



# *Trabajos topográficos en la ejecución de las subestaciones eléctricas de tracción y los centros de autotransformación asociados a la línea de alta velocidad del tramo Valladolid-León-Burgos*



*Alumna: Ángela Gómez Moya*

*Dirigido por: D. Jesús Lorenzo Olivares Belinchón*

---

*Junio de 2015*

## ***Agradecimientos***

*Quisiera dedicar este trabajo a todos aquellos que con su apoyo profesional y personal me ayudaron a superar todos los obstáculos, incluso el crudo invierno palentino. Agradecer también el aporte fotográfico de mis compañeros sin el cual este trabajo no habría sido posible y, por supuesto, a mi madre por su apoyo incondicional en todos los proyectos de mi vida.*

## ***RESUMEN***

El presente trabajo final de grado describe, de una manera práctica, las labores que un Ingeniero Técnico en Topografía desempeña en la ejecución de las subestaciones de tracción y los centros de autotransformación asociados a la línea de alta velocidad del tramo Valladolid-León-Burgos.

La definición geométrica de la obra se basa en tres modelos tipo, subestaciones, centros de autotransformación intermedios y centros de autotransformación finales, en los que introduciremos pequeñas modificaciones en los accesos y en la orientación relativa a la vía para cada localización. Los centros irán ubicados sobre unas plataformas ya ejecutadas que, junto con los elementos existentes para la evacuación de las redes de saneamiento, definirán un alzado particular para cada uno.

Las tareas del Ingeniero en Topografía han sido necesarias en todas las fases de la obra, desde los levantamientos iniciales hasta las labores de oficina técnica, pasando, por supuesto, por los replanteos en obra. Muchos de los elementos ejecutados se han realizado en diferentes fases. Cualquier alteración de la definición geométrica inicial en las primeras fases afecta en gran medida a las siguientes siendo esto inadmisibles teniendo en cuenta las precisiones exigidas, en torno al milímetro en muchos casos. Así pues el equipo de topografía ha realizado una exhaustiva vigilancia tanto de la ejecución como del montaje de todos los elementos. Esto junto con el hecho de que muchas instalaciones, separadas por grandes distancias, se han realizado de manera simultánea, requieren de un concienzudo trabajo de planificación y gestión por parte del Ingeniero en Topografía.

La adaptabilidad a las exigencias de diferentes situaciones y equipos de trabajo, la simultaneidad de tareas, la continua comprobación de resultados, la capacidad para la resolución de problemas, las habilidades de gestión y planificación y la auto exigencia personal que aporta el profesional de la Topografía hacen de ella una figura esencial en la ejecución de una obra civil de esta naturaleza.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>10</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>11</b>
3.1. Situación y emplazamiento.....	11
3.2. Situación actual.....	13
3.3. Objeto del proyecto.....	13
3.4. Solución adoptada.....	14
3.4.1. Configuración de las subestaciones.....	16
3.4.2. Configuración de los centros de autotransformación finales (atf).....	17
3.4.3. Configuración de centros de autotransformación intermedios (ati).....	17
<b>4. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA</b> .....	<b>18</b>
4.1. Definición en planta.....	18
4.2. Definición en alzado.....	19
4.3. Cimentaciones.....	20
4.3.1. Aparamentas.....	20
4.3.2. Transformadores.....	20
4.3.3. Edificio.....	20
4.4. Canalizaciones.....	21
4.4.1. Canalizaciones eléctricas.....	21
4.4.2. Red de saneamiento y aceite.....	21
4.5. Edificaciones.....	22
4.6. Cerramientos.....	24
4.7. Red de bases y encaje.....	25
<b>5. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS</b> .....	<b>25</b>
5.1. Trabajos topográficos iniciales.....	26
5.1.1. Red de bases.....	26
5.1.2. Levantamientos topográficos iniciales.....	27
5.1.3. Encaje planimétrico y definición geométrica.....	28
5.2. Movimiento de tierras.....	30
5.2.1. Excavación red de tierras.....	30
5.2.2. Terraplenado de la excavación.....	32
5.3. Edificio de control.....	33
5.3.1. Cimentación.....	33
5.3.2. Foso de cables.....	36
5.3.3. Arquetas interiores.....	40
5.3.4. Cimentación autotransformador.....	41
5.3.5. Paneles cerramiento.....	48
5.4. Cimentaciones exteriores.....	50
5.4.1. Pórticos de acometida.....	50
5.4.2. Aparamentas parque exterior subestaciones.....	53

5.4.3.	<i>Cimentaciones de los transformadores de las subestaciones.....</i>	<i>56</i>
5.4.4.	<i>Depósito de aceite .....</i>	<i>60</i>
5.5.	<b>Canalizaciones .....</b>	<b>64</b>
5.5.1.	<i>Prismas eléctricos y canaleta.....</i>	<i>64</i>
5.5.2.	<i>Red de drenaje y saneamiento.....</i>	<i>67</i>
5.5.3.	<i>Red de recogida de aceite .....</i>	<i>69</i>
5.6.	<b>Cerramientos.....</b>	<b>70</b>
5.6.1.	<i>Muro perimetral.....</i>	<i>70</i>
5.6.2.	<i>Autotransformadores en atis y atfs.....</i>	<i>74</i>
5.7.	<b>Bordillos .....</b>	<b>75</b>
5.7.1.	<i>Encintado de aceras.....</i>	<i>75</i>
5.7.2.	<i>Encintado de viales y superficies.....</i>	<i>77</i>
5.8.	<b>Otros .....</b>	<b>79</b>
5.8.1.	<i>Escaleras.....</i>	<i>79</i>
5.8.2.	<i>Pilares muro perimetral.....</i>	<i>81</i>
5.8.3.	<i>Puerta corredera de acceso a la instalación.....</i>	<i>83</i>
5.8.4.	<i>Muros interiores del edificio de control .....</i>	<i>83</i>
5.8.5.	<i>Aglomerado de viales.....</i>	<i>84</i>
<b>6.</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>86</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>90</b>
<b>9.</b>	<b>PLANOS.....</b>	<b>91</b>
9.1.	Planos de situación .....	92
9.2.	Planos de planta general .....	95
9.3.	Planos de alzado .....	99
9.4.	Planos de cimentación.....	106
9.5.	Planos de cerramientos .....	112
9.6.	Planos de canalizaciones eléctricas.....	117
9.7.	Planos de red de saneamiento y aceite.....	121
<b>ANEJO 1</b>		
	<i>RED DE BASES DE REPLANTEO .....</i>	<i>127</i>
<b>ANEJO 2</b>		
	<i>DEFINICIÓN GEOMÉTRICA EN ALZADO .....</i>	<i>132</i>
<b>ANEJO 3</b>		
	<i>CERRAMIENTOS.....</i>	<i>135</i>
<b>ANEJO 4</b>		
	<i>INSTRUMENTAL UTILIZADO.....</i>	<i>138</i>

## ÍNDICE de PLANOS

Plano 1: PLANO DE SITUACIÓN – Áreas de Dueñas, Becerril y Luengos. ....	93
Plano 2: PLANO DE SITUACIÓN – Áreas de Dueñas y Buniel. ....	94
Plano 3: PLANTA GENERAL DE OBRA CIVIL – ATI. ....	96
Plano 4: PLANTA GENERAL DE OBRA CIVIL – ATF. ....	97
Plano 5: PLANTA GENERAL DE OBRA CIVIL – Subestación. ....	98
Plano 6: DEFINICIÓN EN ALZADO – ATI (Hoja 1). ....	100
Plano 7: DEFINICIÓN EN ALZADO – ATI (Hoja 2). ....	101
Plano 8: DEFINICIÓN EN ALZADO – ATF (Hoja 1). ....	102
Plano 9: DEFINICIÓN EN ALZADO – ATF (Hoja 2). ....	103
Plano 10: DEFINICIÓN EN ALZADO – Subestación. ....	104
Plano 11: DEFINICIÓN EN ALZADO – Sección Tipo. ....	105
Plano 12: PLANO DE CIMENTACIÓN – ATI. ....	107
Plano 13: PLANO DE CIMENTACIÓN – ATF. ....	108
Plano 14: PLANO DE CIMENTACIÓN – Subestación. ....	109
Plano 15: CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR – ATI y ATF. ....	110
Plano 16: CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR – Subestación. ....	111
Plano 17: MURO CERRAMIENTO – Perfil longitudinal y rasante SE_111. ....	113
Plano 18: MURO CERRAMIENTO – Planta y pendientes SE_111. ....	114
Plano 19: MURO CERRAMIENTO – Perfil longitudinal y rasante SE_104. ....	115
Plano 20: MURO CERRAMIENTO – Planta y pendientes SE_104. ....	116
Plano 21: CANALIZACIONES ELÉCTRICAS – ATI_104.4. ....	118
Plano 22: CANALIZACIONES ELÉCTRICAS – ATF_105.1. ....	119
Plano 23: CANALIZACIONES ELÉCTRICAS – SE_111. ....	120
Plano 24: RED DE SANEAMIENTO Y ACEITE – ATI_104.4. ....	122
Plano 25: RED DE SANEAMIENTO Y ACEITE – ATF_105.1. ....	123
Plano 26: RED DE SANEAMIENTO Y ACEITE – SE_111. ....	124
Plano 27: RED DE SANEAMIENTO Y ACEITE – Depósitos de aceite en ATIs y ATFs. ....	125
Plano 28: RED DE SANEAMIENTO Y ACEITE – Depósito aceite, grupo depurador y agua SE ...	126

## ÍNDICE de FIGURAS

Figura 1: Mapa de situación. Provincias de Castilla y León. Fuente Colegio de Geógrafos de Castilla y León. ....	11
Figura 2: Red ferroviaria española. Fuente ADIF. ....	13
Figura 3: Sistema 2x25 kV. Fuente (Berzosa & Ribero, 2014). ....	16
Figura 4: Puntos para el marcaje de la excavación para la red de tierras para el ATI 104.4. ....	31
Figura 5: ejes de replanteo del vaso de aceite en ATIs y ATFs. ....	41
Figura 6: sección transversal de la cimentación para el apoyo del autotransformador. ....	43
Figura 7: planta y secciones transversales del vaso del transformador. ....	56
Figura 8: sección transversal del muro de cerramiento perimetral. ....	71
Figura 9: detalle de la armadura del muro y del eje en planta para el replanteo. ....	72
Figura 10: tablas salariales para 2013. Fuente: Convenio de la construcción de Valencia. ....	87

## ÍNDICE de TABLAS

Tabla 1: Demografía. Fuente D. G. de Presupuestos y Estadística de la Junta de Castilla y León con datos del Instituto Nacional de Estadística y del Instituto Geográfico Nacional. ....	12
Tabla 2: Datos climatológicos medios (1981-2010). Estación meteorológica de Valladolid. Fuente Aemet. ....	12
Tabla 3: códigos de área.....	14
Tabla 4: Localización de los centros de autotransformación y subestaciones de tracción.....	15

## ÍNDICE de IMÁGENES

Imagen 1: bases de proyecto materializadas con clavos de acero sobre canaleta eléctrica y bajante. ....	26
Imagen 2: base densificada y balizada. ....	27
Imagen 3: plataforma para la futura ubicación del ATI 105.3 en Celada del Camino (Burgos)..	28
Imagen 4: elementos existentes para la evacuación de la red de saneamiento. ....	29
Imagen 5: marcaje del cajeadado para la ejecución de la red de tierras. ....	31
Imagen 6: marcaje de pórticos y línea del depósito de aceite.....	32
Imagen 7: acabado de la plataforma en el ATI 105.2. ....	33
Imagen 8: detalle del replanteo de las alineaciones de los ejes de los pilares y de la riostra. ....	34
Imagen 9: marcaje del pasamuros para evacuar el vaso de aceite en un ATI. ....	35
Imagen 10: pasamuros para cables de la red de tierras a través de la armadura. ....	35
Imagen 11: marcaje sobre HL y alineado de armadura y cálices de los pilares. ....	36
Imagen 12: marcaje sobre HL y alineado de armadura y cálices de los pilares. ....	36
Imagen 13: replanteo de la excavación del foso de cables en la subestación de Dueñas. ....	37
Imagen 14: excavación para el foso de cables con berma en talud. ATI 104.2_Valladolid. ....	37
Imagen 15: replanteo de los límites del foso de cables sobre hormigón de limpieza.....	38
Imagen 16: losa y tareas de atado de la armadura del foso de cables en la subestación de Dueñas.....	38
Imagen 17: cajones para la salida de cables del foso de la subestación de Dueñas. ....	39
Imagen 18: detalles del montaje de las chapas de encofrado en la subestación de Dueñas.....	39
Imagen 19: acabado final del foso de cables con las salidas para las canalizaciones eléctricas. ....	40
Imagen 20: detalle de las arquetas interiores en el ATI 104.2. ....	41
Imagen 21: armadura del vaso de aceite en los autotransformadores de ATIs y ATFs.....	42
Imagen 22: detalle del replanteo de las vigas de apoyo del transformador. ....	43
Imagen 23: detalle del marcaje de los ejes de los raíles sobre las placas de apoyo. ....	44
Imagen 24: detalle de la señalización de los ejes del vaso del autotransformador. ....	44
Imagen 25: vista frontal del vaso del autotransformador. ....	45
Imagen 26: vista posterior del vaso para el autotransformador. ....	45
Imagen 27: encofrado de las vigas de apoyo del autotransformador.....	45
Imagen 28: vista posterior del vaso para el autotransformador tras el 2º hormigonado. ....	46
Imagen 29: arqueta para el vertido de aceite de los autotransformadores. ....	47
Imagen 30: detalle del marcaje de cotas para la capa de pendientes. ....	47
Imagen 31: detalles del marcaje de cotas para la capa de pendientes.....	47
Imagen 32: detalle del acabado final de los vasos de los autotransformadores.....	48
Imagen 33: línea de cerramiento y cotas relativas a la losa. ....	48
Imagen 34: marcaje de la cota de la losa +1 m en los paneles prefabricados.....	49

