garantizar la vida útil de los equipos y el de las propias instalaciones.
- Al realizar una correcta instalación subterránea se tiene mayor confiabilidad, seguridad, imagen urbana, continuidad en el servicio, menor impacto ambiental en comparación con una instalación aérea, ya que éstas tienden a sufrir mayor número de averías, debido a sus condiciones físicas, por encontrarse en el exterior. Cabe resaltar que el costo de instalación es mucho menor en comparación con una instalación subterránea, pero así mismo un

sistema aéreo tiene una vida útil de 20 años, mientras el subterráneo puede llegar a los 50 años.

- La determinación del tipo y tamaño de las cargas eléctricas, es fundamental durante el diseño de redes de distribución subterránea, ya que a partir de dicho proceso es posible la elección adecuada de los equipos y accesorios a utilizar.
- En las instalaciones eléctricas subterráneas encontramos los centros de carga, los cuales son los encargados de distribuir, transformar e interconectar la carga por medio de los equipos que lo conforman. Estos centros de carga pueden estar ubicados ya sea en cabinas subterráneas o cabinas a nivel de piso, esto depende del lugar más óptimo que se haya seleccionado para su ubicación, sea este un edificio, un parque, acera de las calles, etc. Debido a la importancia que tiene el centro de carga debe de estar normalizado y funcionar bajo todas las condiciones de seguridad según sea el caso.
- Los elementos y equipos que constituyen una red subterránea se encuentran limitados por parámetros característicos, tales como valores nominales asignados, intensidades térmicas y dinámicas, que se encuentran condicionados con el voltaje asignado, la intensidad asignada. Todos los elementos en conjunto, deben poder soportar las sobrecargas y cortocircuitos para un correcto funcionamiento y poder tener las protecciones debidos para suplir cualquier tipo de inconveniente.
- Los conductores utilizados para la instalación en redes subterráneas son aislados con Polietileno reticulado (XLPE) para medio voltaje. Las pantallas pueden ser semiconductoras sobre el conductor o sobre el aislamiento tienen como función crear una superficie equipotencial para uniformar el campo eléctrico en el dieléctrico y confinarlo; también se lo utiliza para blindar al cable de campos externos y como protección para el personal.
- Cada uno de los elementos que conforman una cabina eléctrica subterránea tienen características y funciones que los difieren de los demás, por lo tanto se debe tener en cuenta, al momento del diseño, el espacio, el lugar exacto y

la ubicación de los mismos para dar plena seguridad al personal encargado del mantenimiento o reparación de averías.

- Un correcto mantenimiento y seguimiento del funcionamiento de los elementos y equipos que conforman la red eléctrica subterránea es indispensable, ya que esto determina la vida útil y evita posibles fallas en el sistema.
- La ubicación y características adecuadas de las obras civiles donde se van a colocar los conductores, equipos y demás accesorios eléctricos contribuye a una alta confiabilidad y eficiencia durante el funcionamiento de la red ya que garantiza la protección y el fácil mantenimiento de estos equipos, tanto preventivo como correctivo.
- El uso de equipos, componentes y accesorios que cumplan con las normas tanto mecánicas como eléctricas asegura su adecuado funcionamiento y compatibilidad durante toda su vida útil, la cual a su vez no se ve acortada por condiciones de operación para las que no fueron diseñados y capaces de soportar.
- El uso de equipos de protección y seccionamiento facilitan el proceso de detección, ubicación y aislamiento de fallas en el sistema, con lo que se facilita la corrección del daño, se aumenta la continuidad del servicio y se evitan daños en los elementos de la red.
- Las empresas distribuidoras deben contar con el personal capacitado para hacer cumplir las especificaciones descritas en este documento.
- La conversión de instalaciones aéreas a subterráneas en centros históricos, turísticos y en lugares de concentración masiva, detonan el desarrollo económico y mejoran el entorno urbano de las ciudades o de las poblaciones.

4.2 RECOMENDACIONES

- Las universidades deben dar mayor énfasis a este tema debido a que existe poca información en el medio y que este sistema de redes subterráneas actualmente está tomando fuerza en las diferentes empresas distribuidoras del país por las ventajas que brindan a la ciudadanía y al país.
- Cada empresa distribuidora debe contar con sus especificaciones para el diseño y construcción de redes subterráneas, inclusive se debería estandarizar las especificaciones a nivel de todas las empresas del país.
- El personal que vaya a laborar en el diseño, construcción, mantenimiento y operación de redes subterráneas deberá ser calificado y capacitado para realizar estas labores.
- La construcción de los sistemas eléctricos subterráneos como: puntas terminales, equipos premoldeados, manipulación e instalación de equipos deberán ser realizados por personal calificado, siguiendo cuidadosamente las instrucciones y recomendaciones de los fabricantes.
- Se recomienda que tanto los diseñadores como los miembros de las empresas distribuidoras y cualquier otra persona relacionada con el desarrollo de redes eléctricas subterráneas estén en un proceso de actualización de conocimientos referentes al tema, ya que mediante los avances tecnológicos e investigaciones se posibilita el mejoramiento y la eficiencia de dichos sistemas.
- El sistema de ventilación de la cabina subterránea debe tener un diseño aprobado para garantizar un correcto funcionamiento y mantener la temperatura deseada.
- El sistema de evacuación de agua de la cabina debe ser revisada continuamente para evitar inundaciones.

- En el tendido de conductor de medio voltaje, se debe tener cuidado en el manejo del cable a fin de evitar dobleces y torceduras que puedan deteriorar el aislamiento; el radio de curvatura no debe ser menor a lo recomendado por el fabricantes o en estas especificaciones.
- En el tendido de conductores, tener precaución en el halado a fin de evitar daños en el aislamiento. El tendido deberá realizarse utilizando poleas, para evitar dobleces y minimizar el contacto de los conductores con el suelo y así precautelar su aislamiento.
- Para realizar el tendido de los conductores, las puntas deberán estar selladas convenientemente, a fin de evitar el ingreso de humedad y/o cuerpos extraños.
- Se recomienda agrupar los conductores pertenecientes a un mismo circuito utilizando amarras plásticas adecuadas para facilitar la identificación de los mismos al realizar los empalmes y en futuros mantenimientos.

5 BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Las especificaciones realizadas en este trabajo estuvieron basadas en:

1. NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción “Capítulo 8” Quito, Julio 1996.
2. ACI American Concrete Institute “Código de Construcción para Concreto Reforzado ACI 318S-05”, Enero 2005.
3. AAHSTO American Association of State Highway Officials “Sistema de clasificación de suelos AASHTO M 145”.
4. ASTM Organismo internacional de Normalización de EEUU.
5. NEC National Electrical Code “CEP-INEN 19” Quito, Agosto 2009.
6. ABB Power T & D Co. Inc., “International Product Catalog” EEUU, 2011.
7. Elastimold “General Catalog”, Elastimold, EEUU, 2010
8. AUCAPIÑA, Johnson y PESANTEZ, Carlos, Manual de redes subterráneas del Centro Histórico de Cuenca, Tesis U.P.S Facultad de Ingenierías, Cuenca, 2007.
9. RAMOS, Pedro,” Manual de redes subterráneas de Costa Rica”, Julio de 2008.
10. MEER, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, “Catálogo Digital de Unidades de Propiedad” Quito, 2010 .
11. Recomendaciones de la CFE (Comisión Federal de México).
12. ICEA Asociación de Ingenieros de Cables.
13. Cálculos estructurales de puentes y muros dirigido por un profesional en la rama.
14. Cálculos de sistema de ventilación y refrigeración muros dirigido por un profesional en la rama.
15. Experiencia adquirida sobre el tema en el trabajo de redes subterráneas en la Centrosur.

ANEXOS

ANEXO 2

Dimensiones de Cabina de Transformación con Equipos de Corte y Maniobra.

Para determinar las dimensiones de estas cámaras se consideraron los siguientes parámetros:

1. Dimensiones de las celdas.

Para el cálculo se consideró celdas con cuatro compartimentos

Dimensiones de una celda			
Marca	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
ABB	1336	371	765
RM6 Schneider	1142	532	710
SM6 Schneider	2050	500	940

Tabla 1.- Dimensiones de Celdas Aisladas

2. Distancias de Seguridad según la Norma NEC.
3. Dimensiones de los Transformadores más utilizados en el país. Para el cálculo se consideró un transformador de una potencia de 500 KVA.

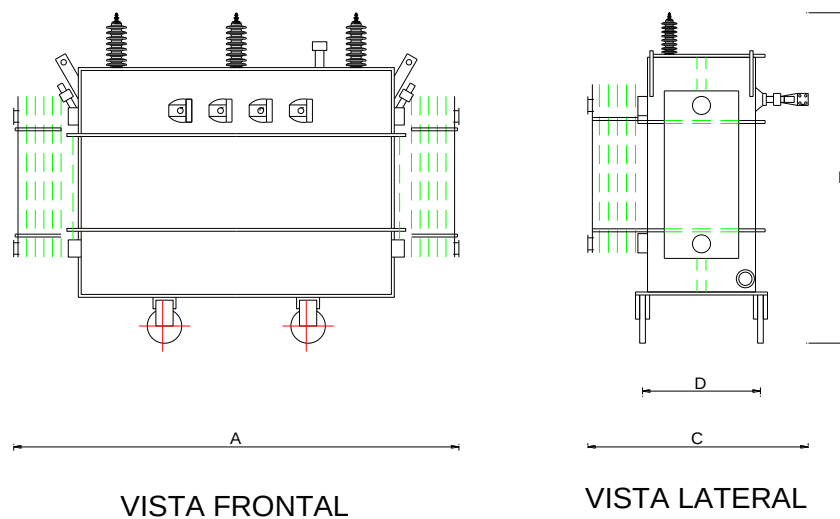


Figura 1.- Dimensiones de Transformador

KVA	Litros de Aceite aprox.	Peso Kg aprox.	MEDIADS (mm)			
			A	B	C	D
15	61	165	730	840	590	NA
30	98	270	940	850	620	NA
45	129	363	1030	890	640	NA
75	190	522	1320	940	670	NA
112,5	191	575	1090	990	785	NA
150	262	757	1270	1090	1045	590
225	318	950	1290	1120	1105	650
300	389	1118	1340	1180	1135	680
400	451	1354	1400	1230	1215	690
500	554	1736	1520	1300	1315	720
630	540	1650	1740	1350	1270	870
750	560	1850	2030	1400	1470	1000
800	580	2000	1940	1450	1470	1000
1000	760	2500	2130	1600	1320	850

Tabla 2.- Dimensiones de Transformadores

4. Dimensiones de Tableros de Distribución.

Para el cálculo se consideraron tableros SD con las siguientes medidas:

Dimensiones de una Tablero de Distribución			
Marca	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
Square D	2000	1070	250

Tabla 3.- Dimensiones de Tableros de Distribución

En base a las medidas de los equipos se realizó el cálculo de las dimensiones de la cámara considerando las de mayor tamaño tanto en altura, ancho y profundidad, adicionalmente se debe indicar que las medidas de las cámaras para 13,8 KV y 22 KV son las mismas ya que las distancias de seguridad y las dimensiones de los equipos son los mismos.

Voltaje (KV)	Altura								
	Considerando celdas			Considerando transformador			Considerando Tablero de Distribución		
	Altura máxima (mm)	Altura mínima para maniobra equipo (mm)	Altura de la cámara (mm)	Altura del transformador (mm)	Altura mínima para maniobra equipo (mm)	Altura de la cámara (mm)	Altura del T.D. (mm)	Altura mínima para maniobra equipo (mm)	Altura de la cámara (mm)
6,3	2050	600	2650	1310	600	1910	2000	600	2600
22	2050	600	2650	1310	600	1910	2000	600	2600

Tabla 4.- Dimensionamiento de la Altura de la Cabina

Voltaje (KV)	Ancho							
	Considerando transformador y celdas							
	Ancho máximo celda (entrada, salidas y protección) (mm)	Ancho máximo conjunto de 4 celdas (mm)	Ancho Tablero Distribución (mm)	Distancia separación T.D.- Celdas (mm)	Distancia separación trafo- celdas (mm)	Ancho canal costado del trafo. (mm)	Ancho trafo. (mm)	Ancho cámara calculado (mm)
6,3	532	2128	250	750	400	400	1300	5228
22	532	2128	250	750	400	400	1300	5228

Tabla 5.- Dimensionamiento del Ancho de la Cabina

Voltaje (KV)	Profundidad							
	Considerando Celdas				Considerando transformador			
	Separación pared celdas (mm)	Profundidad ad máxima celda entrada, salida, protección (mm)	Distancia de separación desde la celda a la pared (mm)	Profundidad ad calculado cámara (mm)	Distancia de separación transformador - pared (mm)	Ancho transformador (mm)	Distancia a trabajo (mm)	Profundidad ad calculada cámara (mm)
6,3	100	765	1200	2830	400	1520	1200	3120
22	100	765	1200	2830	400	1520	1500	3420

Tabla 6.- Dimensionamiento de la Profundidad de la Cabina

Cabina de Transformación con Celdas de Seccionamiento y/o Protección								
Cabina a 6,3 kV			Cabina a 13,2 kV			Cabina a 22,8 kV		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2650	5228	5228	2650	5228	5228	2650	5228	5228

Tabla 7.- Dimensiones de Cabina Subterráneas

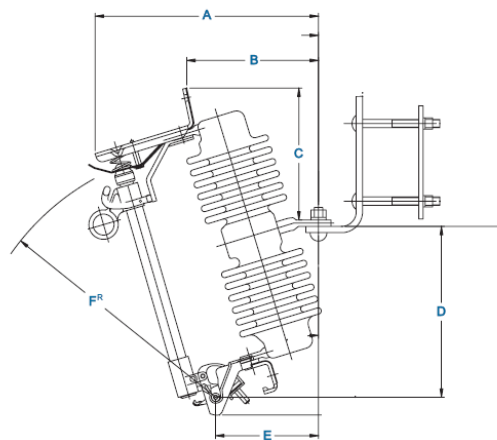
ANEXO 3

e) Dimensiones de Cámara de Transformación con seccionadores fusible tipo abierto para protección y derivación.

Para determinar las dimensiones de estas cámaras se consideraron los siguientes parámetros:

1. Dimensiones de las seccionadores fusible 15/27 kV 100 A.

Para el cálculo se consideró 6 seccionadores tipo abierto.



Clase KV	Bill KV	Dimensiones de Seccionadores Fusible tipo abierto					
		A	B	C	D	E	FR
15	110	325	186	165	217	168	290
27	125	338	199	208	260	154	378

Tabla 1.- Dimensiones de Seccionadores Fusible Tipo Abierto

2. Transformador de 500 KVA.
3. Distancias de seguridad de la Norma NEC.
4. Dimensiones de Tableros de Distribución.

Con las medidas de los equipos instalados se realizó el cálculo de las dimensiones de la cámara considerando el mayor tamaño tanto en altura, ancho y profundidad de cada equipo, las medidas de las cámaras para 13,8 KV y 22 KV son iguales ya que las distancias de seguridad y las dimensiones de los equipos son prácticamente las mismas.

Voltaje (KV)	Altura						
	Considerando seccionadores clase 15 kV				Considerando transformador		
	Ubicación del herraje para sujeción del seccionador Hh (mm)	Altura de seguridad a partes vivas Hv (mm)	Distancia de la parte del seccionador que sobrepasa al herraje Hs (mm)	Altura calculada de la cámara de transformación (mm)	Altura del transformador (mm)	Altura mínima para maniobra equipo (mm)	Altura de la cámara (mm)
6,3	600	2000	217	2817	1310	600	1910
22	600	2000	260	2860	1310	600	1910

Voltaje (KV)	Ancho									
	Considerando seccionadores y equipos					Considerando transformador				
	Separac. pared seccionador (mm)	Medida Lateral del Seccionador (mm)	Distancia trabajo (mm)	Profundidad de Tablero de Distribución	Ancho calculado cámara (mm)	Ancho canal (mm)	Ancho transform. y canal (mm)	Profundidad de Tablero de Distribución	Distancia trabajo (mm)	Ancho calculado cámara considerando trafo. (mm)
6,3	660	325	1200	250	2435	400	1300	250	1200	3150
22	780	338	1500	250	2868	400	1300	250	1500	3450

Voltaje (KV)	Profundidad							
	Considerando seccionadores				Considerando transformador			
	Separac. pared seccionador (mm)	Separ. Entre seccionad. (mm)	Distancia trabajo (mm)	Profundidad calculado cámara (mm)	Ancho de canal (mm)	Ancho transformador (mm)	Distancia trabajo (mm)	Profundidad calculada cámara (mm)
6,3	660	350	1200	3610	400	1520	1200	3120
22	780	450	1500	4530	400	1520	1500	3420

Dimensiones de Cámara de Transformación con Seccionadores fusible de Protección del transformador más 3 Seccionadores para Derivación								
Cámaras a 6,3 kV			Cámaras a 13,2 kV			Cámaras a 22,8 kV		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2817	3150	3610	2860	3450	4530	2860	3450	4530

ANEXO 4

c) Dimensiones de Cámara de Transformación con seccionadores fusible tipo abierto para protección del transformador.

Para determinar las dimensiones de estas cámaras se consideraron los siguientes parámetros:

1. Dimensiones de las seccionadores fusible tipo abierto.
 Para el cálculo se consideró 3 seccionadores.
2. El transformador es de 500 KVA.
3. Distancias de seguridad de la Norma NEC.
4. Dimensiones de Tableros de Distribución.

Con las medidas de los equipos instalados se realizó el cálculo de las dimensiones de esta cámara considerando el mayor tamaño tanto en altura, ancho y profundidad de cada equipo, las medidas de las cámaras para 13,8 KV y 22 KV son iguales ya que las distancias de seguridad y las dimensiones de los equipos son prácticamente las mismas.

Voltaje (KV)	Altura						
	Considerando seccionadores clase 15 kV				Considerando transformador		
	Ubicación del herraje para sujeción del seccionador Hh (mm)	Altura de seguridad a partes vivas Hv (mm)	Distancia de la parte del seccionador que sobrepasa al herraje Hs (mm)	Altura calculada de la cámara de transformación (mm)	Altura del transformador (mm)	Altura mínima para maniobra equipo (mm)	Altura de la cámara (mm)
6,3	600	2000	217	2817	1310	600	1910
22	600	2000	260	2860	1310	600	1910

Voltaje (KV)	Ancho									
	Considerando seccionadores y equipos					Considerando transformador				
	Separac. pared seccionador (mm)	Medida Lateral del Seccionador (mm)	Distancia trabajo (mm)	Profundidad de Tablero de Distribución	Ancho calculado cámara (mm)	Ancho canal (mm)	Ancho transform. y canal (mm)	Profundidad de Tablero de Distribución	Distancia trabajo (mm)	Ancho calculado cámara considerando trafo. (mm)
6,3	660	325	1200	250	2435	400	1300	250	1200	3150
22	780	338	1500	250	2868	400	1300	250	1500	3450

Voltaje (KV)	Profundidad							
	Considerando seccionadores				Considerando transformador			
	Separac. pared seccionador (mm)	Separ. Entre seccionad. (mm)	Distancia trabajo (mm)	Profundidad calculado cámara (mm)	Ancho de canal (mm)	Ancho transformador (mm)	Distancia trabajo (mm)	Profundidad calculada cámara (mm)
6,3	660	350	1200	2560	400	1520	1200	3120
22	780	450	1500	3180	400	1520	1500	3420

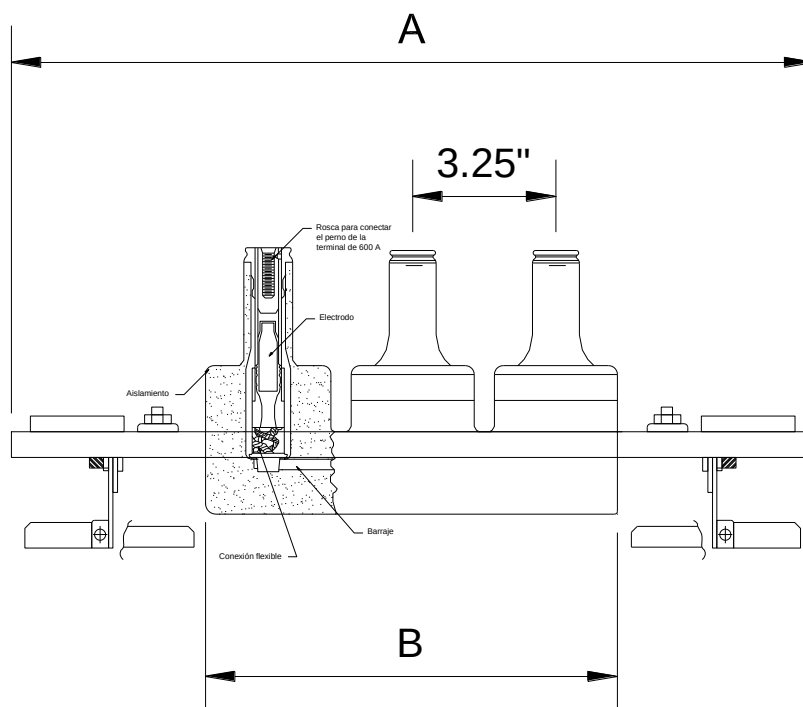
Dimensiones de Cámara de Transformación con 3 Seccionadores de Protección								
Cámaras a 6,3 kV			Cámaras a 13,2 kV			Cámaras a 22,8 kV		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2817	3150	3120	2860	3450	3420	2860	3450	3420

ANEXO 5

d) Dimensiones de Cámara de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples (4vías)

Para determinar las dimensiones de esta cámara se consideraron los siguientes parámetros:

1. Dimensiones de las barras premoldeadas de conectores múltiples de 4 vías, 200 A. 25 KV.



NUMERO DE CONECTORES	DIMENSIONES in. (mm)	
	A	B
2	12.5 (318)	6.0 (152)
3	19.6 (498)	9.2 (230)
4	22.9 (582)	12.14 (315)

Tabla 1.- Dimensiones de Barras Premoldeadas de Conectores Multiples

2. Distancias de seguridad de la Norma NEC.
3. Dimensiones de Pértiga tipo Escopeta de 4 pies.

Con las medidas de los equipos instalados se realizó el cálculo de las dimensiones de esta cámara, las medidas de las cámaras para 13,8 KV y 22 KV son las mismas ya que las distancias de seguridad y las dimensiones de los equipos son prácticamente iguales.