<i>Imagen 35: estado previo al hormigonado de la losa interior del edificio.</i>	50
<i>Imagen 36: pulido de la superficie de la losa para el acabado final.</i>	50
<i>Imagen 37: estaca a cota de peana con el eje de las apartamentas marcado con clavo de acero.</i>	51
<i>Imagen 38: replanteo de los ejes de los pórticos en ATI 105.2.</i>	52
<i>Imagen 39: plantilla para la instalación de los pernos de los pórticos.</i>	52
<i>Imagen 40: marcaje de la cota de peana sobre los pernos.</i>	52
<i>Imagen 41: feeders montados en la SE_111.</i>	53
<i>Imagen 42: ejes de replanteo en Dueñas.</i>	53
<i>Imagen 43: ejes sobre el HL y montaje de la parrilla inferior en cimentaciones Z3.</i>	55
<i>Imagen 44: ejes longitudinales y transversales con varillas de hierro y plantilla de montaje.</i>	55
<i>Imagen 45: detalle de los anclajes de los pórticos de entrada de las subestaciones.</i>	55
<i>Imagen 46: hormigonado de la cimentación de apoyo del transformador en la subestación de Dueñas.</i>	57
<i>Imagen 47: detalle del encofrado de la cimentación para el apoyo de uno de los transformadores en la subestación de Dueñas.</i>	57
<i>Imagen 48: vaso de aceite terminado a falta del relleno con gravas.</i>	58
<i>Imagen 49: vaso de aceite terminado. Vista desde el edificio de control.</i>	58
<i>Imagen 50: relleno del vaso de aceite con gravas.</i>	59
<i>Imagen 51: Montaje del transformador en la subestación de Becerril. Detalle de las ruedas de los transformadores sobre el rail.</i>	59
<i>Imagen 52: detalle de las ruedas de los transformadores sobre el raíl.</i>	60
<i>Imagen 53: detalle del replanteo de la excavación del depósito de aceite y su eje longitudinal en un centro ATI.</i>	61
<i>Imagen 54: depósito de aceite en centros de transformación intermedios.</i>	62
<i>Imagen 55: comprobación de las cotas de excavación en Dueñas.</i>	63
<i>Imagen 56: ejecución de la cama de arena donde asentará el depósito de aceite de la subestación de Dueñas.</i>	63
<i>Imagen 57: prismas eléctricos de 3 tubos.</i>	65
<i>Imagen 58: canaleta eléctrica junto a pórticos de acometida en ATI y junto a transformadores en la SE_111.</i>	66
<i>Imagen 58: detalle del marcaje de cotas en canaleta.</i>	66
<i>Imagen 59: canaleta en el parque exterior de la SE_111 con rejilla instalada.</i>	67
<i>Imagen 61: detalle del marcaje de cotas en la red de saneamiento.</i>	68
<i>Imagen 62: tubo corrugado con perforaciones para el drenaje.</i>	68
<i>Imagen 63: cotas de la red de saneamiento y drenaje sobre la cimentación del muro de cerramiento.</i>	69
<i>Imagen 64: arqueta de aceite junto a depósito en ATI 104.4.</i>	70
<i>Imagen 65: marcaje de la salida de aceite del autotransformador sobre cimentación del edificio.</i>	70
<i>Imagen 66: detalles del replanteo para la zanja de cimentación del muro de cerramiento.</i>	72
<i>Imagen 67: detalles del replanteo de la cota de coronación sobre el acabado de la cimentación.</i>	73
<i>Imagen 68: detalles del encofrado del muro y el marcaje de alineaciones sobre zapata.</i>	73
<i>Imagen 69: montaje del vallado sobre cerramiento perimetral de la SE de Dueñas.</i>	74
<i>Imagen 70: escalera de acceso al vaso del autotransformador.</i>	74
<i>Imagen 71: detalle del acabado y vallado del autotransformador.</i>	75
<i>Imagen 72: replanteo del bordillo con varillas de acero y cinta aislante. Acabado en curva.</i>	76
<i>Imagen 73: detalle de las marcas sobre el panel y la línea de coronación del bordillo.</i>	76
<i>Imagen 74: replanteo inicial del bordillo y zanja ejecutada.</i>	77

<i>Imagen 75: detalle del replanteo de curvas en bordillos del parque exterior de la SE_111. ....</i>	78
<i>Imagen 76: proceso de hormigonado de los bordillos en los viales de la SE_111. ....</i>	78
<i>Imagen 77: bordillo instalado y explanada acabada en el parque exterior de la SE_111. ....</i>	79
<i>Imagen 78: detalle del replanteo de los escalones. ....</i>	80
<i>Imagen 79: detalle del replanteo de los escalones. ....</i>	80
<i>Imagen 80: escalera para puerta simple en ATI. ....</i>	81
<i>Imagen 81: acceso a la subestación de Becerril. ....</i>	82
<i>Imagen 82: detalles de los pilares en la SE de Dueñas y en el ATI de Cisneros. ....</i>	82
<i>Imagen 83: detalle del replanteo de las caras del pilar sobre la cimentación. ....</i>	82
<i>Imagen 84: error de ejecución en el bordillo del ATI de Becerril. Detalle de la cimentación de la guía en la subestación de Becerril. ....</i>	83
<i>Imagen 85: Marcaje de las alineaciones de los muros interiores y las puertas. ....</i>	84
<i>Imagen 86: detalle del replanteo de los huecos de las puertas. ....</i>	84
<i>Imagen 87: vial acabado en la subestación de Dueñas. ....</i>	85
<i>Imagen 88: detalle de la ejecución de la capa de aglomerado de los viales en la SE de Dueñas. .</i>	85

## 1. INTRODUCCIÓN

He desarrollado mi carrera profesional durante más de siete años como I.T. en Topografía, titulación que cursé en esta misma escuela y que finalicé en 2004. El desarrollo tecnológico en el campo de la geoinformación y la aparición de nuevas metodologías e instrumentales de medición hacen necesaria, en mi opinión, una profunda actualización profesional. Por este motivo me matriculé en el curso de retitulación que ofrece la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica de Valencia para la obtención del Grado en Geomática y Topografía.

Enmarcado dentro de dicho plan de estudios, este Proyecto Final de Grado pretende revisar y caracterizar los trabajos desarrollados por el Ingeniero en Geomática y Topografía en la ejecución de una obra civil, concretamente, en la ejecución de los centros de electrificación y tracción de la línea de alta velocidad del tramo Valladolid-León-Burgos, en las que trabajé como Ingeniera en Topografía desde junio de 2013 hasta marzo de del presente año.

## 2. ANTECEDENTES

El área objeto del proyecto forma parte del ámbito de actuación de la línea de alta velocidad Valladolid-Burgos-León del corredor ferroviario Norte-Noroeste. El antiguo Plan Director de Infraestructuras 2000 - 2007 otorgaba una posición clave a esta línea como eje radial de la infraestructura ferroviaria española, de la cual partirán líneas transversales conformando un nuevo mallado para conectar Madrid con Castilla y León, País Vasco, Cantabria, Asturias y Galicia (vía Ponferrada).

Actualmente, el punto de partida de este proyecto lo constituye el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (P.E.I.T.) 2005/2020. La propuesta presentada en diciembre de 2004 recoge el Programa de Infraestructuras Ferroviarias 2000/2007 del Ministerio de Fomento, concretamente, en el marco del Estudio de optimización funcional de la nueva línea de ferrocarril Madrid-Valladolid y sus conexiones con Castilla y León, Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco, que pretende reducir en gran medida los tiempos de viaje, en todas las relaciones de Madrid con el Norte y el Noroeste de la Península.

Con fecha de 21 de diciembre de 2007 el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (A.D.I.F.) sacó mediante el procedimiento de adjudicación de Acuerdo de Colaboración con TIFSA el “Contrato de Consultoría y Asistencia para la redacción de dos proyectos de las subestaciones de tracción y centros de autotransformación asociados y proyecto de

Telemando de Energía para el tramo Valladolid – Venta de Baños – Burgos León del Corredor Norte - Noreste de Alta Velocidad”, firmándose el contrato el 27 de marzo de 2009.

En junio de 2010 INECO, (Ingeniería y Economía del Transporte) absorbe a TIFSA, adquiriendo en bloque su patrimonio. De esta manera es esta ingeniería la encargada de llevar a cabo la ejecución del presente proyecto de obra civil constituida en UTE con Siemens. Es esta última empresa la que subcontrata la constructora en la que he desarrollado mis laborales como Ingeniera en Topografía en la ejecución y seguimiento de la obra civil mencionada.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

#### 3.1. Situación y emplazamiento

El proyecto constructivo se desarrolla en dos tramos. Por un lado el ramal norte que abarca la línea Valladolid - Venta de Baños - Burgos y por otro lado el ramal noreste, correspondiente al tramo Valladolid - Venta de Baños - León.



Figura 1: Mapa de situación. Provincias de Castilla y León. Fuente Colegio de Geógrafos de Castilla y León.

Así pues el proyecto se desarrolla en las cuatro provincias citadas de la comunidad autónoma de Castilla y León. En la tabla 2 se muestra los principales datos de la población de estas provincias, cuya economía se basa en gran medida en la agricultura extensiva y la ganadería, seguidas del sector servicios y el industrial.

Provincia	Superficie (km <sup>2</sup> )	Nº de municipios	Población a 01/01/2013	Densidad de población (hab./km <sup>2</sup> )
<b>Burgos</b>	14.291	371	371.248	25,98
<b>León</b>	15.582	211	489.752	31,43
<b>Palencia</b>	8.053	191	168.955	20,98
<b>Valladolid</b>	8.110	225	532.284	65,63
<b>Castilla y León</b>	<b>94.227</b>	<b>2.248</b>	<b>2.519.875</b>	<b>26,74</b>

Tabla 1: Demografía. Fuente D. G. de Presupuestos y Estadística de la Junta de Castilla y León con datos del Instituto Nacional de Estadística y del Instituto Geográfico Nacional.

La zona, perteneciente a la llamada Meseta Norte, consiste en una extensa llanura elevada a unos 700 metros sobre el nivel del mar y rodeada por las cordilleras Cantábrica, Ibérica y Central. Dentro del clima continental, este aislamiento orográfico hace que las características climáticas sean notablemente uniformes, destacando el largo y frío invierno y el cálido verano. En invierno las heladas son muy frecuentes pudiendo presentarse desde finales de octubre a primeros de mayo. La planicidad del terreno favorece la aparición de nieblas durante el otoño y el invierno lo que hace que las bajas temperaturas se mantengan invariables durante varios días.

El verano es cálido pero no extremado. El aislamiento orográfico se refleja en la pluviometría escasa. Esta escasez en las precipitaciones, junto al hecho del mínimo invernal, explica que las nevadas sean poco frecuentes, aunque ocasionalmente se produzcan importantes temporales de nieve, sobre todo en la montaña Palentina.

	Tmedia	Precip	Hum rel	Dlluvia	Dnieve	Dniebla	Dhelada
<b>Enero</b>	4.2	40	83	6.3	3.0	10.4	15.9
<b>Febrero</b>	5.9	27	72	5.2	2.1	3.7	12.8
<b>Marzo</b>	9.0	22	62	4.8	0.8	1.6	6.7
<b>Abril</b>	10.7	46	62	7.8	0.8	0.9	2.3
<b>Mayo</b>	14.5	49	60	7.9	0.0	0.9	0.3
<b>Junio</b>	19.3	29	52	4.5	0.0	0.6	0.0
<b>Julio</b>	22.3	13	45	2.1	0.0	0.3	0.0
<b>Agosto</b>	22.1	16	48	2.3	0.0	0.2	0.0
<b>Septiembre</b>	18.5	31	56	4.3	0.0	0.9	0.0
<b>Octubre</b>	13.2	55	70	7.5	0.0	3.0	0.5
<b>Noviembre</b>	7.9	52	79	7.1	0.7	7.1	5.8
<b>Diciembre</b>	5.0	53	84	7.7	1.4	9.2	12.4
<b>Año</b>	<b>12.7</b>	<b>433</b>	<b>64</b>	<b>67.7</b>	<b>8.8</b>	<b>39.8</b>	<b>56.2</b>

Tabla 2: Datos climatológicos medios (1981-2010). Estación meteorológica de Valladolid. Fuente Aemet.

La tabla 3 ilustra los datos medios más relevantes en cuanto a temperatura, precipitaciones, humedad relativa, días de lluvia, de nieve, de niebla y de helada recogidos por la Agencia Estatal de Meteorología en la estación de Valladolid.

### 3.2. Situación actual

La red de alta velocidad española, mostrada en la figura 2, refleja la necesidad de conectar las provincias objeto del siguiente proyecto con una infraestructura que permita acortar los tiempos de los trayectos por ferrocarril. Hasta el momento la línea de alta velocidad (LAV) se quedaba en Valladolid. Desde allí parten los trenes con destino al resto de capitales de provincia a través de la red convencional.

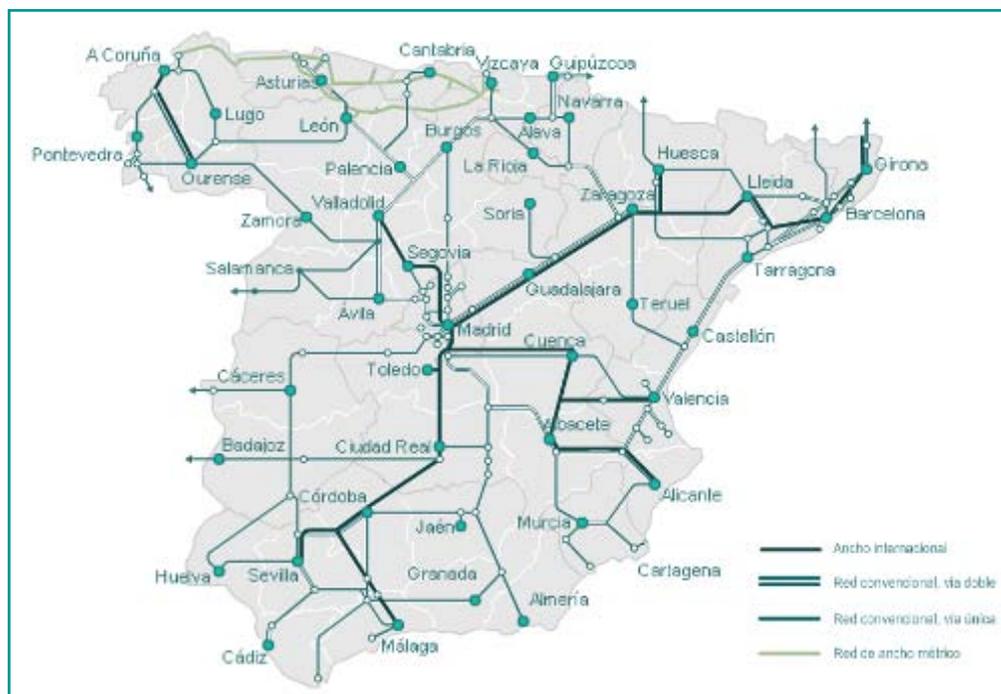


Figura 2: Red ferroviaria española. Fuente ADIF.

### 3.3. Objeto del proyecto

Este proyecto tiene por objeto el diseño de las subestaciones eléctricas de tracción y los centros de autotransformación asociados a la línea ferroviaria de alta velocidad Valladolid – León – Burgos en ancho ibérico para transporte de pasajeros y mercancías. El sistema de electrificación proyectado será el 2x25 kV con catenaria apta para velocidades de 300 Km/h.

El sistema consta de cuatro subestaciones de tracción conectadas a la red de alta tensión, once centros de autotransformación intermedios y tres finales (el centro de transformación final correspondiente al área de Dueñas ya ha sido ejecutado dentro del tramo anterior). El

proyecto se divide en cuatro áreas de actuación que reciben su nombre de la localización de la subestación correspondiente: Dueñas, Becerril de Campos, Buniel y Luengos:

ÁREA	CODIFICACIÓN	LOCALIZACIÓN
Dueñas	104	Valladolid – Palencia
Buniel	105	Palencia- Burgos
Becerril	111	Palencia-León
Luengos	112	León

Tabla 3: códigos de área.