Voltaje (KV)	Altura			
	Considerando Barra Conectora Múltiple			
	Ubicación del herraje para ubicación del Barras Premoldeadas Hh (mm)	Altura de seguridad a partes vivas Hv (mm)	Altura de la parte del Codo Premoldeado que sobrepasa al herraje Hs (mm)	Altura calculada de la cámara con equipos premoldeados para derivación y maniobras (mm)
6,3	400	2000	48	2448
22	400	2000	48	2448

Voltaje (KV)	Ancho				
	Considerando 3 Barra Conectoras Múltiples				
	Ancho barra conectora multiple 4 vías (mm)	Separac. pared premoldeado (mm)	Separ. Entre barras conectora multiple (mm)	Separac. pared premoldeado (mm)	Ancho calculado cámara (mm)
6,3	582	150	100	150	2146
22	582	150	100	150	2146

Voltaje (KV)	Profundidad				
	Considerando Barra Conector Múltiple y Pértiga Tipo Escopeta				
	Separac. pared barra conectora multiple (mm)	Separac. Borde externo de codo premoldeado a la pared (mm)	Tamaño de pertiga tipo escopeta 4 pies (mm)	Distancia trabajo (mm)	Profundidad calculada cámara (mm)
6,3	127	394	1220	1200	2420
22	127	434	1220	1500	2720

Cámara de Derivación y Maniobras con Barras Premoldeadas de Conectores Múltiples (4vías)								
Cámaras a 6,3 kV			Cámaras a 13,2 kV			Cámaras a 22,8 kV		
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
2448	2146	2420	2448	2146	2720	2448	2146	2720

ANEXO 6

6.1 CALCULO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA TRANSFORMADORES DE EERCSSA

Los transformadores, por sus características constructivas, sufren unas pérdidas de potencia que disipan en forma de calor, este calor calienta el aire de la celda que los contiene; por lo que resulta necesaria la renovación del aire para mantener al transformador en una temperatura adecuada de funcionamiento.

A la cabina de transformación se puede proveer de ventilación directamente con aire del exterior del área total de las rejillas como se muestra debajo. La ventilación puede incorporarse en el diseño de la puerta, tapa, las compuertas, el etc. la temperatura de la cabina no excederá 40°C y la temperatura ambiente media para cualquier período de 24 horas no excederá 30°C.. Las entradas aéreas forzadas estarán cercanas al suelo y las salidas cerca del techo de la cabina. Los Ductos de entrada y salida deberán ser a prueba de fuego incluido los Dampers.

La Circulación de aire natural: El tamaño de las aberturas es determinado por NEC (Codigo eléctrico Nacional EEUU) Artículo 450-45(c) como sigue:

La Zona neta en las pulgadas cuadradas $\geq 3 \times \text{kVA}$. Para mantener el transformador a una temperatura promedio de 30 a 40°C Ejemplo: Para un transformador de 50 kVA, el área de ventilación neta = $3 \times 50 = 150$ pulg. cuadrada.

Nota: 1 pie cuadrado es el área neta mínima para cualquier transformador bajo 50 kVA. Al determinar el tamaño de la apertura, deben agregarse todas las obstrucciones, como la reja, al área neta. Dos aperturas a los fines de la bóveda opuestos son más eficaces que una apertura del centro del misma.

Para el caso en particular utilizando transformador de 500KVA el área mínima debería ser $3 \times 500 = 1500$ pulg. cuadrada. Aproximadamente debería utilizar dos aberturas opuestas de 38x20pulg. (1.00x0.50m).

Circulación de aire forzado: Para calcular el volumen de aire necesario para evacuar este calor, hay que tener en cuenta las calorías producidas por el transformador y las temperaturas de entrada y salida del aire. Siendo necesario por tanto calcular la cantidad de aire que deberá ser renovado en el tiempo que se produce el calor.

Caudal de aire necesario para la evacuación del calor El aire absorberá el calor en función de su calor específico, que depende de la humedad que contenga el aire. La hipótesis más desfavorable es considerar el aire seco (calor específico mitad del aire húmedo), siendo su valor de: $C_e = 0,238 \text{ cal/kg}$. a presión constante y 0°C .

La cantidad de aire seco necesario para evacuar una caloría con un gradiente térmico de 1°C es por tanto:

$$1/0.238 = 42 \text{ kg.}$$

Siendo el Peso específico del aire seco

$$Pe \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] = 342 \frac{P}{T}$$

Donde:

Pe: Peso específico del aire [kg/m^3],

P : Presión del aire en atmósferas

T : Temperatura absoluta

Quedando el volumen de aire a utilizar (presión constante a 1 atm.)

Si: $q = m \cdot C_e \cdot (t_1 - t)$

$$V[\text{m}^3] = \frac{1}{C_e} \frac{T}{342(t_1 - t)} P_w$$

Siendo:

Ce: calor específico del aire [cal/kg]

T: Temperatura absoluta

$(t_1 - t)$: gradiente térmico existente

Pw: Potencia a disipar [cal] igual a “q”

Por tanto el caudal de aire seco necesario para evacuar el calor correspondiente a 1 kW.h vendrá dado por la expresión (usando la equivalencia: $1 \text{ kW} = 866 \text{ kcal}$):

$$Q \left[\frac{m^3}{kWh} \right] = \frac{866}{0.238} \frac{T}{342(t_1 - t)}$$

Con una temperatura ambiente de 22°C (308°K) y un gradiente máximo de temperatura de 15°C, se necesitará extraer un caudal de aire (a 37°C = 313°K) de:

$$Q = 238,64 \frac{m^3}{kW.h}$$

El calor que debe disipar el transformador se considera la suma de las pérdidas a plena carga y las pérdidas en vacío (ver tablas de datos normalizados para transformadores trifásicos en baño de aceite):

POTENCIA NOMINAL [KVA]	Lo PERDIDAS VACIO [W]	Lk PERDIDAS CARGA [W]
150	450	1910
160	470	2015
225	615	2700
250	680	2920
315	850	4250
400	1010	5055
500	1200	6000
630	1370	6870
800	1600	8000
1000	1900	9500

Caudal de aire a extraer Multiplicando las pérdidas por el caudal necesario, obtenemos el caudal por unidad de tiempo a extraer (capacidad que deberá tener el extractor):

POTENCIA NOMINAL [KVA]	CAUDAL [M3/HR]
150	634.7824
160	672.9648
225	814.9556
250	937.8552
315	1217.064
400	1447.3516
500	1837.528
630	1966.3936
800	2314.808
1000	2959.136

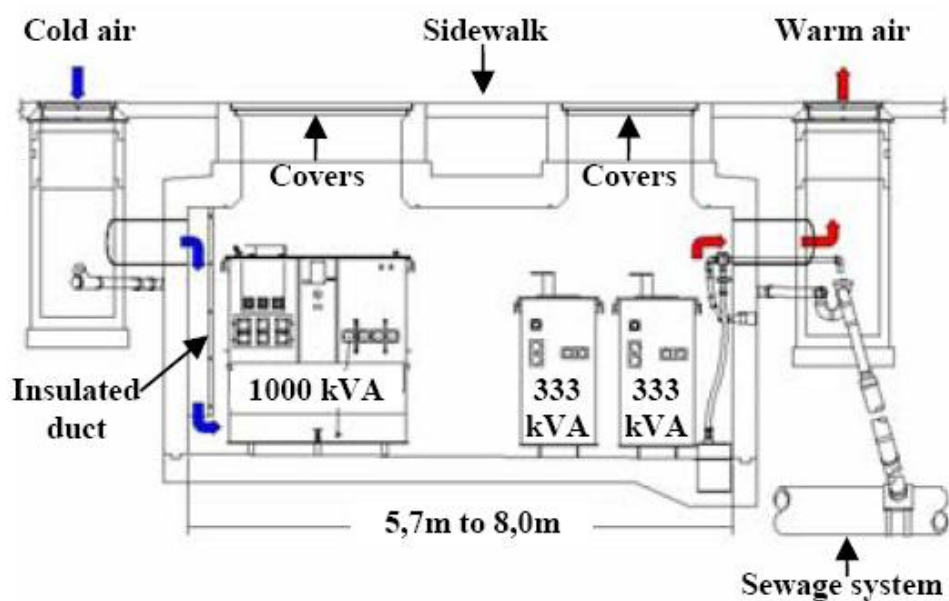


FIGURA 1: ESQUEMA PROPOSITIVO DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR

6.2 DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS

Máxima área del ducto, A (m²)

$$A = \frac{Q}{V}$$

V = velocidad en el ducto (m/s)

Q = caudal de aire (m³/s)

Para un transformador de 500 KVA

$$Q = 0.51 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 5.08 \text{ m/s}$$

$$\text{Entonces } A = 0.1 \text{ m}^2$$

Luego para calcular el diámetro del ducto :

$$D := 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$D = 0.36 \text{ m} \approx 40 \text{ cm}$$

Entonces la Velocidad será 4.05 m/s (800 fpm)

Presión dinámica en el ducto VPd (pulg H₂O)

$$VPd := \left(\frac{Vd}{4005} \right)^2$$

La velocidad en el ducto es $Vd = 800 \text{ fpm}$

Pérdidas en la REJILLA

$$VPd = 0.04 \text{ pulg H}_2\text{O}$$

Para este tipo de campana las pérdidas se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$he = 1.78VP_{\text{slot}} + 0.25 VP_d$$

Donde:

he: Pérdidas en la entrada

VP_{slot}: Presión dinámica en la rendija

VP_d: Presión dinámica en el ducto

Presión dinámica en el ducto VP_d (pulg H₂O)

$$\mathbf{VP_d := \left(\frac{V_d}{4005} \right)^2}$$

La velocidad en el ducto es V_d = 800 fpm

Presión dinámica del Slot, VP_{slot} (pulg H₂O)

$$\mathbf{VP_d = 0.04 \text{ pulg H}_2\text{O}}$$

$$\mathbf{VP_{slot} := \left(\frac{V_{slot}}{4005} \right)^2}$$

$$\mathbf{VP_{slot} = 0.062 \text{ pulg H}_2\text{O}}$$

$$\mathbf{he = 1.78VP_{slot} + 0.25 VP_d}$$

$$\mathbf{he = 0.12 \text{ pulg H}_2\text{O}}$$

Presión estática en campana(SPh):

$$\mathbf{SPh := he + VP_d}$$

$$\mathbf{SPh = 0.16 \text{ pulg H}_2\text{O}}$$

Pérdida por fricción en el ducto, L_d (pulg H₂O)

$$\mathbf{L_d := LT_d H_f \cdot VP_c}$$

LT_d = Longitud total el ducto, (ft)

H_f = Factor de pérdida por fricción, (VP_d/ft)

Para tubería de metal galvanizado este factor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Hf^{(galvanizado)} = 0.0307 * \left(\frac{V^{0.533}}{Q^{0.612}} \right)$$

Donde: V es la velocidad en el ducto

Q el caudal correspondiente

$$Hf = 0.0103 \text{ VP/ft}$$

$$LTd = 6.00 \text{ ft}$$

$$Ld = 0.004 \text{ pulg } H_2O$$

$$Lcodo = Ncodo * LC * VPc$$

LC = Coeficiente de pérdida en los codos

Ncodo = Número de codos

Se tienen 2 codos de 45° lo que se hará equivalencia a uno de 90° de 5 piezas

$$LC = 0.33$$

Ncodo = Número de codos

$$Lcodo = 0.026 \text{ pulg } H_2O$$

Cálculo y selección de ventiladores para Extracción e Impulsión

Para la selección del ventilador se necesitan conocer los siguientes aspectos:

El caudal, la presión estática, el nivel de ruido y el modelo de ventilador.

La presión estática del ventilador FSP se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$FSP = |SPin| + |SPout| - VPin$$

Donde:

SPin: Valor absoluto de la presión estática necesaria para cubrir las necesidades del sistema que esta antes de ingresar al ventilador (representa todas las pérdidas en el sistema antes del ventilador).

SPout: Valor absoluto de la presión estática en la descarga del ventilador (representa todas las pérdidas en el sistema después del ventilador).

VPin: La presión dinámica en el ingreso del ventilador ingreso

$$\begin{aligned}\text{Entonces} \quad SP_{in} &= SPh + Ld + Lc + \text{Pérdidas por filtros} \\ SP_{in} &= 0.16 + 0.004 + 0.026 + 0.35 = 0.54 \text{ pulg H}_2\text{O} \\ FSP &= 0.54 - 0.04 = 0.50 \text{ pulg H}_2\text{O}\end{aligned}$$

Como precaución de toma un factor de seguridad del 20 % entonces la presión estática con la cual se seleccionará el ventilador es **0.6 pulg H₂O**.