### 3.4. Solución adoptada

En lo que se refiere al trazado ferroviario, dividido en dos tramos, está diseñado para doble vía electrificada en ancho internacional o UIC (1,435 mm) para soportar tráficos de viajeros y mercancías.

El tramo Valladolid - Venta de Baños - Palencia - León tiene una longitud de 162,7 km y las principales estructuras son:

- Viaducto sobre el río Pisuerga (1.366 m), en el tramo Nudo Norte de Valladolid – Cabezón de Pisuerga.
- Túnel de Peña Rayada (1.998 m), en el tramo Cabezón de Pisuerga-San Martín de Valvení (Valladolid).
- Triángulo de Venta de Baños, que permitirá todas las circulaciones directas posibles entre Valladolid, Palencia y Burgos.
- Viaducto sobre el río Esla (660 m), en el tramo Palanquinos – Onzonilla (León).
- Viaducto de Torneros (581 m), en el tramo Palanquinos-Onzonilla (León).
- Pérgola sobre las vías de las futuras instalaciones de material motor y remolcado, y la doble vía de la línea actual Palencia-Coruña (606 m) en el tramo Palanquinos-Onzonilla (León).

El tramo Venta de Baños – Burgos, de 91,3 Km conectará con Vitoria a través de Miranda del Ebro, aunque el alcance del presente proyecto llega sólo hasta Burgos. En el nudo de Venta de Baños se ubican dos de los mayores viaductos de la línea, de 1.300 y 1.120 metros de longitud, que salvan el río Pisuerga y otras infraestructuras ya existentes.

La tabla 4 ilustra la distribución de los centros de autotransformación intermedios, y finales y de las subestaciones de tracción dentro de las cuatro áreas del proyecto:

Nº	PK	Margen	Término municipal	Provincia	Tipo
104.2	1+380	Izquierdo	Valladolid	Valladolid	ATI
104.3	0+810	Derecho	Cabezón de Pisuerga	Valladolid	ATI
104.4	5+670	Izquierdo	Valoria la Buena	Valladolid	ATI
104_SE	13+450	Izquierdo	Dueñas	Palencia	SE
104.5	8+890	Derecho	Torquemada	Palencia	ATI
105.1	8+290	Derecho	Herrera de Valdecañas	Palencia	ATF
105.2	8+340	Derecho	Revilla Vallejera	Burgos	ATI
105.3	9+060	Derecho	Celada del Camino	Burgos	ATI
105_SE	8+980	Izquierdo	Buniel	Burgos	SE
111.1	2+650	Derecho	Palencia	Palencia	ATF
111.2	100+330	Izquierdo	Grijota	Palencia	ATI
111.3	110+750	Derecho	Becerril de Campos	Palencia	ATI
111.4	3+650	Izquierdo	Cisneros	Palencia	ATI
111_SE	104+600	Izquierdo	Villaumbrales	Palencia	SE
112.1	5+100	Izquierdo	Grajal de Campos	León	ATF
112.2	9+350	Izquierdo	El Burgo de Ranero	León	ATI
112.3	9+350	Derecho	Onzonilla	León	ATI
112_SE	7+100	Izquierdo	Luengos	León	SE

Tabla 4: Localización de los centros de autotransformación y subestaciones de tracción.

El sistema de electrificación 2x25 kV se caracteriza por la existencia de dos conductores, uno es la catenaria y el otro es el feeder de retorno de 25kV. Este feeder de retorno se denomina normalmente como feeder negativo (Berzosa & Ribero, 2014). Esta configuración genera una mayor tensión y por lo tanto la corriente por la catenaria es menor. Esto permite minimizar las caídas de tensión respondiendo mejor a las exigencias de una línea de alta velocidad. Por otra parte casi toda la corriente retorna al feeder por los que apenas circula corriente por el carril, evitando así las perturbaciones electromagnéticas propias de las configuraciones de 1x25 Kv.

El sistema 2x25 Kv permite además un mayor distanciamiento entre subestaciones (entre 60-70 Km) aunque por otra parte necesite de una red de centros de autotransformación más cercana (10-15 Km) y de un sistema de aparrallaje bifásico más costoso y complejo.

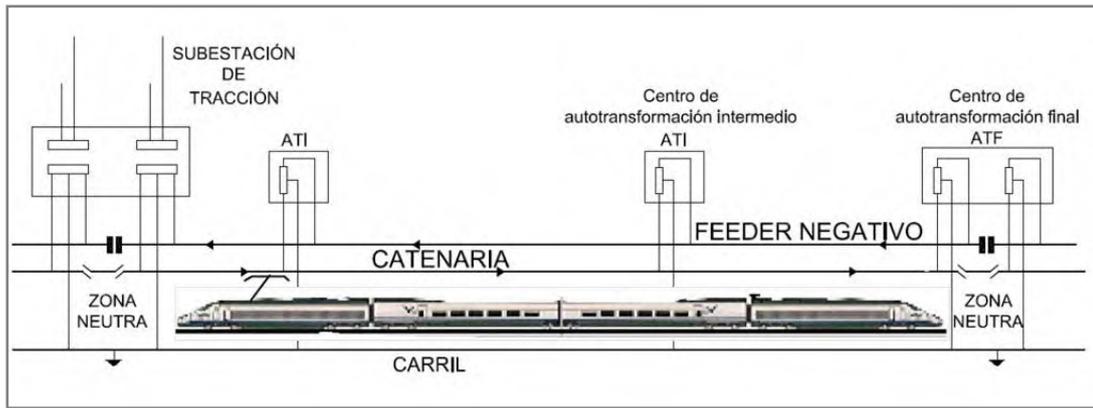


Figura 3: Sistema 2x25 kV. Fuente (Berzosa & Ribero, 2014).

### 3.4.1. Configuración de las subestaciones

A continuación se exponen las características básicas que componen la subestación tipo. Para este proyecto final de grado se van a tener en cuenta sólo las subestaciones del área de Dueñas y de Becerril. La de Luengos la realiza otra empresa externa y la de Buniel sufre un retraso administrativo que hizo que abandonáramos las obras antes de su finalización con vistas a retomarla más adelante.

El parque de alta tensión de las subestaciones de tracción estará conectado a la red de transporte propiedad de Red Eléctrica Española (REE) a través de los pórticos de acometida, ya sea de manera aérea o subterránea.

En cada centro existe una red de tierras enterrada formada por una malla de cable de cobre de 150 mm<sup>2</sup> de sección en exterior y de 95 mm<sup>2</sup> en el interior del edificio de control. Además cada subestación cuenta con dos transformadores de tracción de relación 400/55 kV, el edificio de control, los pórticos de salida de feeders y el armario de barra cero. Además de los sistemas de electrificación podemos encontrar las siguientes instalaciones:

- ✓ Red de drenaje de agua pluvial.
- ✓ Red de recogida de aceite.
- ✓ Red de saneamiento y fosa séptica.
- ✓ Red de canalización de cables.
- ✓ Alumbrado.
- ✓ Control de accesos.
- ✓ Depósito de recogida de aceite.
- ✓ Depósito de agua.
- ✓ Depuradora de agua sanitaria.

Dentro del edificio de control de las subestaciones podemos encontrar los siguientes elementos:

- ✓ Aire acondicionado y ventilación.
- ✓ Detección automática de incendios.
- ✓ Alumbrado normal y de emergencia
- ✓ Medida de calidad de la energía

El parque de 400kV de las subestaciones de Dueñas y Becerril cuenta con los siguientes equipos:

- ✓ Embarrado de cable de aluminio y acero.
- ✓ Seccionadores bipolares giratorios con doble seccionador de puesta a tierra (2).
- ✓ Transformadores de tensión inductivos (4).
- ✓ Transformadores de intensidad (4).
- ✓ Interruptores bipolares automáticos (2).
- ✓ Autoválvulas de protección (4).
- ✓ Transformadores de tracción de potencia 30 MVA (2).

#### **3.4.2. Configuración de los centros de autotransformación finales (ATF)**

Los elementos que encontramos en cada uno de los tres ATFs a ejecutar son:

- ✓ Edificio de control.
- ✓ Dos autotransformadores adosados a ambos lados del edificio de control.
- ✓ Un depósito de recogida de aceite.
- ✓ Dos o cuatro pórticos de salida feeder para centros de vía simple o vía doble, respectivamente.
- ✓ Un armario barra cero
- ✓ Canalizaciones de cables.
- ✓ Red de recogida de pluviales y aceite.

Al igual que en las subestaciones existe una malla de tierras enterrada pero en este caso de 120 mm<sup>2</sup> de sección en el exterior y de 95 mm<sup>2</sup> en el interior del edificio de control.

#### **3.4.3. Configuración de centros de autotransformación intermedios (ATI)**

Los elementos que encontramos en cada uno de los tres ATFs a ejecutar son:

- ✓ Edificio de control.
- ✓ Un autotransformador adosado al edificio de control.
- ✓ Un depósito de recogida de aceite.

- ✓ Uno o dos pórticos de salida feeder para centros de vía simple o vía doble, respectivamente.
- ✓ Un armario barra cero
- ✓ Canalizaciones de cables.
- ✓ Red de recogida de pluviales y aceite.

La red de tierras es exactamente igual a la de los centros de autotransformación final.

## 4. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

### 4.1. Definición en planta

Este proyecto constructivo está enlazado con la red de bases utilizada en la construcción de la plataforma de la línea de alta velocidad. La red de bases inicial, instaurada por una empresa externa, se materializó con la toma de datos mediante un receptor GPS utilizando la red GNSS de Castilla León en coordenadas ETRS89.

Tomando como referencia estas bases se realizan los levantamientos topográficos iniciales que servirán de base para el cálculo del movimiento de tierras y para el encaje planimétrico y altimétrico de los centros a ejecutar. Estos levantamientos y los trabajos posteriores se realizarán con estación total de la marca Leica modelo TCRA 1205+ con precisión angular de 5" y en distancias de  $1 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ ppm}$  con prisma y  $2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$  sin prisma. Se densificará la red de bases inicial mediante la realización de intersecciones inversas. El listado de bases de replanteo puede consultarse en el Anejo 1.

Se definen tres instalaciones tipo, una para las subestaciones, otra para los centros ATI y otra para los centros ATF. En el apartado 9.2 se adjuntan los planos con la definición geométrica en planta de tres tipos de instalaciones del área de Dueñas y Becerril. Aunque existirán pequeñas modificaciones en función de las diferentes ubicaciones del proyecto la definición en planta será prácticamente la misma en el resto de áreas.

Será la posición de los pórticos de acometida o feeders, la que nos sirva de elemento de referencia para el encaje planimétrico ya que éstos tienen que acometer a la catenaria en vía correspondiente. La posición de esta acometida viene dada por unos registros instalados en la plataforma del ferrocarril a tal efecto. En el proyecto constructivo se define la situación aproximada de los centros. Esta posición, junto con los datos del levantamiento inicial, nos dará los elementos de encaje necesarios para definir la ubicación en planta de la instalación.

## 4.2. Definición en alzado

Las instalaciones se ubicarán sobre unas plataformas con unas pendientes mínimas para poder evacuar el agua de los edificios y de los elementos eléctricos. La altura de esta plataforma dependerá de la situación y de su posición relativa con respecto a la de la vía en los diferentes tramos. El encaje altimétrico de la plataforma vendrá condicionado por los elementos para desaguar la misma, existentes en cada ubicación. Además se tienen en cuenta estos condicionantes:

- ✓ La plataforma sobre la que apoyará el edificio de los centros será horizontal y existirá una diferencia de cota con respecto a la subplataforma del vial de 20 cm en los centros de autotransformación intermedios y finales y de 30 cm en las subestaciones.
- ✓ Las aceras tendrán un bombeo hacia el exterior del 2%.
- ✓ Los viales tendrán pendiente longitudinal y transversal para desaguar tanto el edificio como el propio vial hacia los registros de saneamiento más cercanos. Dichas pendientes vendrán fijadas por las cotas del pozo de desagüe general que será diferente en cada instalación por ser diferentes los elementos de acometida en cada una de ellas. En general la pendiente transversal será del 1%, generando un desagüe a cuatro aguas en las diferentes caras del edificio. En los planos de definición geométrica en planta pueden verse los gradientes de pendiente generados.
- ✓ En las subestaciones, la plataforma del parque eléctrico será horizontal transversalmente y tendrá una pendiente longitudinal máxima del 1%.
- ✓ El muro exterior copiará las pendientes de los elementos anexos (viales o plataforma) y tampoco superará el 1% de pendiente longitudinal fijado para el correcto montaje de las vallas de cerramiento. Para ello se calcularán acuerdos verticales en la rasante del cerramiento. Pueden consultarse los perfiles longitudinales del muro de las subestaciones de Becerril y de Dueñas en el apartado 9.5 y en el Anejo 3.
- ✓ El acabado del paquete en tierras serán 10 cm de grava y el paquete de firmes en los viales será de 7 a 10 cm de zahorra y 8 cm de aglomerado.
- ✓ Los apoyos de hormigón de las apartamentas, los bordillos jardineros y las tapas de los registros y de la canaleta eléctrica sobresaldrán 5 cm sobre el acabado de gravas (+15 cm de la cota de referencia en tierras de la plataforma).
- ✓ En el bordillo perimetral de la acera, de mayores dimensiones que el jardinero, dejará visible el plinto (+14 cm desde el acabado del aglomerado).
- ✓ La losa del interior del edificio de control se diseña en un primer momento con un espesor de 13 cm. Bajo demanda de la dirección facultativa se modifica este

parámetro en el transcurso de las obras, pasando a tener un espesor de 18 cm. En tres de los centros se contempla la definición geométrica inicial aunque se realiza una excavación en el interior del edificio de 5 cm para cumplir con el nuevo requerimiento. El resto de centros se diseña con la definición de 18 cm. Estos datos pueden consultarse en el Anejo 2. La sección tipo general puede consultarse en el plano 11.

### **4.3. Cimentaciones**

#### **4.3.1. Aparamentas**

Se proyectan cimentaciones de hormigón armado, dimensionadas en función de las características del terreno, obtenidas de los estudios geotécnicos previos y de la combinación de las acciones más desfavorables que plantea cada conjunto estructural.

Las cimentaciones de los diferentes apoyos para la instalación de las aparamentas serán diferentes para cada subtipo. La definición de las dimensiones en planta y de las excavaciones necesarias en las tres tipologías mencionadas, puede consultarse en los planos de cimentación.

#### **4.3.2. Transformadores**

Se proyecta una losa de hormigón armado para la instalación de los transformadores de tracción. Habrá dos tipologías definidas: una para los transformadores adosados al edificio de control en ATIs y ATFs y otra para los ubicados en el parque exterior de las subestaciones. En ambos casos el acabado final se realizará con un hormigón que contenga un árido más fino y se le dará la pendiente apropiada para evacuar las posibles fugas de aceite del transformador a la red de recogida de aceite diseñada a tal efecto. La definición geométrica de estas losas puede consultarse los planos 15 y 16 del apartado de cimentación.

#### **4.3.3. Edificio**

Para el edificio de control se han previsto zapatas de planta rectangular con entalladura interior para montaje de los pilares prefabricados. Estas zapatas quedan arriostradas por zapatas corridas que a su vez tienen la misión de recoger las cargas del cerramiento de la fachada del edificio, realizado con paneles prefabricados de hormigón.