El caudal a extraer es de **1837 m³/hr (1081 ft³/min)**

Utilizando los catálogos de ventiladores se desprende que utilizaremos un modelo de ventilador de doble entrada ejemplo: SOLER&PALAU modelo DA12/12, con motor de 1HP, a 800rpm

6.3 DESCRIPCION DE MATERIALES A EMPLEARSE EN LA CONSTRUCCION DE LA VENTILACION DE UNA CABINA SUBTERRANEA

6.3.1 DUCTOS DE TOL GALVANIZADO SIN AISLAMIENTO

Los ductos serán contruidos de planchas de acero galvanizado de calidad ASTM A 653, se fabricarán de conformidad con los tamaños y recorridos que expresan los planos y su recorrido e instalación en obra se lo hará en el espacio comprendido entre el cielo raso y losa de la edificación; antes de proceder a fabricar, el contratista, deberá verificar las dimensiones especificadas en el sitio de la obra, tomando en cuenta los impedimentos u obstrucciones. De requerirse alteración en las dimensiones de los ductos, estas podrán realizarse libremente y sin consulta, cuando

el área de su sección permanezca igual a la indicada en los planos y la relación dimensional de sus caras no exceda de 5 a 1.

Los ductos serán rectos y lisos en el interior, con juntas de un terminado nítido. Todos los bordes y deslices serán martillados para dejar a los ductos con un interior bien acabado. Las juntas serán herméticas al aire y no se permitirán fugas, ni huellas de polvo en las conexiones, rejillas o difusores.

El espesor de las planchas de metal, la sección de conexiones, abrazaderas y detalles de soporte, estarán de acuerdo con las recomendaciones del Manual de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) y conforme con el Manual de la Asociación Nacional de Contratistas Americanos de Planchas metálicas y Aire Acondicionado (SMACNA) para sistemas de baja velocidad.

Los ductos deberán ser fabricados en planchas lisas de acero galvanizado, de acuerdo con las dimensiones, calibres y espesores dados a continuación.

6 CALIBRE DE LA PLANCHA	7 LADO MAYOR DEL DUCTO
8 USG 24	9 Hasta 30”
10 USG 22	11 Mayor que 30” hasta 54”
12 USG 20	13 Mayor que 54” hasta 84”

Las uniones transversales para ductos de baja presión serán así:

TIPO DE UNION TRANSVERSAL	LADO MAYOR DEL DUCTO
“S – Slip”	Hasta 24”
“Bar – Slip”	Mayor que 24” hasta 40”
“Bar – Slip”	Mayor que 40” hasta 60”

La unión longitudinal que corresponda esquinas será tipo “Pittsburgh”. Las uniones longitudinales que no correspondan a esquinas, serán del tipo “Standing Seam”

Las transiciones entre ductos de dos secciones diferentes serán hechas con pendientes que no excedan 1 a 5 en cualquier cara del ducto y preferiblemente 1 a 7 en donde sea posible.

6.3.2 SOPORTES

El soporte de la tubería se realizará cada dos metros o menos si el espacio es menor, utilizando soportes con ángulo mínimo de $3/4''$ en la base donde asienta el ducto, y suspendido con varillas mínimo de $3/4''$ que colgaran desde la losa de cubierta, para la instalación se utilizara herramienta apropiada y escaleras que faciliten el trabajo. Concluida la instalación se procederá a las pruebas del sistema.

6.3.3 DAMPER 0-100%

Sera construido en acero galvanizado mínimo USG 24, será diseñado para controlar el flujo de aire desde 0% a 100%, es decir completamente cerrado hasta completamente abierto, es de suma importancia para controlar el flujo de aire que deberá pasar hacia el ducto y que conduce el aire hacia los racks de comunicaciones.

6.3.4 VENTILADORES DE INYECCIÓN VI-1

Será del tipo centrífugo similar a LOREN COOK, DAYTON, GREENHECK, S&P u otros; se instalará en la toma de aire detrás del transformador indicada en plano.

El rotor será de acero galvanizado de DOBLE entrada, de transmisión por banda, con aletas inclinadas hacia delante, balanceadas estática y dinámicamente.

El motor tendrá cojinetes lubricados permanentemente.

La unidad será aprobada por AMCA tanto en flujo de aire como en sonido de acuerdo a AMCA estándar 300.

Las características y especificaciones particulares serán las siguientes:

VI-1: Caudal: 1000 CFM

Presión Estática:	0.6" c.a.
Potencia:	1 HP
Tipo:	Centrífugo
Electricidad:	115-230 - 1-60 Hz
Revoluciones:	800 RPM

6.3.5 VENTILADORES DE EXTRACCIÓN VE-1

Será del tipo centrífugo similar a LOREN COOK, DAYTON, GREENHECK, S&P u otros; se instalarán en forma indicada en plano.

El rotor será de acero galvanizado de doble entrada y transmisión directa, con aletas inclinadas hacia delante, balanceadas estática y dinámicamente.

El motor tendrá cojinetes lubricados permanentemente.

La unidad será aprobada por AMCA tanto en flujo de aire como en sonido de acuerdo a AMCA estándar 300.

Las características y especificaciones particulares serán las siguientes:

VE-1:	Caudal:	1100 CFM
	Presión Estática:	0,60" c.a.
	Potencia:	3/4 HP
	Tipo:	Centrífugo
	Electricidad:	115-230 - 1-60 Hz
	Revoluciones:	1075 RPM

6.3.6 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO PARA VENTILADORES

El Contratista suministrará la debida ACOMETIDA 20 metros y protección de acometida eléctrica y sus breakers para los tableros de arrancadores de los equipos listados en el cuadro de equipos de esta memoria técnica.

El Contratista Mecánico se encargará de proporcionar la ingeniería necesaria para el montaje, instalación y puesta a punto de los tableros de arrancadores de acuerdo a las características y ubicación de los equipos y dispositivos que así lo requieran.

Dichos tableros deberán cumplir con todas las normas y serán fabricados según especificaciones NEMA tipo 1, de uso general, formado por secciones verticales de servicio sencillo, con todos sus lados cerrados inclusive el piso.

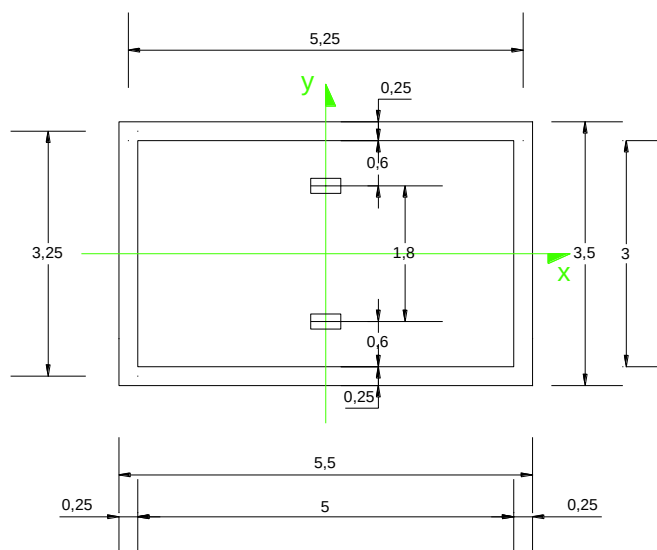
Los tableros de control eléctrico deberán contar con los respectivos termostatos que comandaran los contactores trifásicos y protector térmico automático debidamente dimensionados, con pulsadores de arranque-parada asociados con su luz indicadora verde-roja, respectivamente y su placa identificadora (Encendido-Apagado ó START-STOP), se deberá proporcionar un pulsador ubicado en la campana, así mismo deberán poseer temporizadores programables con opción de al menos seis eventos diarios(on-off).

La forma de pago es por unidad instalada y probada, verificados de acuerdo a sus especificaciones de diseño, los equipos deberán contar con una garantía de al menos dos años.

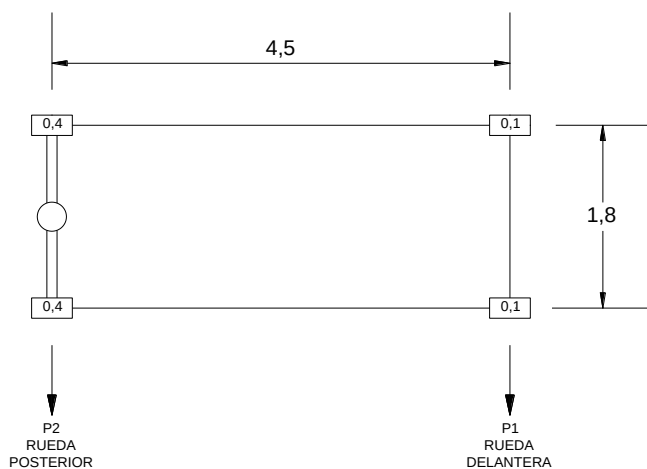
ANEXO 7

CALCULO DE ESFUERZOS DINAMICOS Y MECANICOS SOPORTADOS POR LAS PAREDES, BASES Y LOSAS DE LAS CAMARAS ELECTRICAS DE TRANSFORMACION SUBTERRANEAS

CABINA DE TRANSFORMACION DE 150KVA A 500 KVA TREN DE CARGAS H525



DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN CADA RUEDA



CARGA POR RUEDA

$$P_2 = 25000(0,4) = 10000 \text{ Kg}$$

$$P_1 = 25000(0,1) = 2500 \text{ Kg}$$

IMPACTO

$$I = \frac{50}{3,28L + 125} \leq 0,30$$

PROBAMOS EN LA MENOR LONGITUD $L = 3,25$

$$I = \frac{50}{3,28(3,25) + 125}$$

$$I = 0,3685$$

$ASUMIR = 0,30$

CARGA MAYORADAS SEGÚN COEFICIENTE DE LA ASSHTO

$$P_{2m} = 1,3C_m + \frac{5}{3}(L + I)$$

$C_m = \text{CARGA MUERTA}$

$L = \text{CARGA VIVA}$

$I = \text{VALOR POR IMPACTO}$

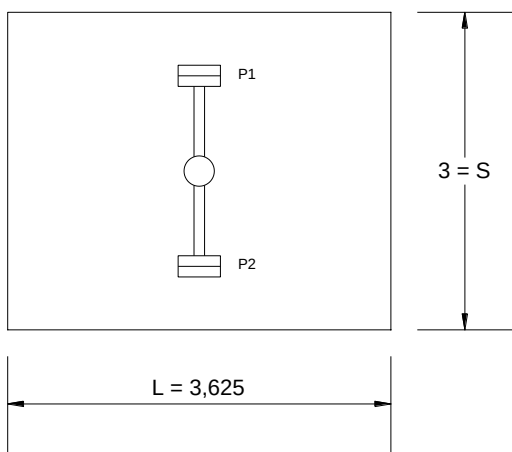
$$P_{2m} = \frac{5}{3}(L + I) \quad \text{Solo para el tren}$$

$$P_{2m} = \frac{5}{3}(10000 + 10000 * 0,30)$$

$$P_{2m} = 21667 \text{ Kg}$$

ANALIZAMOS UNICAMENTE CON LAS RUEDAS POSTERIORES POR SER LAS MAS PESADAS

- CARGAS SOBRE LA TAPA (DIMENSIONES INTERIORES)