En el interior del edificio se ejecuta una losa de hormigón armado de 18 cm de grosor (excepto en los centros de Valladolid, Herrera y Dueñas), arquetas interiores y el foso de cables para la instalación de los armarios de medida. Las dimensiones y sección de este foso pueden consultarse en los planos de definición en planta y en el de sección tipo respectivamente. Cabe mencionar que las dimensiones en planta serán diferentes en cada tipología, ATI, ATF y subestación. El alzado del edificio puede consultarse en el plano con las secciones transversales en el apartado 9.3.

#### **4.4. Canalizaciones**

Una de las mayores complejidades técnicas de este proyecto constructivo está, precisamente, en la ejecución de las diferentes canalizaciones existentes teniendo en cuenta la infinidad de cruces que se producen entre las mismas. Existen tres tipos de canalizaciones: cableado eléctrico, saneamiento y red de recogida de aceite. Vamos a detallar a continuación la configuración de cada una de ellas.

##### **4.4.1. Canalizaciones eléctricas**

Los cables para la conexión de los diferentes equipos de medida y los elementos de electrificación se canalizan mediante dos tipos de conducción:

- a) Canaletas prefabricadas de hormigón
- b) Prismas de canalización

Las canaletas prefabricadas de hormigón se utilizarán para encauzar el conjunto de cables que sale del edificio y que conecta con los feeders o pórticos de acometida y con las aparatas del parque exterior de las subestaciones. El resto de cables quedan encerrados por un tubo corrugado de 20 cm de diámetro dispuesto en prismas, con un máximo de tres tubos por nivel, definidos en el plano de canalizaciones del punto 9.6. Se instalarán enterrados en zanjas previamente compactadas sobre una cama de hormigón de limpieza y a diferentes profundidades en función de los cruces con la red de saneamiento, la red de recogida de aceites y otras canalizaciones de cables existentes. La profundidad máxima de excavación de estas zanjas viene limitada por la disposición del cableado de la red de tierras que se encuentra a 1.20 m de profundidad.

##### **4.4.2. Red de saneamiento y aceite**

La recogida de aguas pluviales y sanitarias se realiza mediante dos tipos de conducciones:

- a) Colectores de PVC
- b) Tubos de drenaje

La red de colectores tiene la función de recoger las aguas pluviales canalizadas por la red de drenaje. Las canalizaciones se realizan mediante tubos de PVC de 160 y 200 mm de diámetro que acometen a arquetas de ladrillo y pozos de registro prefabricados de hormigón. La red de drenaje se canaliza mediante corrugado de PVC perforado apoyado sobre una cama de hormigón de limpieza en el fondo de la zanja y recubierto de gravas y una malla de geotextil que harán las veces de filtro para la recogida de aguas pluviales. Estos tubos también se colocan bajo las canaletas eléctricas para evacuarlas.

Las arquetas de ladrillo se realizan in situ y sus dimensiones en planta dependerán de la profundidad de las mismas con el fin de facilitar los futuros trabajos de mantenimiento de las mismas.

Por otra parte, la red de aceite, que tiene como objetivo canalizar las posibles fugas de los transformadores, se recoge mediante tubo de fundición de 125 mm de diámetro, que soporta mejor los líquidos a altas temperaturas.

Todos los detalles de la definición geométrica de la red de saneamiento y drenaje pueden consultarse en los planos del apartado 9.7.

#### 4.5. Edificaciones

La losa del edificio quedará a una distancia mínima en alzado de 40 cm respecto a las ventanas de los paneles prefabricados para poder alojar el suelo técnico y que éste quede enrasado a la cota de dichos accesos.

Existen dos tipos de accesos al edificio, uno enrasado a la cota de la losa en aquellas dependencias que no constan de suelo técnico y el resto sobreelevado sobre la losa los 40 cm del suelo técnico. El acabado de la acera se define a partir de los accesos al nivel de la losa y estará 10 cm por debajo de ésta para evitar posibles entradas de agua en las instalaciones del edificio. En los accesos elevados se ejecutarán escaleras simples y dobles de dos peldaños de 20 cm cada uno siguiendo su acabado en alzado el criterio de los 10 cm por debajo del acceso como en el caso anterior.

El edificio de control en las subestaciones constará de los siguientes elementos:

- ✓ Oficina telecomunicaciones:

- Armario del puesto de operación local (POL)
  - Armarios de control (UCS.)
  - Armario de comunicaciones PDH – DB9.
  - Repartidor de F.O.
  - Repartidor de red comunicaciones ADIF.
  - Equipos de medida de calidad de la energía.
  - Equipos de seguridad y salud.
  - Otros equipos que no forman parte de este proyecto.
- ✓ Sala de media-baja tensión.
    - Celdas blindadas de 55 kV de SF6 de protección de transformador y salida de feeder.
    - Celdas blindadas de 36 kV de SF6 de servicios auxiliares.
    - Cuadros de 220 V c.a. de servicios auxiliares.
    - Cuadros de 125 V c.c. de servicios auxiliares
    - Equipos rectificadores y baterías.
    - Armarios de control y protección
  - ✓ Sala de transformadores auxiliares.
    - Transformadores monofásicos de potencia nominal 250 kVA y relación de transformación 27,5 kV/220 V de servicios auxiliares.
  - ✓ Almacén.
  - ✓ Aseos.
    - Depósito 50 l de agua sanitaria.
    - Calentador.

Los edificios de control de los centros de autotransformación finales son de planta rectangular con dimensiones 14,52 m x 8,02 m y constan de las siguientes salas técnicas:

- ✓ Sala de media - baja tensión. En esta sala se instalan los siguientes equipos:
  - Celdas de SF6 de 55 kV
  - Rectificadores, baterías y cuadros de SS.AA. de 230 V c.a. y 125 V c.c.
  - Celdas de 36 kV de SF6, para la alimentación de los transformadores de servicios auxiliares.

- ✓ Sala para la ubicación del transformador de SSAA, en la cual se instalarán transformador de 27,5 kV / 230 V – 100 kVA para la alimentación de los servicios auxiliares del centro.
- ✓ 1 sala para Oficina y Telecomunicaciones, que contiene los armarios de control.

En el exterior del edificio y cerrados por una valla metálica están situados los dos autotransformadores de 10 MVA.

El Edificio de control de los centros de autotransformación intermedios es también de planta rectangular y de dimensiones aproximadas 14,52 m x 8,02 m y consta de las mismas salas técnicas que los centros de autotransformación finales. A diferencia de éstos en los ATIs sólo se instalará un autotransformador de 10 MVA por lo que las dimensiones globales del edificio serán menores.

#### 4.6. Cerramientos

Existen dos tipos de cerramientos en las instalaciones:

- a) Cerramiento para el vallado perimetral.
- b) Cerramiento para el vallado de los autotransformadores en ATIs y ATFs.

El vallado perimetral del edificio constituye el límite de la instalación y está formado por un muro de hormigón armado 30 cm de alzado, sobre el que se monta una valla metálica de 2.70 m de altura. La cimentación del muro se realiza con una zapata de hormigón armado de 30 cm de profundidad y 60 cm de anchura. Los remates de las aristas vistas del muro se realizarán mediante la colocación de berenjenos de 2 cm.

El vallado de los autotransformadores tendrá el objetivo de restringir el paso al vaso que aloja la maquinaria en ATIs y ATFs por medio de una puerta peatonal. Dicho vallado se instala sobre el murete de 15 cm de espesor que rodea el vaso del autotransformador. Al estar éste elevado respecto a la acera que da acceso al edificio de control, se proyecta una escalera de tres tramos para acceder al recinto del autotransformador.

Los detalles de la definición geométrica de ambos cerramientos pueden consultarse en el plano nº 11 y en el nº 15, respectivamente.

#### **4.7. Red de bases y encaje**

Este proyecto está enlazado con la red de bases utilizada en la construcción de la plataforma de la línea de alta velocidad. Los trabajos topográficos previos en cuanto a la instauración de la red de bases inicial fueron encargados a una empresa local previamente al desplazamiento del equipo a la zona ya que desde la oficina técnica necesitábamos tener esta red de bases instaurada para poder hacer los levantamientos topográficos iniciales de la futura ubicación de las instalaciones y llevar así a cabo el encaje planimétrico y altimétrico de los centros.

Esta red de bases inicial fue tomada con un receptor GPS utilizando la red GNSS de Castilla León en el sistema de coordenadas ETRS89. Una vez instaurada la red se procede al levantamiento topográfico de aquellas instalaciones que por orden de prioridad deben entregarse en primer lugar.

### **5. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS**

Este Proyecto Final de Grado se centra en las labores que un ingeniero en Topografía realiza en la ejecución de la obra civil descrita en el apartado anterior.

Estos trabajos topográficos contemplarán toda la labor que desempeña un Ingeniero Técnico Topógrafo durante las distintas fases de la ejecución de una obra civil de esta envergadura, desde los trabajos iniciales de marcaje y levantamientos taquimétricos, hasta la obtención de mediciones, pasando por el encaje de la obra en oficina técnica durante el transcurso de la ejecución.

Enumeraremos por tanto, en este apartado, las distintas fases de la ejecución, coincidiendo con el avance cronológico de los trabajos topográficos. Todas las mediciones se realizarán con estación total, tomando como sistema de referencia inicial el proporcionado por las bases del proyecto y trabajando en coordenadas UTM en el huso 30.

## 5.1. Trabajos topográficos iniciales

### 5.1.1. Red de bases

Como requisito previo al inicio de las obras el Ingeniero en Topografía es el responsable de la toma de datos para la realización de un plano taquimétrico inicial sobre el que servirá de base para el encaje de los diferentes centros y la definición geométrica de los mismos. Dadas las características de éste se contempló la posibilidad de trabajar en sistemas de referencia locales para cada una de las diferentes ubicaciones pero desde la oficina técnica se consideró más adecuada la instauración de una red de bases global en un sistema de referencia oficial (ETRS89) que abarcara la totalidad del proyecto y que además sirviera para enlazar dicho sistema con el utilizado en la ejecución de la plataforma de la línea de alta velocidad.

De esta manera se encargó la instauración de la red de bases a la empresa de Topografía encargada de ejecutar las obras de catenaria de los tramos en los que se desarrolla este proyecto. Los trabajos se realizaron con instrumental GPS y se materializaron un mínimo de tres bases en cada una de las localizaciones. De esta manera nuestros trabajos topográficos se realizarían con una estación total densificando la red de bases en cada uno de los centros mediante triangulaciones inversas y ajustando aquellos puntos con un error superior a 1 cm respecto a las coordenadas UTM de las bases iniciales. Las lecturas a las bases se realizarán, siempre que sea posible con un miniprisma a una altura de 10 cm para minimizar errores por verticalidad y empleando visuales en círculo directo e inverso.



*Imagen 1: bases de proyecto materializadas con clavos de acero sobre canaleta eléctrica y bajante.*

Para garantizar la durabilidad de las mismas se han escogido ubicaciones preferiblemente de acabados en hormigón, utilizando clavos tipo spit para materializarlas. En aquellos casos en los que o bien no ha sido posible ubicarlas sobre

estructuras más sólidas o bien por las necesidades de ubicación para garantizar las visuales se han materializado con estacas y clavo. En estos casos se balizan las bases para garantizar su visibilidad.



Imagen 2: base densificada y balizada.

El listado con las bases de proyecto y las densificadas durante la ejecución de las obras puede consultarse en el Anejo 1 de este documento.

### **5.1.2. Levantamientos topográficos iniciales**

Por orden de prioridad en la entrega de las instalaciones se van realizando los levantamientos topográficos iniciales de las plataformas donde irán ubicados los centros. El relleno de estas plataformas ha sido ejecutado por las empresas encargadas de la ejecución de la plataforma para el tren de alta velocidad de los diferentes tramos. Nos encontramos con rellenos de material seleccionado con un acabado en zahorra artificial. En la mayoría de los casos los caminos de acceso a las plataformas, si es que se encuentran ejecutados, habrán de modificarse de acuerdo a los requisitos del proyecto actual.

En los levantamientos iniciales se tomarán todos aquellos elementos que nos sirvan para realizar tanto el encaje en planta como el cálculo en alzado de los diferentes elementos a ejecutar. Por este motivo es importante contemplar además de la propia geometría, aquellos elementos que sirvan para la evacuación de la red de saneamiento de los centros, la propia plataforma de la línea de alta velocidad y los elementos significativos existentes en el momento de la toma de datos (postes de catenaria, canaleta eléctrica, arquetas de conexión, bajantes, cunetas, etc.). Estos levantamientos serán también la base para el cálculo del movimiento de tierras posterior.

Los trabajos se realizan con estación total, tomando como sistema de referencia inicial el proporcionado por las bases del proyecto y trabajando en coordenadas UTM huso 30. La

nube de puntos codificada se exporta a un fichero de texto que será cargado en AutoCAD a través de un programa específico. Con la ayuda de croquis y fotografías del terreno iremos definiendo las líneas de rotura y otros elementos existentes siempre trabajando con polilíneas en tres dimensiones. Cuando los dibujos estén terminados se abrirán con el programa de cálculo (In-rail) para obtener el modelo digital del terreno inicial de la plataforma.



*Imagen 3: plataforma para la futura ubicación del ATI 105.3 en Celada del Camino (Burgos).*

### **5.1.3. Encaje planimétrico y definición geométrica**

Con los levantamientos iniciales procesados se realiza un modelo digital del terreno y se procede al encaje de los diferentes centros. Dado que el grado en el avance en las obras de construcción de la plataforma ferroviaria no era el mismo en cada uno de los tramos, los elementos representativos a levantar para el posterior encaje del proyecto no fueron siempre los mismos. En aquellos casos en que el progreso de las obras nos lo permitían se tomaron los postes de catenaria, la plataforma, canaleta eléctrica, sub-balasto, pasos superiores, y todos aquellos elementos susceptibles de ser identificados en la cartografía inicial del proyecto para facilitar su encaje con las plantas tipo de cada instalación.

En cuanto a la definición de la altura de la plataforma final uno de los elementos clave fue la determinación de la cota de evacuación de los diferentes centros. En función de los elementos existentes (cunetas de hormigón, canalizaciones, taludes naturales...) se conservó o se ajustó la cota de las plataformas actuales, permitiendo tener unas

pendientes mínimas del 1 al 1.5% en la evacuación de las aguas pluviales desde el pozo de recogida.

Con estos condicionantes se encajan tanto en planta como en alzado los planos de las instalaciones a ejecutar con su información la información planimétrica básica. A partir de las características altimétricas de cada ubicación se define la red de recogida de aguas pluviales mediante tubo dren y la red de recogida de aceite desde los vasos de los transformadores hasta el depósito de aceite. Ambas redes confluyen para ser evacuadas hacia los elementos existentes mediante la red de saneamiento general.



*Imagen 4: elementos existentes para la evacuación de la red de saneamiento.*

Con los centros encajados tanto en planta como en alzado se procede a la definición de los mismos desde el punto de vista de los cálculos topográficos y replanteos posteriores a realizar. Se ha trabajado con un tipo de archivo que nos permite definir el modelo digital de la plataforma en tierras acabada. Éste será nuestra capa de referencia y sobre ella definiremos los diferentes acabados a ejecutar:

- ✓ Relleno con gravas: + 10 cm
- ✓ Acabado de peanas de las aparatas eléctricas: +15 cm
- ✓ Acabado aglomerado viales: +15 cm
- ✓ Acabado bordillo jardinero: +15 cm
- ✓ Losa edificio: +18 cm

Estos archivos de superficie pueden ser cargados en la estación total con la que trabajaremos a través de la aplicación AVANCE de Leica. En ella definimos un fichero que contendrá la geometría de la obra y que estará formado por este fichero de superficie y los ejes en planta y alzado de los elementos lineales de la obra: muro perimetral, canaleta eléctrica y paneles del edificio.

Todos los cálculos en oficina técnica se realizaron con el programa IN-RAIL de Bentley. Para la visualización y el tratamiento de datos de los planos se utiliza el programa de diseño AutoCAD v.2010.

## 5.2. Movimiento de tierras

### 5.2.1. Excavación red de tierras

Como se indicó en la sección de definición geométrica la naturaleza de las instalaciones hace necesaria una red de cableado para la toma a tierra de las mismas. Esta red en forma de malla se entierra a una profundidad tal que permita la ejecución de las canalizaciones subterráneas sin interferir con ellas. En los ATIs y ATF los elementos a mayor profundidad están ubicados en el lado de la vía, donde el depósito de aceite y los diferentes cruces con las canalizaciones de cables que salen del foso hacen que la red de saneamiento y recogida de aceite vaya a mayor profundidad que en el lado opuesto. De esta manera se establece que la excavación para la red de tierras debe ejecutarse a una profundidad mínima de 1,20 m en el lado adyacente a la vía y a 0.90 m en el lado opuesto. En aquellos casos en que el material a estas profundidades mínimas no garantice la estabilidad necesaria se excavará hasta extraer la tierra vegetal por completo.

En las subestaciones se excavará el perímetro completo a una profundidad mínima de 1.40 m siempre teniendo en cuenta que la composición del terreno a esta profundidad sea la adecuada. En la subestación de Dueñas, por ejemplo el terreno existente nos obligó a realizar un cajeadado que en algunas zonas llegó a los 3 metros de profundidad.

Las tareas de topografía en esta fase comienzan con el cálculo de las coordenadas de los puntos a marcar para realizar el cajeo. Para ello se consideran las líneas perimétricas de la red de tierras de proyecto tal y como se indica en la Figura 4.

De esta manera el límite de excavación exterior será el cable de tierra que va por el exterior del muro perimetral. El límite interior lo constituye la línea que conecta con el interior del edificio. Ambas líneas se marcarán retranqueadas un metro de su posición inicial para evitar que las estacas con las referencias de cota se vean afectadas por las tareas de excavación. La línea exterior se retranqueará hacia afuera y la línea interior hacia adentro, de manera que el perímetro exterior será un metro más grande por cada lado y el interior más pequeño. Una vez marcada la posición en planta de las estacas con el programa Avance y el fichero de superficies correspondiente calcularemos la cota de

excavación por diferencia de la cota en la cabeza de la estaca con la cota de la plataforma teórica menos 1.20 m o 0.90 según el caso. El marcaje terminará con la materialización de la línea de excavación con espray con la ayuda de cuerdas.

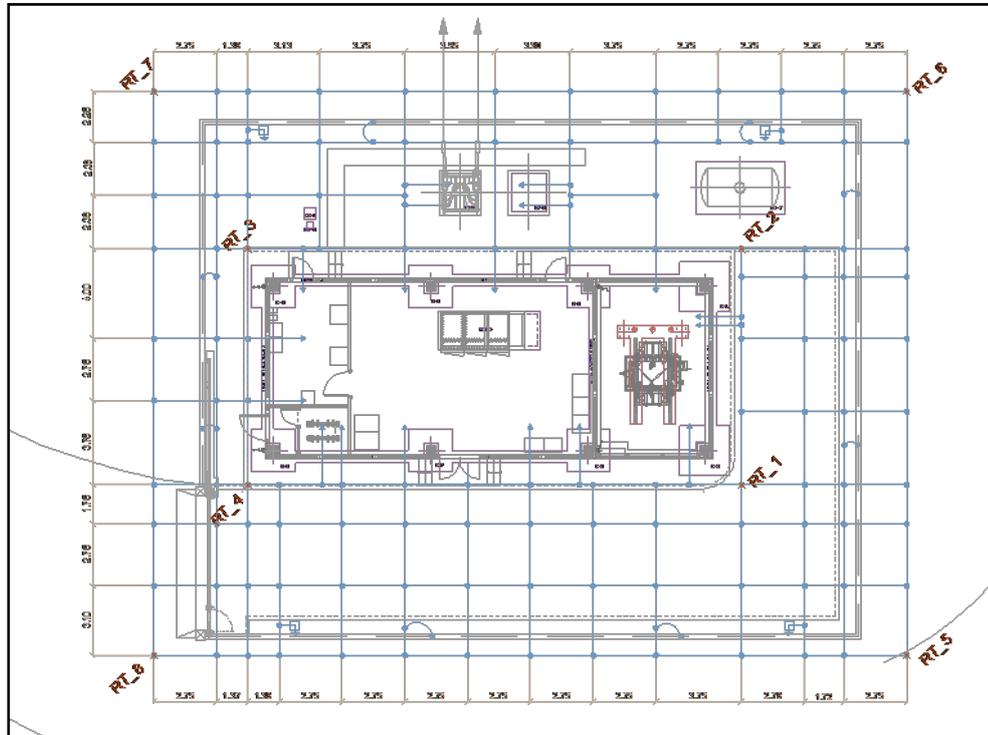


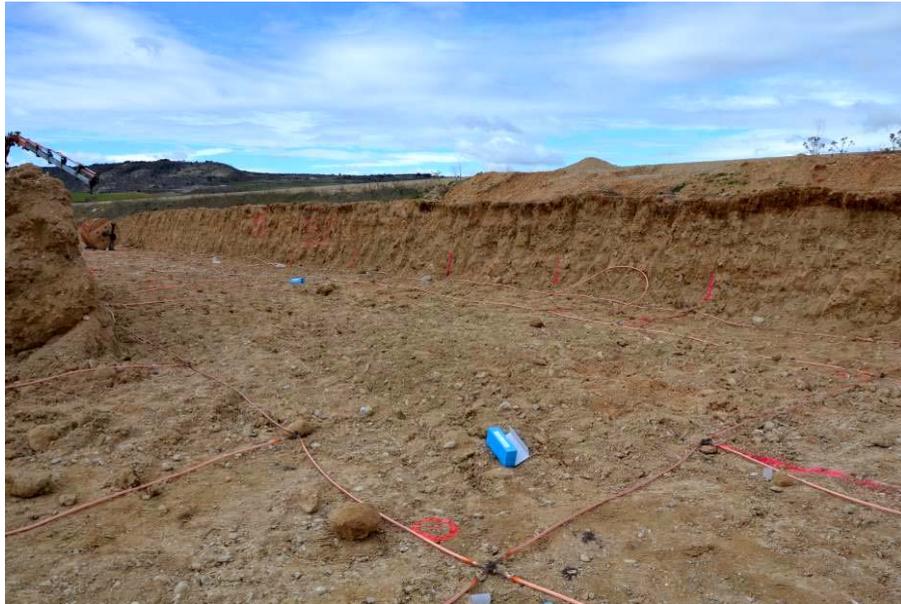
Figura 4: Puntos para el marcaje de la excavación para la red de tierras para el ATI 104.4.



Imagen 5: marcaje del cajado para la ejecución de la red de tierras.

Una vez realizado el cajado se tomará el fondo de excavación y las cabezas de talud para realizar el cálculo del movimiento de tierras realizado para la certificación mensual de la obra. Además materializaremos sobre el fondo de excavación de los límites de la red de

tierras para verificar que el cajado tiene las dimensiones adecuadas y los parámetros básicos de aquellos elementos que requerirán la ejecución de excavaciones significativas como son las cimentaciones de los pórticos de acometida y el depósito de aceite. Esto evitará dañar los cables de tierra a la hora de ejecutar dichos elementos. Se marcarán por tanto los centros de las cimentaciones de los pórticos y la línea que rodea el depósito de aceite:



*Imagen 6: marcaje de pórticos y línea del depósito de aceite.*

### **5.2.2. Terraplenado de la excavación**

Tras la instalación del cableado se procede al terraplenado de la excavación por tongadas de 40 cm que se compactarán con la maquinaria adecuada. La última capa se rellenará con zahorra natural. Las cotas de acabado serán las de la superficie teórica, definida por las cotas del terraplén bajo los acabados en el perímetro exterior al edificio. En el propio edificio el acabado será la cota de coronación de la cimentación. Para evitar encofrados en la ejecución de estas cimentaciones se recrecerá la plataforma del edificio un metro por cada lado.

De esta manera existe una diferencia de cotas entre el edificio y la plataforma exterior que será de 20 cm en los ATIs y ATFs y de 30 cm en las subestaciones. Las tareas de topografía en esta fase concluirán con la toma de datos de la plataforma acabada para el cálculo del volumen de terraplén definitivo.



Imagen 7: acabado de la plataforma en el ATI 105.2.

### 5.3. Edificio de control

#### 5.3.1. Cimentación

La cimentación del edificio está formada por zapatas arriostradas de 80 cm de profundidad. Las dimensiones de la riostra serán 50 cm de ancho por 50 cm de profundidad por lo que se generará un escalón de 30 cm en el fondo de excavación respecto a las zapatas.

Los datos de replanteo lo constituyen los ejes de los pilares. Las tareas de marcaje comenzarán con el replanteo de las alineaciones de los ejes de los pilares por medio de estacas retranqueadas 1.5 m hacia el exterior. Sobre las estacas replantearemos el eje de los pilares con un clavo de acero que nos permitirá obtener precisiones de 1 a 2 mm. Además estos clavos servirán para disponer las cuerdas que nos permitan el marcado de los ejes con espray y la posterior ejecución de las zapatas. Habrá que tener en cuenta que la dimensión de las zapatas a ejecutar que no será la misma para ATIs, ATFs y subestaciones ya que el edificio de control tienen unas dimensiones diferentes en cada caso. Además dentro de una misma tipología existen un par de zapatas, en los extremos del vaso de aceite, que tienen unas dimensiones mayores al resto. Se pueden consultar los planos de cimentación de los centros en el punto 9.4. Otro aspecto a tener en cuenta será el desfase existente entre el eje de los pilares y el de la viga de atado, desplazado 28 cm hacia el exterior en la riostra perimetral y hacia el interior de los vasos de aceite en ATIs y ATFs.



Imagen 8: detalle del replanteo de las alineaciones de los ejes de los pilares y de la riostra.

En las estacas marcaremos la cota del hormigón de limpieza de las zapatas calculada como la cota de la superficie en el interior del edificio menos 80 cm. La excavación se incrementará en 10 cm más para poder ejecutar la capa de hormigón de limpieza a la cota adecuada, tanto en las zapatas como en la riostra. Tendremos que replantear también la posición de los pasamuros que hay que realizar en las riostras para los tubos de cables que salen del edificio y del vaso de aceite. Para este último marcaremos la cota de la lámina de aceite y se colocará un tubo de PVC corrugado que posteriormente alojará el tubo de fundición de  $\varnothing 125$  mm fijado en proyecto.

Una vez comience la excavación de la cimentación vigiaremos su ejecución y repondremos aquellas marcas y estacas que puedan haberse visto afectadas por las tareas de apertura. Cuando la excavación esté terminada comprobaremos las cotas del fondo y las dimensiones de la excavación y trasladaremos las posibles incidencias al personal de la obra para que sean subsanadas. Cuando el hormigón de limpieza esté listo marcaremos sobre él la posición de los ejes de los pilares y el eje de la riostra además de los incrementos de cota necesarios para llegar a la cota de acabado.



Imagen 9: marcaje del pasamuros para evacuar el vaso de aceite en un ATI.



Imagen 10: pasamuros para cables de la red de tierras a través de la armadura.

Seguidamente se procede a la colocación de la armadura de hierro. Para su alineación el personal de obra se servirá de los ejes marcados tanto en la parte inferior como en la parte superior por medio de las estacas y clavos, haciéndose valer de cuerdas. Se colocarán unos cajones de aglomerado recubiertos de poliestireno expandido, que servirán de encofrado para ejecutar los cálices de los pilares prefabricados. Estos huecos definirán unos cubos de dimensiones 60x60x60 cm. Al ser las dimensiones de los pilares de 40x40 cm, el cáliz se rellenará posteriormente con un mortero adecuado para estabilizar los pilares. Siempre que las necesidades de la obra nos lo permitan comprobaremos la cota de los cálices durante la fase de hormigonado ya que estos cajones tenderán a elevarse en este proceso, pudiendo modificar la cota final de acabado.



Imagen 11: marcaje sobre HL y alineado de armadura y cálices de los pilares.



Imagen 12: marcaje sobre HL y alineado de armadura y cálices de los pilares.

### 5.3.2. Foso de cables

El cálculo del replanteo del foso de cables se realiza mediante los puntos que definen su perímetro interior, extraídos del plano en planta de las diferentes instalaciones. Estos puntos, en un fichero de texto, se importan en la estación para su marcaje posterior.

Las tareas de replanteo para su ejecución comienzan una vez finalizado el terraplén y compactado de la plataforma en tierras. Dada la profundidad de la excavación a realizar (1.60 m + HL) y teniendo en cuenta el plan de seguridad, se realizará una berma en el talud a un metro de altura desde la plataforma. Además se abrirá un sobrecancho de un

mínimo de medio metro por cada lado para facilitar las labores de encofrado del muro posteriores.

Marcaremos la geometría del foso, retranqueando las estacas hacia el exterior 1.5 m para permitir la apertura sobredimensionada y la berma a un metro de profundidad en el talud. Como cota de referencia y siempre atendiendo a la unificación de criterios, se marca el nivel de acabado del hormigón de limpieza. Sobre éste se marcarán los límites interiores y/o exteriores del muro del foso de 15 cm de grosor y el alzado del mismo. Se decide ejecutar este alzado hasta el nivel inferior de la losa y no hasta la parte superior para facilitar los trabajos de ejecución de la misma y a la vez, mejorar estéticamente el resultado evitando los posibles escalones, que aunque del orden inferior al centímetro afectarían a la uniformidad del acabado final de la losa.



*Imagen 13: replanteo de la excavación del foso de cables en la subestación de Dueñas.*



*Imagen 14: excavación para el foso de cables con berma en talud. ATI 104.2\_Valladolid.*



Imagen 15: replanteo de los límites del foso de cables sobre hormigón de limpieza.

Sobre el marcaje realizado en el hormigón de limpieza se ejecuta la losa del fondo del foso del mismo grosor que los muros (15 cm). Sobre ella se vuelven a marcar las alineaciones y las cotas de acabado para el montaje de las chapas de encofrado para el hormigonado final del muro. Antes del hormigonado y si las necesidades de la obra lo permiten comprobaremos las alineaciones de las chapas y marcaremos sobre las mismas la cota de la parte inferior de la losa que es donde enrasará esta fase de hormigonado.