CARGA REPARADA
 EQUIVALENTE POR /m²

$$\omega_0 = \frac{2P_2}{L * S}$$

$$\omega_0 = \frac{2(21667)}{(3,625)(3)}$$

$$\omega_0 = 3984,73 \text{ Kg/m}^2$$

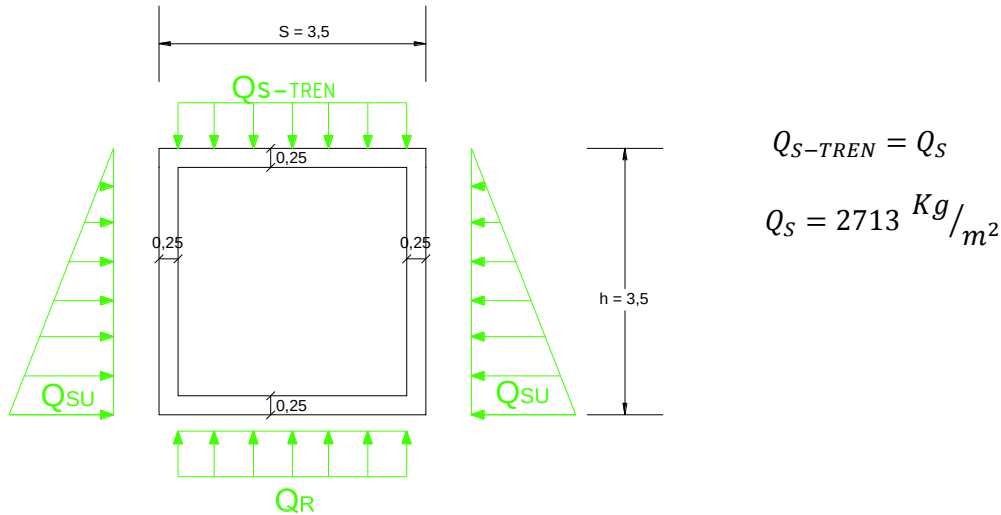
- DISTRIBUIAMOS ESTAS CARGAS EN LAS FRANJAS (L Y S)

$$W_s = \frac{\omega_0 \cdot L^4}{L^4 \cdot S^4} = \frac{(3984,73)(3,625)^4}{3,625^4 + 3^4} = 2712,38 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_L = \frac{\omega_0 \cdot S^4}{L^4 \cdot S^4} = \frac{(3884,73)(3)^4}{3,625^4 + 3^4} = 1272,30 \text{ Kg/m}^2$$

- CARGAS EN LA FRANJA CORTA, SECCIONAMIENTO (y-y)

SISTEMA DE CARGAS



PESO DE LA CARGA EN (1m) DE FONDO

$$PESO = (3,50 \cdot 3,50 - 3 \cdot 3)(1) \cdot (2400)(1,4)$$

$$PESO = 10920 \text{ Kg}$$

- CARGA INTERNA DENTRO DE LA CABINA POR PESO DE EQUIPOS U OTROS (Q_e)

$$Q_e = (400)(1)(1,7)$$

$$Q_e = 680 \text{ Kg/m}$$

- CARGA TRIANGULAR REPARTIDA LATERAL POR EMPUJE DE SUELO (Q_{SU})

$$Q_{SU} = K_a \cdot h \cdot \omega_s \cdot of \cdot 1,7$$

$$K_a = \text{coeficiente activo} \quad \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \frac{1 - \sin(30^\circ)}{1 + \sin(30^\circ)} = 0,333$$

$$\theta = \text{Angulo de friccion interna del suelo } 30^\circ$$

$h = \text{profundidad } 3,50\text{m}$

$of = \text{fondo de la franja de calculo } 1\text{m}$

$1,7 = \text{coeficiente de momento del (ACI)}$

$\omega_s = \text{densidad del suelo } 1800 \text{ Kg}/\text{m}^3$

$$Q_{SU} = (0,33)(3,50)(1800)(1)(1,70)$$

$$Q_{SU} = 3569,64$$

$$Q_{SU} \cong 3570 \text{ Kg}/\text{m}$$

- CARGA REPARTIDA REACCION EN LA BASE DE LA CAJA(Q_R)

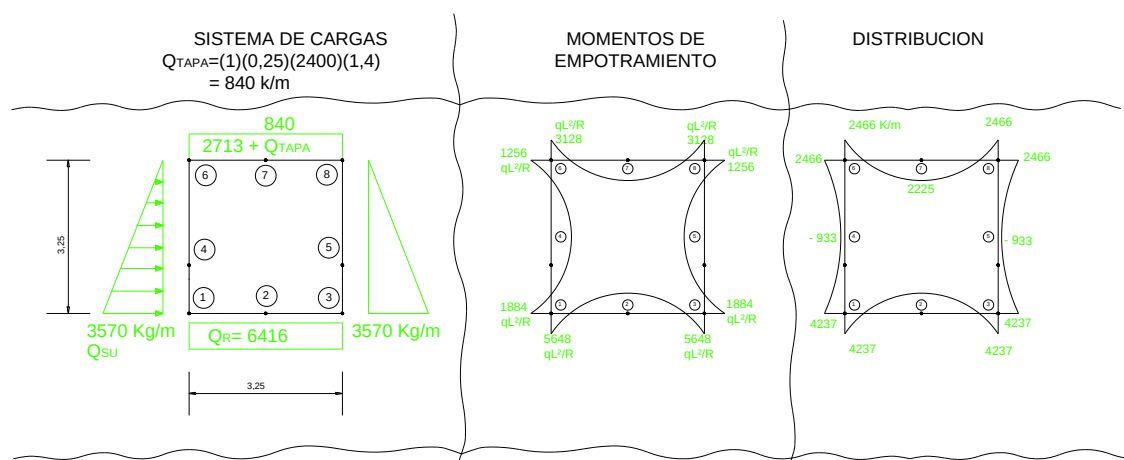
$$Q_R = \frac{PESO + (Q_{S-TREN})(BASE) + (Q_e)(BASE \text{ INTERNA})}{BASE}$$

$$Q_R = \frac{10920 + (2713)(3,50) + (680)(3)}{3,50}$$

$$Q_R = \frac{22455,50}{3,50}$$

$$Q_R = 6416 \text{ Kg}/\text{m}$$

CALCULO DE ESFUERZOS Y DISEÑO



CALCULO DE LA DISTRIBUCION DE MOMENTOS

$$NUDO 1 \quad M_1 = \frac{(5548 + 1884)(1,125)}{2} = 4237 \text{ Kg/m}$$

$$NUDO 3 \quad M_3 = \frac{(5548 + 1884)(1,125)}{2} = 4237 \text{ Kg/m}$$

$$M_2(VANO) \quad M_2 = \frac{(6416)(3,25)^2}{8} - \frac{(4237 + 4237)}{2} = 4234 \text{ Kg/m}$$

$$NUDO 6 \quad M_6 = \frac{(1256 + 3128)(1,125)}{2} = 2466 \text{ Kg/m}$$

$$NUDO 8 \quad M_8 = \frac{(1256 + 3128)(1,125)}{2} = 2466 \text{ Kg/m}$$

$$M_7(VANO) \quad M_7 = \frac{(2713 + 840)(3,25)^2}{8} - \frac{(2466 + 2466)}{2} = 2225 \text{ Kg/m}$$

$$M_4(VANO).$$

ENCONTRAMOS EL MAXIMO MOMENTO ESTATICO DE LA CARGA TRIANGULAR HUBICADO EN $\frac{h}{3} = \frac{3,25}{3} = 1,08$ DESDE LA BASE.

$$M_{ESTATICO} \Delta = \frac{q \cdot L^2}{9 \cdot \sqrt{3}}$$

$$M_{ESTATICO} \Delta = \frac{(3570)(3,25)^2}{9 \cdot \sqrt{3}}$$

$$M_{ESTATICO} \Delta = 2419 \text{ Kg/m}$$

$$MOMENTO DISTRIBUIDO = 2419 - \frac{(4237 + 2466)}{2} = -933$$

EL SIGNO NEGATIVO INDICA QUE EL MOMENTO SE ENCUENTRA FUERA DE LA CAJA COMO SE MUESTRA EN EL GRAFICO ANTERIOR.

DEFORMACION SEGÚN EL MOMENTO DEL TRAMO

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot q \cdot L^2 \cdot L^2}{48 \cdot 8 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot (M_{TRAMO}) \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot (M_{TRAMO}) \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$I = \frac{1}{12} (b)(h)^3 = \frac{1}{12} (100)(25)^3 = 130208,33 \text{ cm}^4$$

$$E = 0,14 \cdot (\omega)^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c} = 0,14 \cdot (2400)^{1,5} \cdot \sqrt{210} = 238536 \text{ Kg/m}^2$$

DISEÑO DE LA SECCION DE HORMIGON

$$Ad = \frac{b}{3949} \left[170 \cdot d - \sqrt{375d^2 - \frac{4Am}{b}} \right]; \quad Am = \frac{14}{fy} \cdot b \cdot d = 7m^2$$

NODO	Mμ	b	d	Ad	Amn	A. adoptado	Distribucion
1	490300	100	21	6,46 6,67	7	1Φ12 c/20	
2	534400	100	21	7,073 7,486	7	1Φ12 c/20	
4	126800	100	21	1,60 1,994	7	1Φ12 c/20	
6	246600	100	21	3,177 3,572	7	1Φ12 c/20	
7	111600	100	21	1,40 1,7962	7	1Φ12 c/20	

DEFORMACION MAXIMA DEL NUDO

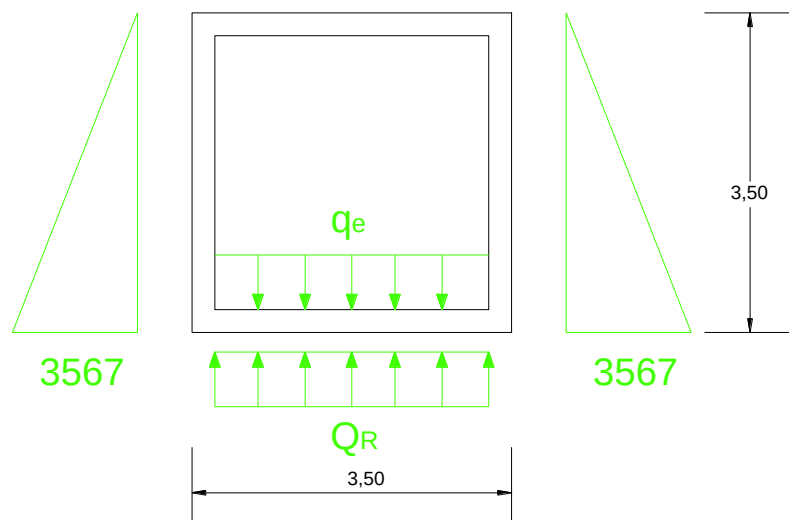
$$\Delta = \frac{5 \cdot (M_{TRAMO}) \cdot (L_e)^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot (M_{TRAMO}) \cdot (0,75L)^2}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot (534400) \cdot (0,75) \cdot (325)^2}{(48)(238536)(130208)} = 0,1064 \text{ cm}$$

Figura 1.

$$\Delta_{max} = \frac{(0,75 \cdot 325)}{450} = 0,54c$$

HIPOTESIS

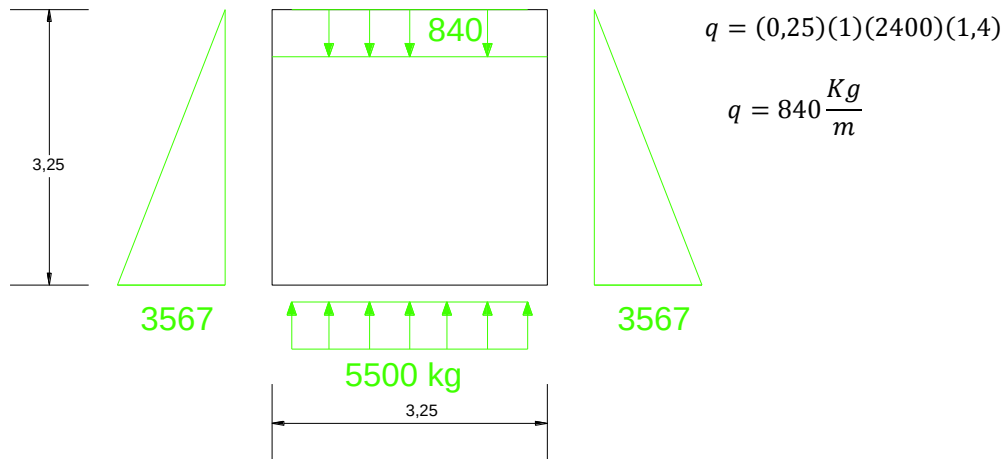


$$PESO = (3,50 \cdot 3,50 - 3 \cdot 3)(1) \cdot (2400)(1,4) = 10920 \text{ Kg}$$

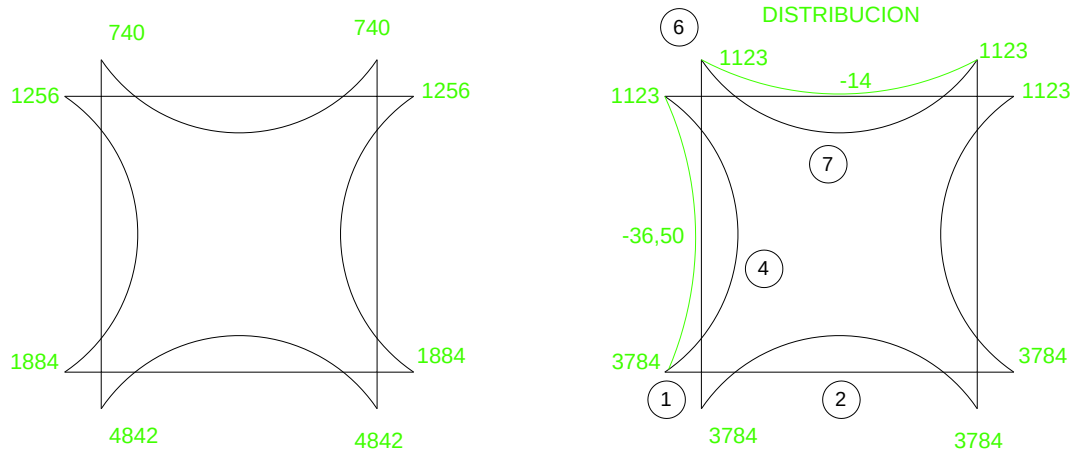
$$Q_e = (400)(1)(1,7) = 680 \text{ Kg/m}$$

$$Q_R = \frac{PESO}{3,5} + (680)(3,50) = 5500$$

SISTEMA DE CARGAS



MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO



DISEÑO

$$Ad = \frac{b}{3949} \left[170 \cdot d - 9 \sqrt{375d^2 - \frac{4Am}{b}} \right]; \quad Am = \frac{14}{fy} \cdot b \cdot d = 7m^2$$

NODO	Mμ	b	d	Ad	Amn	A. adoptado	Distribucion
1	378400	100	21	4,93	7	1Φ12 c/20	
2	347800	100	21	4,53	7	1Φ12 c/20	
4	3700	100	21	0,02	7	1Φ12 c/20	
6	112300	100	21	1,418	7	1Φ12 c/20	
7	1400	100	21	0	7	1Φ12 c/20	

DEFORMACION MAXIMA EN LA BASE

$$\Delta = \frac{5 \cdot (M_{TRAMO}) \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot (347800) \cdot (0,75 \cdot 325)}{48 \cdot (238536) \cdot (130208)} = 0,069$$

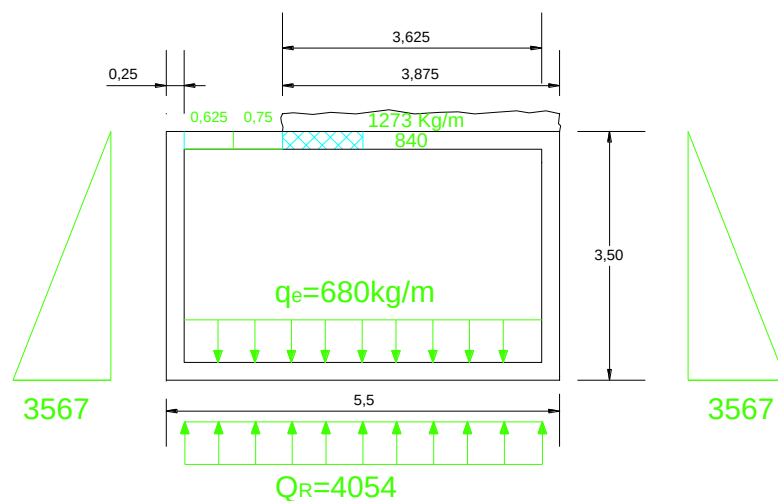
$$\Delta_{MAX} = \frac{0,75 \cdot L}{450} = \frac{(0,75) \cdot (325)}{450} = 0,541cm$$

TENSION EN EL SUELO

$$T = \frac{P}{A} = \frac{(5500)(3,50)}{(350)(100)} = 0,55 \text{ Kg/cm}^2 \leq (2 \text{ Kg/cm}^2)$$

DISEÑO DE LA FRANJA LARGA

SECCIONAMIENTO (X-X)

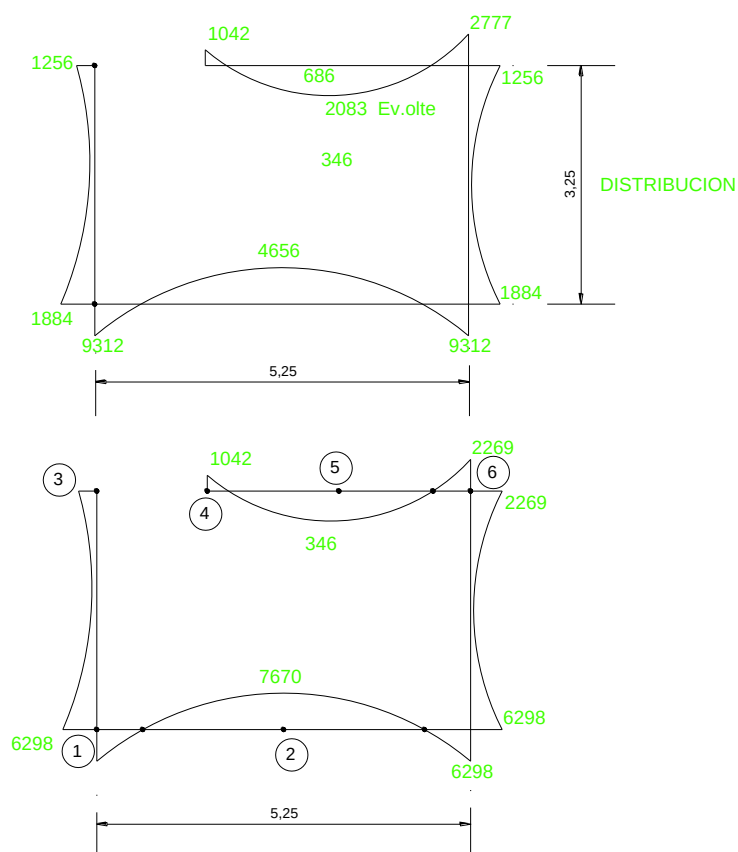


$$PESO = (5,50 \cdot 3,50 - 5 \cdot 3)(1) \cdot (2400)(1,4) = 14280Kg$$

$$Q_R = \frac{14280 + (1273)(3,625) + (680)(5)}{5,5} = 4054 \text{ K/m}$$

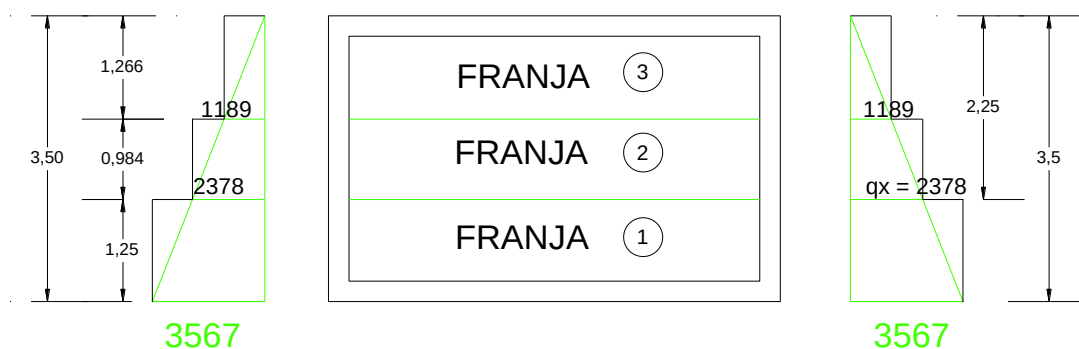
$$Q_R = 4054 \text{ K/m}$$

MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO



NODO	M μ	b	d	Ad	Amn	A. adoptado	
1	629800	100	21	8,4	7	1 Φ 12 c/15 1 Φ 14 c/20	1 Φ 12 c/10
2	767000	100	21	10,35	7	1 Φ 12 c/15 1 Φ 14 c/20	
3	226900		21	2,917	7	1 Φ 12 c/20	
4	104200	100	21	1,313	7	1 Φ 12 c/20	
5	34600	100	21	0,426	7	1 Φ 12 c/20	
6	226900	100	21	2,927	7	1 Φ 12 c/20	

DISEÑO POR FRANJAS HORIZONTALES



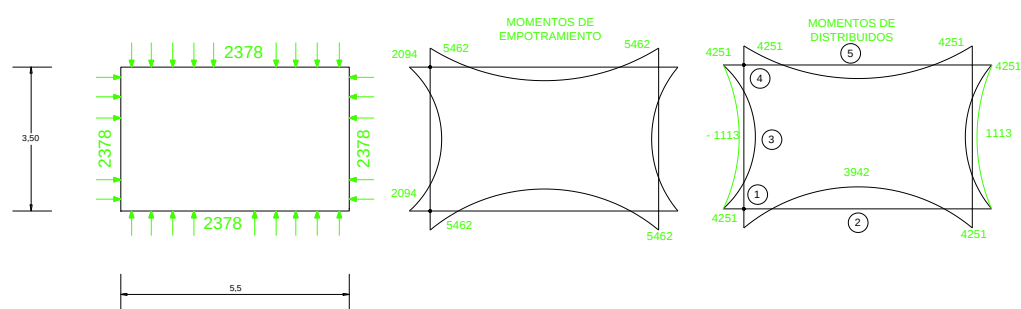
$$Q_R=4054$$

$$\frac{q_x}{h_i} = \frac{3567}{h}$$

$$q_x = \frac{h_i}{h} (3567)$$

h_i	q_x
2,166	2378
1,083	1189
0	0

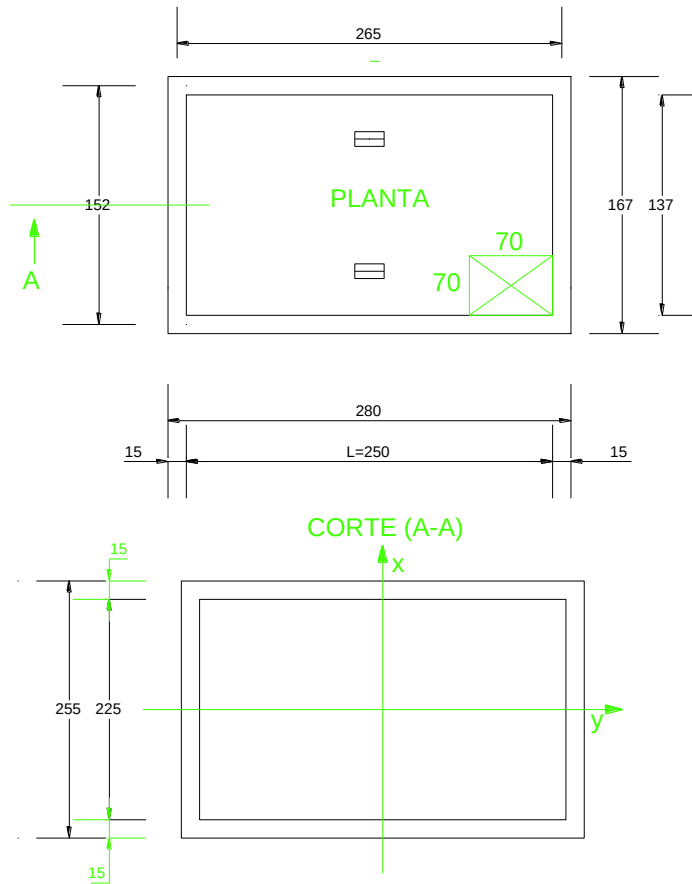
PLANTA CÁLCULO DE LA FRANJA 1



DISTRIBUCION DE MOMENTOS

NODO	$M\mu$	b	d	A_d	A_{mn}	A. interno	
1	425100	100	21	5,57	7	1Φ12 c/20	
2	394200	100	21	5,15	7	1Φ12 c/20	
3	111300	100	21	1,4	7	1Φ12 c/20	
4	425100	100	21	5,57	7	1Φ12 c/20	
5	394200	100	21	5,15	7	1Φ12 c/20	