Imagen 16: losa y tareas de atado de la armadura del foso de cables en la subestación de Dueñas.

Deberán intercalarse en las chapas de encofrado unos cajones de madera realizados a medida que alojarán los prismas de cables que salen del foso.



*Imagen 17: cajones para la salida de cables del foso de la subestación de Dueñas.*



*Imagen 18: detalles del montaje de las chapas de encofrado en la subestación de Dueñas.*



*Imagen 19: acabado final del foso de cables con las salidas para las canalizaciones eléctricas.*

### **5.3.3. Arquetas interiores**

Las arquetas del interior del edificio se ejecutarán antes de la instalación de los paneles de cerramiento ya que de otra manera se imposibilitaría el acceso de la maquinaria al recinto interior del edificio.

Aunque en proyecto estas arquetas aparecen ajustadas a las paredes del edificio, se modifican por petición de la asistencia técnica de manera que se respete una distancia mínima de 20 cm entre el hueco libre de la arqueta y la pared o panel con el que limite para garantizar la correcta instalación de los apoyos de las apartamentas que se instalarán posteriormente sobre las mismas.

Se calculan las coordenadas en planta de los centros de los ejes de las arquetas contemplando los 20 cm de separación desde las paredes adyacentes y se exportan a un fichero de texto que cargaremos en la estación.

El marcaje de estos ejes responde a la necesidad de garantizar la correcta escuadra de los acabados. Se marcarán sobre las estacas las cotas del fondo de las arquetas según el plano de canalizaciones. Estas cotas están calculadas de manera que los cables salgan por debajo de las vigas de atado ya ejecutadas. En aquellos casos en que la profundidad de la arqueta sea menor se habrá ejecutado previamente un pasamuros tal y como se apuntó en el apartado de cimentación.



Imagen 20: detalle de las arquetas interiores en el ATTI 104.2.

### 5.3.4. Cimentación autotransformador

En la definición geométrica de la cimentación del transformador tendremos en cuenta los ejes de los elementos necesarios para su ejecución. Estos ejes quedan definidos por los puntos en planta que se muestran en la figura 5.

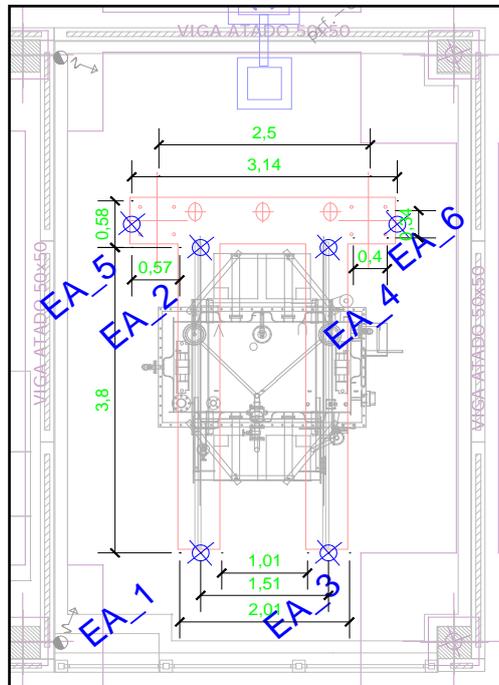


Figura 5: ejes de replanteo del vaso de aceite en ATIs y ATFs.

### Primera fase de hormigonado (+30 cm)

El vaso de aceite va adosado al edificio en los ATIs y ATFs. Por el mismo motivo que en la ejecución de las arquetas interiores se realiza el primer nivel de hormigonado de los vasos con anterioridad a la instalación de los paneles de cerramiento del edificio.

En primer lugar se iguala la superficie con una capa de hormigón de limpieza de 5 a 10 cm de espesor. Sobre ella se replantean las alineaciones principales para el montaje del hierro de los apoyos del autotransformador.

Una vez montada y calzada la armadura principal se vuelven a marcar sobre el hierro los mismos ejes con el fin de alinear los pernos de las vigas posteriores del apoyo y las chapas que servirán de anclaje para los raíles donde irá montado el transformador. Se utilizará cinta aislante para señalar la posición de estos ejes y también para marcar la altura de acabado del primer hormigonado (+30 cm desde la cota de acabado de la cimentación).



*Imagen 21: armadura del vaso de aceite en los autotransformadores de ATIs y ATFs.*

### Segunda fase de hormigonado (+35 cm)

Tal y como muestra la figura 6 la segunda fase de hormigonado de la cimentación para el apoyo del autotransformador en ATIs y ATFs, tendrá un espesor de 35 cm y estará formada por las vigas de apoyo donde irán instalados los raíles y el murete perimetral que encierra el vaso.

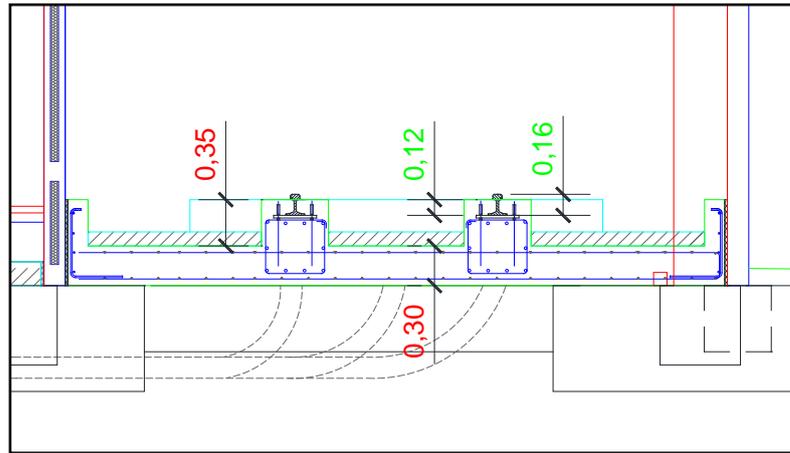


Figura 6: sección transversal de la cimentación para el apoyo del autotransformador.

Los trabajos de topografía en esta fase consistirán en el marcaje sobre el hormigón de la primera fase de los puntos que definen el perímetro de las vigas así como el incremento de cota necesario en cada punto para su ejecución al nivel fijado en proyecto.

Es en esta fase donde alinearemos las placas de acero donde apoyarán los raíles y que quedarán embebidas junto con parte de ellos en este segundo hormigonado. El raíl sobresaldrá unos 4 cm del hormigón y estará soldado a la placa que, a su vez, se apoyará en unos pernos de hierro. Las placas por lo tanto deben estar perfectamente niveladas y alineadas ya que la distancia entre las caras activas de ambos raíles condiciona en gran medida la correcta instalación del transformador. Esta distancia será de 1.44 m en los autotransformadores y las dejaremos ajustadas a esta medida  $\pm 1$  mm.



Imagen 22: detalle del replanteo de las vigas de apoyo del transformador.



Imagen 23: detalle del marcaje de los ejes de los raíles sobre las placas de apoyo



Imagen 24: detalle de la señalización de los ejes del vaso del autotransformador.



Imagen 25: vista frontal del vaso del autotransformador.

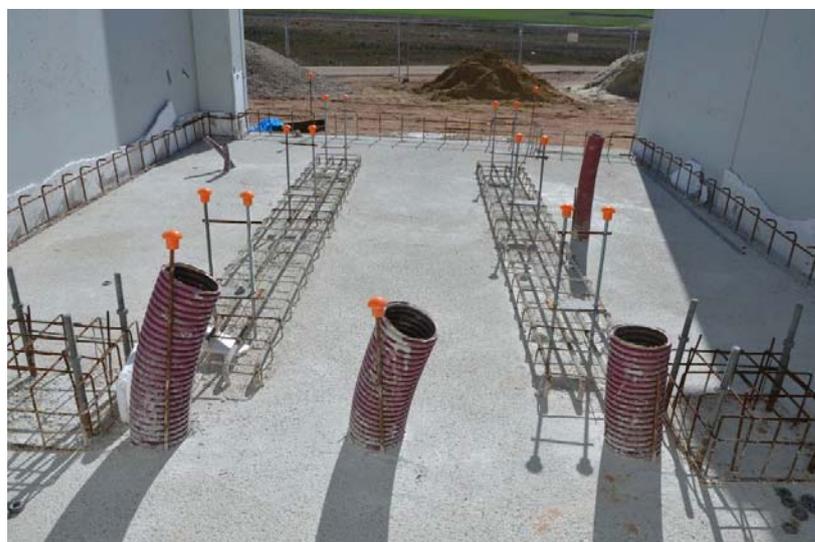


Imagen 26: vista posterior del vaso para el autotransformador.



Imagen 27: encofrado de las vigas de apoyo del autotransformador.



Imagen 28: vista posterior del vaso para el autotransformador tras el 2º hormigonado.

### Capa de pendientes

La cimentación descrita tiene una doble función: servir de apoyo al autotransformador y hacer de vaso de recogida de las posibles fugas de aceite que pueda generar esta maquinaria eléctrica. Para esta última función se ejecuta una última capa de hormigonado con un árido más fino al que se le darán las pendientes necesarias para evacuar el aceite hacia la arqueta situada en la parte posterior del vaso (Imagen 29) y recogerlo en el depósito a través de la red de canalizaciones proyectada.

Par marcar las pendientes trabajaremos en coordenadas relativas ya que el acabado final en cota puede diferir ligeramente en cada centro y, al ser las pendientes muy pequeñas, trabajar en coordenadas absolutas podría conllevar problemas de contra pendiente. Para empezar mediremos las cuatro esquinas de la arqueta acabada y determinaremos el punto más alto. Esta será nuestra cota cero de referencia sobre las que calcularemos, por medio de las pendientes fijadas en proyecto, las cotas en los puntos singulares del vaso (esquinas de los muros, vigas de apoyo y vigas de los raíles). Mediremos sobre estas estructuras y calcularemos la diferencia de cota con la referencia teórica calculada y marcaremos dichos incrementos desde el punto medido con la estación con ayuda de un nivel de mano.



Imagen 29: arqueta para el vertido de aceite de los autotransformadores.



Imagen 30: detalle del marcaje de cotas para la capa de pendientes.



Imagen 31: detalles del marcaje de cotas para la capa de pendientes.

### Relleno con grava

Cuando la capa de pendientes está acabada se rellena el vaso de aceite con gravas de tamaño medio que hacen la función de filtro en la canalización del agua pluvial además de capa aislante.



Imagen 32: detalle del acabado final de los vasos de los autotransformadores

#### **5.3.5. Paneles cerramiento**

Con posterioridad al hormigonado y desmoldado de los cajones de la cimentación del edificio se procederá al marcaje de los límites del cerramiento con paneles prefabricados. Marcaremos las esquinas de este perímetro por medio de clavos de acero sobre el hormigón de la cimentación y comprobaremos las cotas en relación con los acabados teóricos para cada centro, anotando los incrementos en cota necesarios para llegar al mismo. Teniendo en cuenta estas cotas y las del fondo de los cálices el equipo de montaje de los pilares suplementará el nivel de acabado de los paneles mediante calzas, teniendo en cuenta que, como mínimo, los pilares deben quedar embebidos dentro de los cálices 60 cm.



Imagen 33: línea de cerramiento y cotas relativas a la losa.

La losa del interior del edificio, de 18 cm de grosor, se ejecutará una vez estén montados los paneles de cerramiento. Las tareas de topografía se centrarán en el marcaje de la cota de coronación sobre los paneles prefabricados y sobre los tableros de encofrado de las arquetas interiores. Se trabajará también en coordenadas relativas por dos motivos:

- ✓ La dificultad para realizar visuales a las bases de replanteo situadas en el exterior desde un punto de estación en el interior del edificio.
- ✓ Asegurar que se cumple el condicionante de que exista una distancia mínima en cota de 42 cm entre la coronación de la losa y las entradas elevadas del edificio con el fin de poder alojar el suelo técnico y que éste quede siempre por debajo de estas entradas al menos 1 ó 2 cm.

Para realizar este replanteo se tomarán desde la estación las cotas de las diferentes entradas elevadas del edificio y se tomará como cota de referencia la más desfavorable, es decir, la más baja. Restando 42 cm a esta altura obtendremos la cota de coronación de la losa en cada uno de los centros. Este nivel lo materializaremos sobre las tablas de encofrado de las arquetas interiores con marcadores permanentes y sobre los paneles marcaremos este nivel + 1 m para poder comprobar con posterioridad al hormigonado las cotas de coronación y tener una referencia que no se pierda tras los trabajos realizados.



Imagen 34: marcaje de la cota de la losa +1 m en los paneles prefabricados.



Imagen 35: estado previo al hormigonado de la losa interior del edificio.



Imagen 36: pulido de la superficie de la losa para el acabado final.

#### 5.4. Cimentaciones exteriores

Para el replanteo de las cimentaciones exteriores se calculan en gabinete los centros de cada una de ellas. Estos centros definen unos ejes longitudinales y transversales que serán los que marcaremos en campo. Las estacas estarán retranqueadas 2 m respecto a estos centros. De esta manera facilitaremos las labores de excavación y su perdurabilidad tras estos trabajos ya que la mayor de las zapatas tendrá una dimensión de 1.30 m (0.65 m desde el eje), exceptuando los pórticos de entrada de las subestaciones de mayores dimensiones.

##### 5.4.1. Pórticos de acometida

El replanteo de los ejes de los pórticos de acometida, presentes en todos los centros, se realiza mediante estacas en las que se marcarán tanto las cotas de excavación (-2.65 m de la explanada) como la cota de acabado de la peana (+15 cm de la explanada). A la hora

de ejecutar la excavación no se tendrá en cuenta la sobreexcavación de 10 cm para el hormigón de limpieza ya que en estas cimentaciones no es necesario.

Para calcular la cota de la peana y, por tanto, la cota de excavación en los feeders, se mide con la estación el centro de cada cimentación dentro del programa avance. Al seleccionar la superficie teórica del centro podemos observar tras esta medición los incrementos de cota existentes entre la explanada teórica y la ejecutada en dichos puntos.

El hormigonado se realiza en dos fases, la primera llega hasta la cota de la explanada y la segunda será para ejecutar la peana que quedará vista por encima de ésta 15 cm y por encima de la capa de gravas 5 cm. Estas cimentaciones están provistas de unos pernos roscados sobre los que se instalará la placa de anclaje para el montaje de las estructuras metálicas. Estos pernos quedan embebidos parcialmente dentro de la primera fase de hormigonado. Para su instalación se utilizan unas plantillas metálicas fijadas sobre los pernos por medio de tuercas y a la cota de la peana. Un par de estacas por cada pareja de aparamentas se deja enrasado a este nivel de peana con el objetivo de permitir, mediante la instalación de cuerdas, la alineación tanto en planta como en alzado de las plantillas.

Siempre que las necesidades de la obra lo permitan se comprobarán las cotas de los pernos durante el hormigonado con el fin de subsanar cualquier variación en la cota y posición de los mismos. Cuando la primera fase de hormigonado esté terminada las tareas de topografía se centrarán en el marcaje de las cotas de coronación de peana sobre uno de los pernos de cada cimentación para facilitar el posterior montaje de las estructuras metálicas sobre ellas.