CABINA PARA DERIVACION Y MANIOBRAS CON BARRAS PREMOLDEADAS DE CONECTORES MULTIPLES



CALCULOS

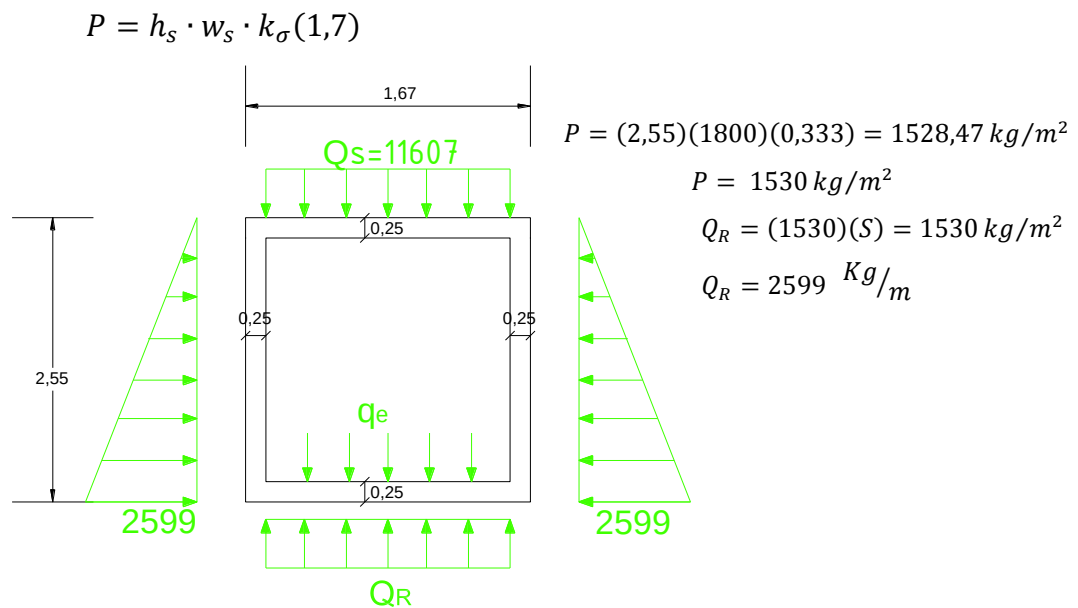
$$\omega_0 = \frac{2P_2}{L * S} = \frac{2(21667)}{(2,50)(1,34)} = 12652,26 \text{ kg/m}^2 \cong 12653 \text{ kg/m}^2$$

DISTRIBUIAMOS ESTAS CARGAS EN LAS FRANJAS (L Y S)

$$W_s = \frac{\omega_0 \cdot L^4}{L^4 + S^4} = \frac{(12653)(2,5)^4}{2,5^4 + 1,37^4} = 11606,31 \text{ kg/m}^2$$

$$W_L = \frac{\omega_0 \cdot S^4}{L^4 + S^4} = \frac{(12653)(1,37)^4}{2,5^4 + 1,37^4} = 1046,68 \text{ kg/m}^2$$

CARGAS EN LA FRANJA CORTA, SECCIONAMIENTO (y-y) SISTEMA DE CARGAS



$$PESO = (1,67 * 2,55 - 1,37 * 2,25)(2400)(1,4)$$

$$PESO = 3951,36 \text{ Kg}$$

$$q_e = (400)(1)(1,7)$$

$$q_e = 680 \text{ Kg/m}$$

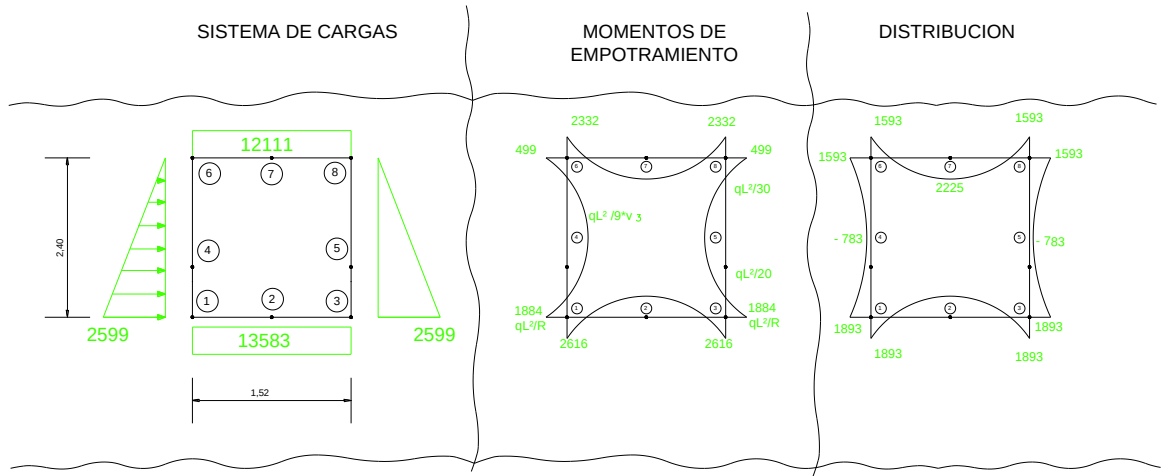
$$Q_R = \frac{\frac{PESO}{1,67} + (Q_s)(1,67) + (680)(1,67)}{1,67}$$

$$Q_R = \frac{22681,37}{1,67}$$

$$Q_R = 13581,66 \text{ Kg/m}$$

$$Q_R \cong 13582 \text{ Kg/m}$$

CALCULO DE ESFUERZOS Y DISEÑO



NODO	Mμ	b	d	Ad	Amn	A. interno	
1	189300	100	11	4,84	3,67	1Φ12 c/25	
2	203000	100	11	5,22	3,67	1Φ12 c/25	
3	78300	100	11	1,934	3,67	1Φ12 c/25	
4	159300	100	11	4,04	3,67	1Φ12 c/25	
5	190500	100	11	4,88	3,67	1Φ12 c/25	

DEFORMACION MAXIMA EN LA BASE

$$E = 0,14 \cdot (\omega)^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c} = 0,14 \cdot (2400)^{1,5} \cdot \sqrt{210} = 238536 \text{ Kg/m}^2$$

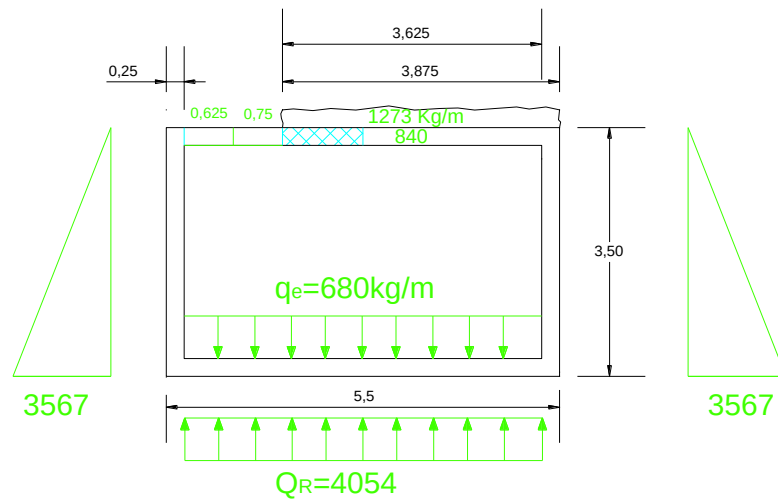
$$I = \frac{1}{12} (b)(h)^3 = \frac{1}{12} (100)(15)^3 = 28125 \text{ cm}^4$$

$$\frac{5 \cdot (M_T) \cdot (L_e)^2}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot (M_{TRAMO}) \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot (347800) \cdot (0,75 \cdot 325)}{48 \cdot (238536) \cdot (130208)} = 0,069$$

$$\Delta_{MAX} = \frac{0,75 \cdot L}{450} = \frac{(0,75) \cdot (325)}{450} = 0,541 \text{ cm}$$

SECCIONAMIENTO (X-X)

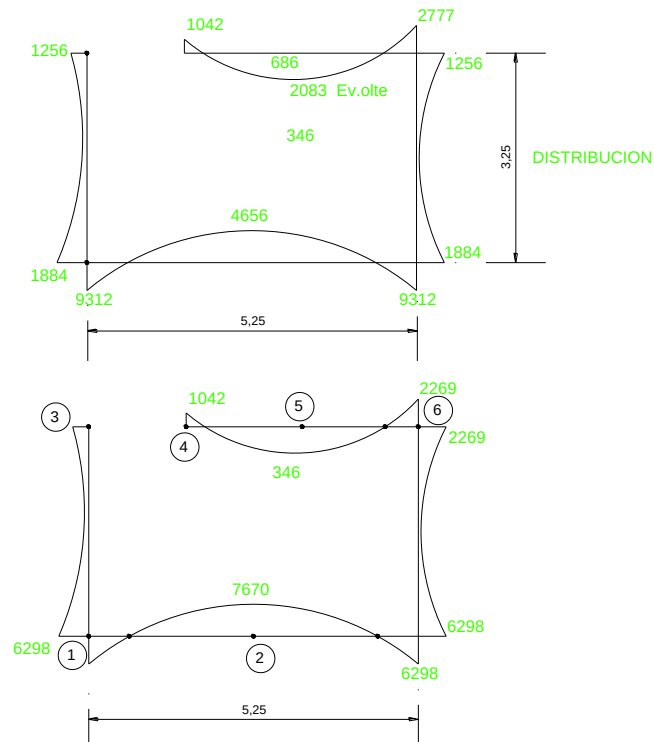


$$PESO = (5,50 * 3,50 - 5 * 3)(1) * (2400)(1,4) = 14280 \text{ Kg}$$

$$Q_R = \frac{14280 + (1273)(3,625) + (680)(5)}{5,5} = 4054 \text{ K/m}$$

$$Q_R = 4054 \text{ K/m}$$

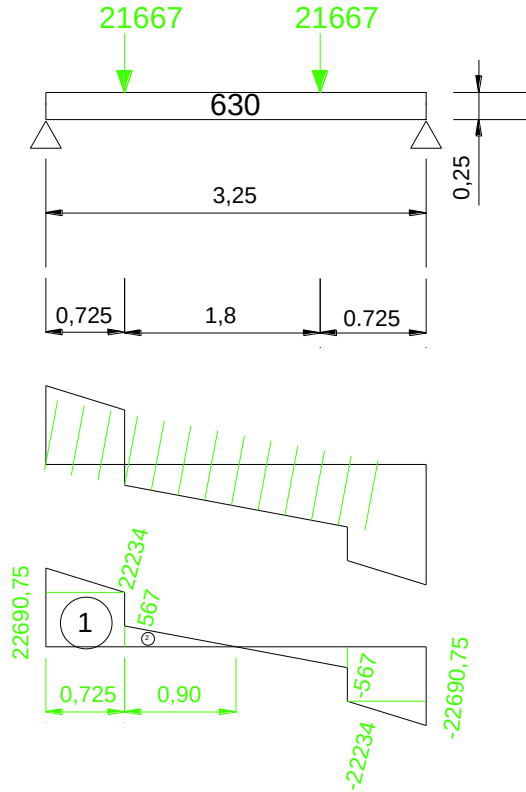
MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO



NODO	Mμ	b	d	Ad	Amn	A. adoptado	
1	629800	100	21	8,4	7	1Φ12 c/15 1Φ14 c/20	1Φ12 c/10
2	767000	100	21	10,35	7	1Φ12 c/15 1Φ14 c/20	
3	226900		21	2,917	7	1Φ12 c/20	
4	104200	100	21	1,313	7	1Φ12 c/20	
5	34600	100	21	0,426	7	1Φ12 c/20	
6	226900	100	21	2,927	7	1Φ12 c/20	

ANEXO 8

DISEÑO DE LA TAPA



SECCION



$$A_1 = \frac{(22690,75 + 22234)(0,72)}{2}$$

$$A_1 = 16285,22$$

$$A_2 = (0,90)(567)/2 = 255,15$$

$$A_T = 16540,37 \text{ kg/m}$$

$$M_u = 16540370 \text{ kg/cm}$$

$$M_m = \frac{M_u}{0,90}$$

$$I = \frac{1}{12}(75)(25)^3 = 97656,25 \text{ cm}^4 ; \quad E = 238536 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ad = \frac{b}{3949} \left[170 \cdot d - 9 \sqrt{375d^2 - \frac{4Am}{b}} \right] = 26,13 \text{ cm}^2$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot M \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot (1654037) \cdot (325)^2}{48 \cdot (238536) \cdot (97656,25)}$$

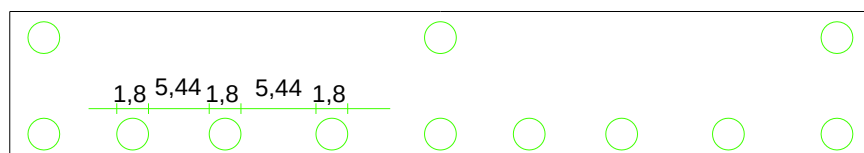
$$\Delta = 0,78 \text{ cm}$$



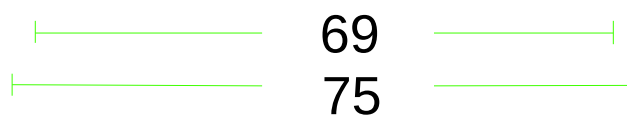
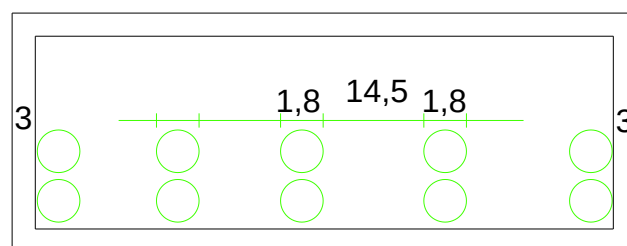
$$\Delta_{MAX} = \frac{325}{450} = 0,722 \text{ cm}$$

$$= \frac{325}{400} = 0,8 \text{ cm}$$

$$= \frac{325}{800} = 0,40 \text{ cm}$$

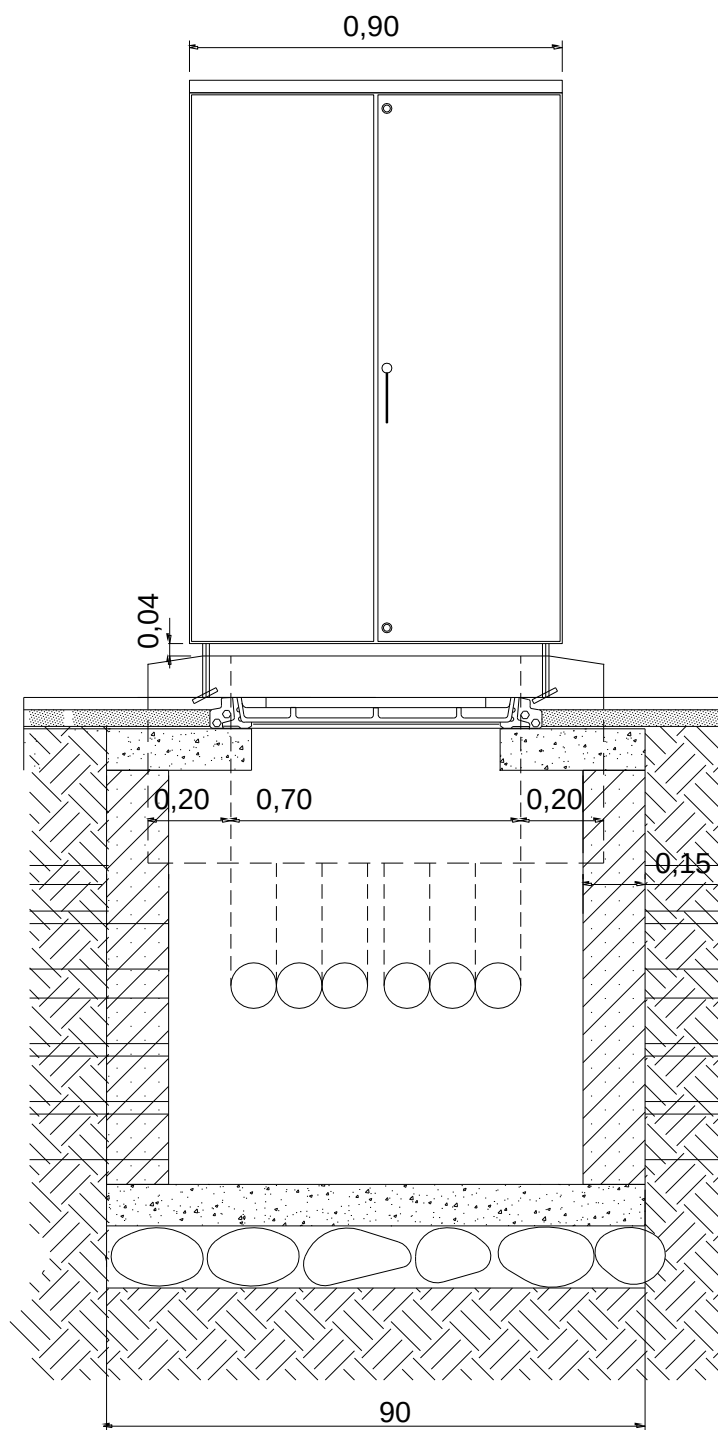


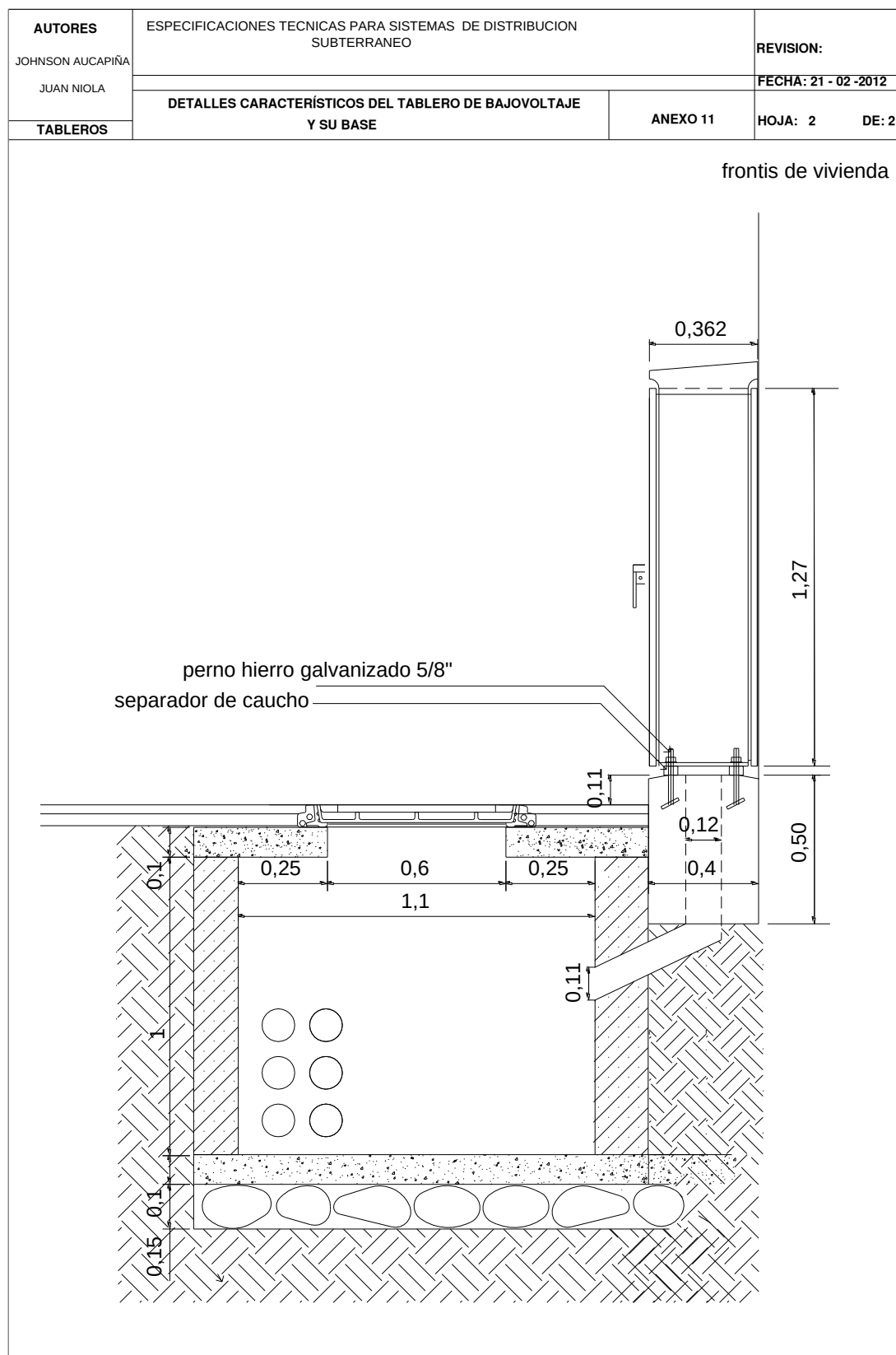
75



ANEXO 11

AUTORES JOHNSON AUCAPIÑA JUAN NIOLA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO		REVISION:	
	DETALLES CARACTERÍSTICOS DEL TABLERO DE BAJOVOLTAJE Y SU BASE		FECHA: 21 - 02 - 2012	
TABLEROS		ANEXO 11	HOJA: 1	DE: 2





ANEXO 12