*Imagen 37: estaca a cota de peana con el eje de las aparamentas marcado con clavo de acero.*



Imagen 38: replanteo de los ejes de los pórticos en ATI 105.2.



Imagen 39: plantilla para la instalación de los pernos de los pórticos.



Imagen 40: marcaje de la cota de peana sobre los pernos.



Imagen 41: feeders montados en la SE\_111.

#### **5.4.2. Aparamentos parque exterior subestaciones**

Para ejecutar las cimentaciones del parque exterior de las subestaciones se sigue el mismo procedimiento descrito en los pórtilos de acometida. Se marcan por líneas longitudinales para facilitar los trabajos de excavación y evitar la afección del replanteo de los ejes mediante estacas y clavos.



Imagen 42: ejes de replanteo en Dueñas.

Cada tipología de aparamenta lleva asociada una profundidad y unas medidas diferentes en sus cimentaciones. La tabla de cimentación puede consultarse en el apartado de definición geométrica correspondiente.

Las cotas de la peana seguirán la pendiente longitudinal de la explanada (1%) siendo la pendiente transversal de las mismas nula. Para el montaje de las plantillas se dejarán a cota los ejes transversales de cada aparamenta y los longitudinales servirán sólo como alineación en planta.

Las cimentaciones del tipo Z1A estarán contenidas en un plano horizontal, sin pendiente longitudinal, por tratarse de estructuras donde se instalarán seccionadores o interruptores que tendrán que tener el mismo alzado por tratarse de un elemento único. Estas estructuras serán las que permitan el corte de la corriente eléctrica entre los pórticos de entrada y el resto de las instalaciones.

Los pórticos de acometida del parque exterior de las subestaciones tendrán una cimentación (Z3) diferente al resto de las estructuras dada su geometría. Estas cimentaciones de dimensiones bastante mayores necesitarán una armadura de hierro especial y para su montaje se utilizarán unas plantillas más grandes formadas por vigas de acero. El peso de estas vigas hace que las plantillas se curven y complica la obtención de las precisiones requeridas en el replanteo tanto en planta como en alzado. Para asegurar estas precisiones tendremos que asistir al montaje de las plantillas y medir repetidas veces para ir aplicando las correcciones necesarias en la posición de las mismas, requiriendo esta tarea una gran cantidad de tiempo al ser necesaria la utilización de grúas para poder mover la estructura.

Calcularemos los ejes en planta para ejecutar el replanteo en campo. Estas estructuras constan de un eje longitudinal y dos ejes transversales que coinciden con los dos apoyos que irán montados sobre ellos. El replanteo inicial se realiza con estacas y clavos que marcan la posición exacta de estos ejes. Las cotas de la peana se materializan en los ejes transversales, dejando las estacas a cota o bien por medio de varillas de hierro sobre la que una banda de cinta aislante marcará dicho acabado.

Cuando la excavación esté terminada tendremos que comprobar las dimensiones del fondo de excavación para que pueda alojar la estructura de hierro sin problema. Una vez realizados los ajustes oportunos se ejecuta la capa de hormigón de limpieza y sobre ella marcaremos la posición de los ejes con clavos y espray.



Imagen 43: ejes sobre el HL y montaje de la parrilla inferior en cimentaciones Z3.

Como ya hemos apuntado, asistiremos al montaje de las plantillas para verificar su correcta alineación y la cota de las mismas:



Imagen 44: ejes longitudinales y transversales con varillas de hierro y plantilla de montaje.



Imagen 45: detalle de los anclajes de los pórticos de entrada de las subestaciones.

### 5.4.3. Cimentaciones de los transformadores de las subestaciones

El mayor tamaño de los transformadores instalados en las subestaciones eléctricas y su ubicación en el exterior del parque hacen necesaria la ejecución de una cimentación diferente a la vista para los autotransformadores de los centros ATI y ATF.

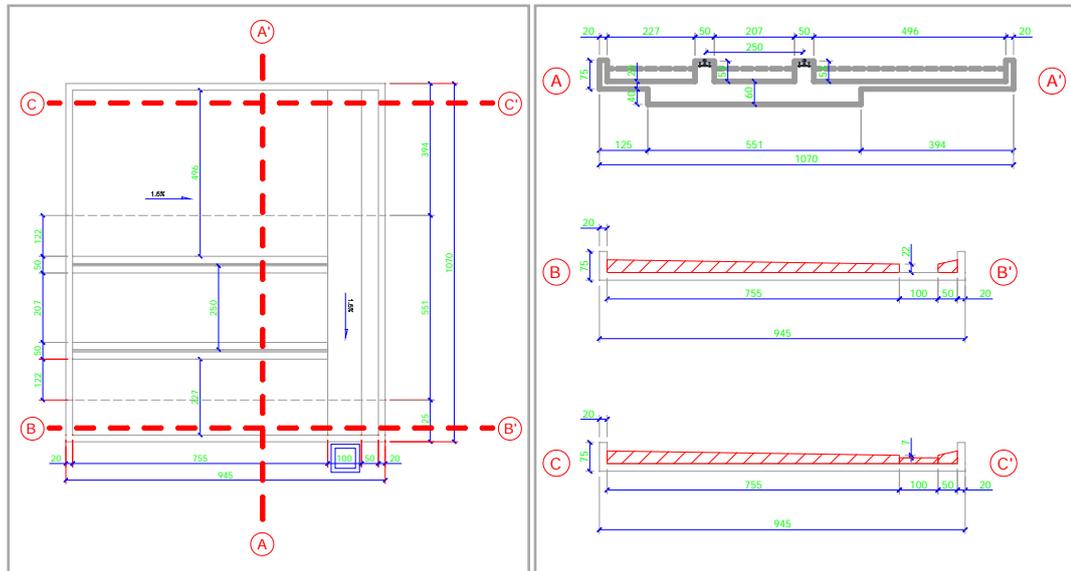


Figura 7: planta y secciones transversales del vaso del transformador.

Se calculan las coordenadas de los extremos exteriores de la definición en planta de la cimentación. El replanteo de las diferentes alineaciones se realizará mediante la aplicación de incrementos a estas alineaciones principales según las acotaciones del plano en planta. En cuanto a la definición geométrica en alzado, la excavación se realiza en dos niveles. Hay una diferencia de cota entre la parte donde irán instaladas las vigas de apoyo y el resto de 40 cm. Este será el punto más bajo de la excavación que respecto a la explanada estará a 1.15 m de profundidad.

En el replanteo inicial se marcan con estacas, retranqueadas un metro hacia el exterior, los límites de la excavación y las líneas de rotura generadas por la diferencia de niveles descrita. Cuando esté terminada se verificarán las dimensiones y se marcará sobre el fondo de excavación, por medio de varillas de hierro, la posición de las esquinas exteriores del muro perimetral y la cota del hormigón de limpieza sobre las mismas con cinta aislante. También se comprobará la alineación que marca el escalón entre ambos niveles y se señalará la cota de la misma manera. Sobre el hormigón de limpieza se materializarán de nuevo los puntos singulares en planta y en alzado de la estructura además de la posición de los ejes de los raíles para el correcto montaje de la armadura. Éstos últimos se replantarán en el exterior de la excavación utilizando varillas de hierro

retranqueadas que permitirán la instalación de cuerdas a la cota marcada sobre las mismas, garantizando la correcta alineación de la armadura y su instalación a la cota adecuada.

Como en el caso de los autotransformadores uno de los condicionantes clave es la distancia entre las caras activas de los raíles. Esta separación, que en este caso es de 2.5 m, se verificará realizando mediciones en repetidas ocasiones con el fin de disponer tanto en planta como en alzado, con una precisión milimétrica, las placas de sujeción de los raíles. El equipo de topografía estará presente en la instalación de los raíles sobre las placas para verificar nuevamente su posición y su cota para poder realizar la soldadura que los fijará definitivamente sobre las placas antes del hormigonado de las vigas de apoyo.



*Imagen 46: encofrado de las vigas del transformador en la SE\_104.*



*Imagen 47: detalle del encofrado de la cimentación para el apoyo de uno de los transformadores en la subestación de Dueñas.*

### Capa de pendientes

La capa de pendientes de los transformadores de las subestaciones también es diferente a la de los centros ATI y ATF. Según la definición geométrica de proyecto se dará una pendiente longitudinal, en el sentido de los raíles, del 1.5%. Estas pendientes verterán los líquidos a un canal de un metro de sección que, con pendiente transversal del 1.5%, evacuará a la arqueta de la red de aceite adosada a cada uno de los vasos de ambos transformadores. Éstas conectarán con el depósito de aceite de la instalación por medio de tubos de fundición de  $\varnothing 200$  mm.



*Imagen 48: vaso de aceite terminado a falta del relleno con gravas.*



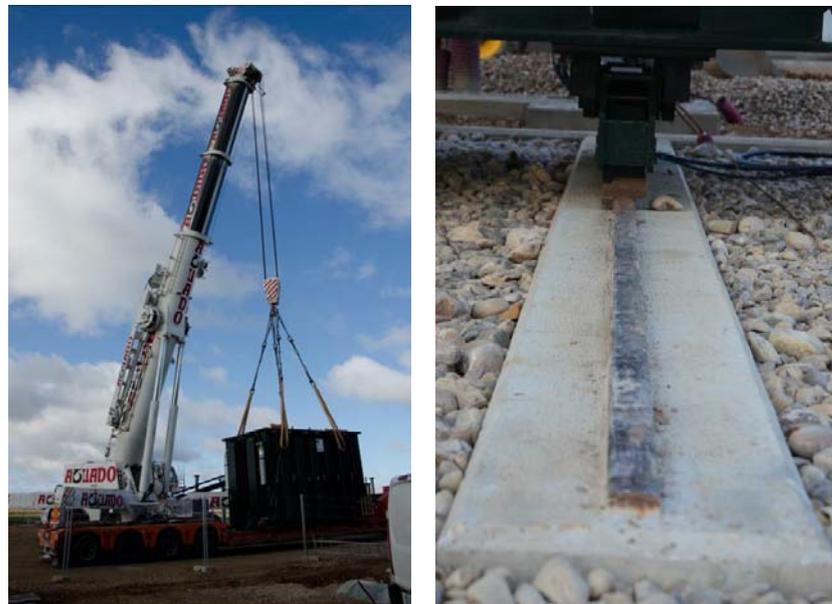
*Imagen 49: vaso de aceite terminado. Vista desde el edificio de control.*

### Relleno con grava

La capa de acabado final está constituida, al igual que en los autotransformadores, por una capa de grava que actúa como filtro para la evacuación de las aguas pluviales y como elemento aislante.



*Imagen 50: relleno del vaso de aceite con gravas.*



*Imagen 51: Montaje del transformador en la subestación de Becerril. Detalle de las ruedas de los transformadores sobre el rail.*



Imagen 52: detalle de las ruedas de los transformadores sobre el raíl.

#### **5.4.4. Depósito de aceite**

Los depósitos de aceite de los centros tienen la función de recoger los posibles vertidos de los transformadores. Tendrán una tapa en su parte superior por la que se realizarán las tareas de extracción. El funcionamiento de los depósitos de aceite se basa en la diferencia de densidad entre el agua y el aceite. Los depósitos irán rellenos de agua hasta dos tercios de su capacidad. El aceite pasa a través del tubo de entrada del depósito, situado en la parte inferior. Al mezclarse con el agua el aceite subirá hasta el nivel superior debido a su mayor densidad. Aunque la boca de salida del tubo se encuentra en la parte superior del depósito, va unida a un tubo que desde el fondo del depósito conecta con ella. De esta manera sólo permite la salida del agua de la parte inferior y no del aceite que será extraído de forma manual por la apertura superior de la que van provistos los depósitos.

#### **Centros ATI y ATF**

Aunque los depósitos de aceite de ambos tipos de centros difieren ligeramente en su definición geométrica las tareas de replanteo y cálculo son las mismas por lo que las describiremos en el mismo apartado.

Los puntos en planta calculados para el replanteo serán los ejes del depósito. Para calcular la profundidad de excavación necesaria para su instalación se tendrá en cuenta la cota de la lámina de aceite de la tubería de entrada al depósito. Esta tubería conecta la arqueta de salida de los vasos de los autotransformadores con el depósito a través de la red de recogida de aceite. A partir de esta cota de referencia bajaremos 1.93 m en el caso

de los ATIs y 2.45 m en ATFs. Esta será la cota de excavación real. Sobre ella se instalará la losa que será de 20 cm de grosor en ATIs y 30 cm en ATFs.

El replanteo de la excavación se realizará bien con estacas o sobre la cimentación del muro perimetral si estuviera ejecutado donde se garantizará una mayor perdurabilidad de las señalizaciones. Se especificará la cota de excavación y las medidas de la losa de apoyo del depósito y se marcará una referencia fina en la cabeza de la estaca que se corresponda con el eje longitudinal del depósito.



*Imagen 53: detalle del replanteo de la excavación del depósito de aceite y su eje longitudinal en un centro ATI.*

Para la ejecución de la losa marcaremos en el fondo de la excavación los límites de la misma por medio de varillas de hierro donde materializaremos también su cota de coronación. Los taludes de la excavación se realizarán mediante bermas que más adelante nos servirán para la instalación del tubo de drenaje perimetral del depósito.

Sobre la losa se extenderá una cama de arena de 15 cm tanto en ATIs como de ATFs sobre la que se apoyará el depósito de aceite. Comprobaremos las cotas de coronación de esta cama de arena antes de la colocación del depósito.

El depósito debe sujetarse con unas correas a la base de la losa para evitar desplazamientos una vez esté comprobada la alineación y se va rellenando de agua para asentarlos sobre la cama de arena. Las cotas de la lámina de agua de la tubería de entrada pueden variar de 4 a 5 cm en este proceso por lo que el equipo de topografía estará presente en las tareas de instalación para garantizar que la geometría del mismo quede según la definición de proyecto.



Imagen 54: depósito de aceite en centros de transformación intermedios.

Los laterales del depósito se hormigonarán hasta aproximadamente un tercio de su altura total. El resto de la excavación se rellenará con arcilla expandida para aligerar la carga que soportará el depósito, fabricado en fibra de vidrio. La última capa rellenará con material seleccionado y el mismo acabado en gravas que el resto de la instalación.

### Subestaciones

El depósito de aceite de las subestaciones es de mayores dimensiones que los descritos anteriormente. Para su instalación se requiere ejecutar un movimiento de tierras mucho mayor y las profundidades de excavación necesarias para alojarlo nos obligan a ejecutar la excavación de una manera escalonada con el fin de garantizar la seguridad de los trabajos.

La cota del fondo de la excavación se calcula de la misma manera que en los ATIs y ATFs, es decir, teniendo en cuenta la cota de la lámina de aceite de entrada al depósito. En este caso restaremos 3.25 m a dicha cota.

La excavación se ejecutará con un talud en tres bermas de 1 m de anchura y de aproximadamente un metro de altura cada una. Esto nos obliga a aumentar las medidas

en planta de la excavación en 4 metros por cada lado. Previamente habremos confirmado sobre los planos en planta de la red de tierras que ningún cable quede afectado por dicho incremento en la excavación.

Realizaremos varias comprobaciones a lo largo del proceso de apertura para verificar la geometría y la profundidad de la excavación. Una vez finalizada marcaremos sobre el fondo, al igual que en los depósitos más pequeños, los límites y la cota de la losa, que en este caso será de 30 cm de espesor. La cama de arena será, al igual que en el resto de instalaciones, de 15 cm.



*Imagen 55: comprobación de las cotas de excavación en Dueñas.*



*Imagen 56: ejecución de la cama de arena donde asentará el depósito de aceite de la subestación de Dueñas.*

El equipo de topografía tendrá que estar presente en el desarrollo de las labores de instalación de estos depósitos para verificar tanto las alineaciones en planta como las cotas de las láminas de los tubos de entrada y salida de los mismos, que pueden sufrir variaciones de entre 6 u 8 cm tras el relleno del depósito y su hormigonado perimetral posterior.

Al igual que en los ATIs y ATFs, se hormigonarán los laterales del depósito hasta 1/3 de la excavación total y se completará con arcilla expandida el relleno hasta el nivel de la explanada.

## 5.5. Canalizaciones

### 5.5.1. Prismas eléctricos y canaleta

#### Prismas eléctricos

Para el replanteo de las zanjas donde se alojarán los prismas eléctricos se tendrá en cuenta la sección de los mismos fijados en el plano de canalizaciones del proyecto. El mayor prisma alojará seis tubos y se dispondrán en dos niveles con tres tubos cada uno separados una distancia mínima de 10 cm entre ambos niveles. Los tubos también se separarán unos de otros al menos 5 cm.

Por norma general los tubos eléctricos irán enterrados a una profundidad de entre 40 y 60 cm desde la cota de la explanada. Hay casos, sin embargo, en los que estos tubos tendrán que ir a una mayor profundidad, condicionados por los cruces con elementos de la red de aceite y saneamiento, cuyas cotas son inamovibles. En otros casos este aumento en la profundidad vendrá fijado por la cota de salida desde el foso de cables del edificio de control.

En el marcaje de las zanjas se replantea el eje de las mismas retranqueado un metro hacia un lado, de manera que no entorpezca otras labores en la obra y facilite la ejecución de las mismas. Se marcará una estaca cada 10 ó 15 metros, en función del espacio disponible para ello.

Una vez abiertas las zanjas se instalarán varillas de hierro en su interior que marcarán el eje de las mismas y nos servirán de medida de verificación de los mismos. Sobre ellas materializaremos las cotas del hormigón de limpieza por medio de cinta aislante.



Imagen 57: prismas eléctricos de 3 tubos.

### Canaleta prefabricada de hormigón

La instalación de la canaleta prefabricada de hormigón requerirá de una vigilancia algo más exhaustiva que el resto de canalizaciones por parte del equipo de topografía. Vienen cortadas en bloques de dos metros de longitud y su peso y volumen dificultan su instalación. Además deben quedar perfectamente alineadas ya que es un elemento muy representativo, sobre todo en el parque de las subestaciones. Además, su proximidad a las aparatas hace muy evidente cualquier defecto en las alineaciones tanto en planta como en alzado.

Las canaletas van ubicadas sobre zanjas que contienen tubos de drenaje. Sobre estos tubos se extiende una capa de gravas que hará de apoyo para el fondo de la canaleta. Marcaremos con varillas de hierro el eje de la misma, retranqueado hacia un lateral, y sobre ellas marcaremos con cinta aislante la cota de coronación de la canaleta, sin tapa. Esta cota está a +10 cm de la cota de referencia de la explanada. Siendo el grosor de la tapa de hormigón de 5 cm, el acabado final será el mismo que para las peanas de las aparatas (+15 cm de la explanada, +5 cm de la grava).

Comprobaremos a lo largo de la instalación la correcta ubicación de la canaleta y trasladaremos al personal de la obra cualquier modificación que consideremos oportuna realizar.



*Imagen 58: canaleta eléctrica junto a pórticos de acometida en ATI y junto a transformadores en la SE\_111.*



*Imagen 59: detalle del marcaje de cotas en canaleta.*



Imagen 60: canaleta en el parque exterior de la SE\_111 con rejilla instalada.

### 5.5.2. Red de drenaje y saneamiento

Para el replanteo de la red de saneamiento y drenaje se siguen las mismas pautas que para las zanjas eléctricas. Las cotas de las láminas de agua vienen marcadas en proyecto. Sobre estos planos calculamos las coordenadas (x, y) de los centros de las arquetas y les asignamos la cota más profunda de todos los tubos que concurren en una misma arqueta. Estos puntos los exportamos a un fichero de texto que cargaremos en la estación total.

A la hora de replantear lo haremos mediante líneas de referencia entre los puntos calculados. Esta metodología nos permite marcar puntos intermedios con el fin de replantear una estaca al menos cada 10 metros. El programa nos calcula los incrementos de cota en estos puntos intermedios pero habrá que tener cuidado porque al tener los puntos de las arquetas una única cota tendremos que calcular de manera manual las cotas intermedias de los tubos que acometan a diferentes profundidades, ya que el programa siempre calculará la pendiente teniendo en cuenta sólo las cotas de los puntos importados.

Cuando en una misma arqueta confluyan varios tubos marcaremos en la estaca todas las cotas de las diferentes láminas de agua. Para clarificar el marcaje se dispondrá cada cota en el lado correspondiente de la estaca en función de la dirección en la que acometa cada tubo (Imagen 61). Las estacas, que reflejarán el eje longitudinal de la canalización, se marcarán retranqueadas un metro hacia uno de los laterales para facilitar las labores de

excavación. En el caso del tubo dren bajo la canaleta, también indicaremos la cota de acabado de la misma en las estacas.



Imagen 61: detalle del marcaje de cotas en la red de saneamiento.

Una vez abierta la zanja, al igual que en las canalizaciones eléctricas, se marcará de nuevo el eje en el interior de las mismas y la cota de la lámina de agua de los tubos. En el caso del tubo de drenaje, cuando éste vaya adosado al muro de cerramiento, se marcarán las cotas sobre la cimentación ya ejecutada. También se marcará sobre el hormigón de la cimentación del edificio aquellas arquetas que estén adosadas a ella. En estos tubos de drenaje se instalará una tela geotextil además de recubrirlos con gravas, actuando ambos elementos como sistema de filtraje ya que el tubo dren es un tubo corrugado perforado.

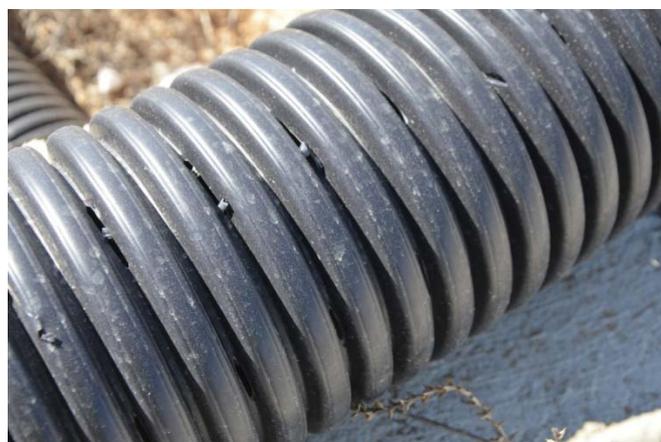


Imagen 62: tubo corrugado con perforaciones para el drenaje.



Imagen 63: cotas de la red de saneamiento y drenaje sobre la cimentación del muro de cerramiento.

### 5.5.3. Red de recogida de aceite

La red de recogida de aceite tiene la función de canalizar las posibles fugas generadas por el transformador tanto en los centros ATI y ATF como en las subestaciones de tracción. A diferencia de la red de saneamiento en las conducciones se utilizan tubos de fundición ya que los líquidos vertidos pueden estar a altas temperaturas. Además tendrán una pendiente del 1.5% dada la mayor densidad del aceite.

Para el cálculo de los puntos de replanteo tendremos en cuenta también los centros de las arquetas en planta y el fondo de las mismas en alzado.

El marcaje en campo se realizará con estacas retranqueadas un metro con respecto al eje de la canalización en los casos en tierras y sobre la cimentación del edificio mediante clavos para las arquetas de salida de los vasos de los autotransformadores. Se marcará sobre las estacas la cota de acabado de la tapa de las arquetas, que será la cota de explanada en ese punto, cota que también marcaremos en el resto de arquetas de la red de saneamiento y canalizaciones eléctricas.



Imagen 64: arqueta de aceite junto a depósito en ATI 104.4.



Imagen 65: marcaje de la salida de aceite del autotransformador sobre cimentación del edificio.

## 5.6. Cerramientos

### 5.6.1. Muro perimetral

La sección tipo de cerramiento perimetral será la misma para todos los centros. Para el cálculo del replanteo del muro se utilizarán alineaciones en planta y en alzado con ayuda del programa In-Rail.

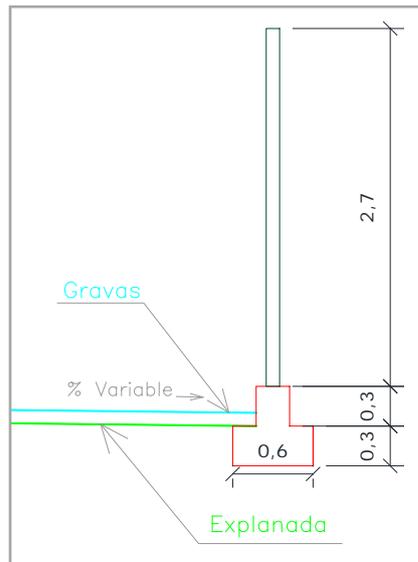


Figura 8: sección transversal del muro de cerramiento perimetral.

El eje en planta coincidirá con la cara exterior del muro. La rasante se define como la cota de la explanada más 30 cm. Al contemplar la explanada diversas pendientes con el fin de evacuar las aguas pluviales, la rasante se adaptará a estos cambios de pendiente con acuerdos verticales de manera que, en ningún caso, estas pendientes superen el 1% fijado para el correcto montaje del vallado sobre el muro. Las zonas de cambios de pendiente coinciden, entre otros, con los puntos singulares del eje en planta, es decir, con las esquinas del cerramiento, constituyendo estos puntos los vértices de los acuerdos verticales diseñados. En el apartado 9.5 pueden consultarse los planos de definición geométrica del cerramiento para las subestaciones. En el caso de los centros ATI y ATF los principios de diseño son los mismos pero más simplificados.

En el acabado del muro las aristas se rematarán por medio de berenjenos aunque la cota marcada por topografía sea la cota de la rasante calculada tal y como se indica en la figura 8. En primer lugar marcaremos en campo la excavación necesaria para ejecutar la zapata del muro. Las estacas, marcadas cada 10 metros, representarán el eje de la zanja, que no es el mismo que el eje en planta definido para el cerramiento. Tendremos que tener especial cuidado pues, para no cometer errores en este punto. En la estación retranquharemos el eje de replanteo 0.875 m en vez un metro para que las estacas representen en eje de la zanja según la definición geométrica del muro. Este procedimiento se realiza así para facilitar las labores de marcaje y de apertura de la cimentación por parte del personal de la obra.

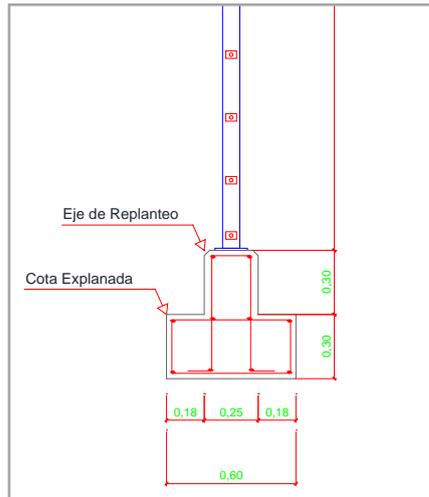


Figura 9: detalle de la armadura del muro y del eje en planta para el replanteo.

Posteriormente se marcarán sobre el hormigón de limpieza las cotas del primer hormigonado, es decir, la cota de acabado de la zapata que coincide con la cota de explanada. Sobre este primer nivel de hormigonado se marcan cada 10 metros los puntos de la alineación de la cara exterior o interior del muro acabado con las cotas de coronación del mismo para la colocación de las chapas de encofrado. Finalmente, cuando las chapas están colocadas y alineadas se marcará de nuevo cada 5 metros la cota de coronación del muro sobre las mismas. Con el consenso del jefe de topografía no se marcan los puntos singulares en alzado ya que marcando puntos de la rasante cada 5 metros las desviaciones con las cotas de los acuerdos son mínimas y de esta manera se facilitan las labores de replanteo y de montaje de lo encofrados.



Imagen 66: detalles del replanteo para la zanja de cimentación del muro de cerramiento.



Imagen 67: detalles del replanteo de la cota de coronación sobre el acabado de la cimentación.



Imagen 68: detalles del encofrado del muro y el marcaje de alineaciones sobre zapata.



Imagen 69: montaje del vallado sobre cerramiento perimetral de la SE de Dueñas.

### 5.6.2. Autotransformadores en ATIs y ATFs

Al estar los autotransformadores adosados al edificio de control en ATIs y ATFs el recinto irá encerrado por un vallado para restringir el acceso a la maquinaria a través de una puerta peatonal. Al estar el vaso elevado respecto a la acera 52 cm se proyecta una escalera de acceso de tres peldaños de 17 cm cada uno y de 24 cm de huella hasta llegar al nivel del murete perimetral que delimita el recinto del autotransformador.



Imagen 70: escalera de acceso al vaso del autotransformador.



Imagen 71: detalle del acabado y vallado del autotransformador.

## 5.7. Bordillos

### 5.7.1. Encintado de aceras

Tal y como se aprecia en la sección tipo del plano nº 11 el encintado de las aceras perimetrales del edificio de control de todos los centros se hace con bordillo de hormigón de 15 cm de espesor. El cálculo de las cotas de coronación del bordillo se basa en las cotas mostradas en el Anejo 2 según la definición geométrica en alzado de la plataforma de la explanada.

Para el replanteo de los bordillos se utilizan dos procedimientos. Se replantea la posición de la cara plana del bordillo mediante varillas de acero corrugado sobre las que se marca con cinta aislante su cota de coronación. Además se materializa la cota del bordillo también sobre los paneles prefabricados del edificio. El procedimiento para este replanteo es el siguiente:

1. Se marcan unas líneas a una altura arbitraria sobre el panel prefabricado
2. Se mide mediante la opción de medida sin prisma de la estación sobre estas marcas.
3. Se calcula la diferencia de cota con la referencia del bordillo.
4. Se trasladan estos incrementos bajo las marcas realizadas para obtener la línea de coronación del bordillo sobre el panel que se marcará con un tiralíneas.



Imagen 72: replanteo del bordillo con varillas de acero y cinta aislante. Acabado en curva.



Imagen 73: detalle de las marcas sobre el panel y la línea de coronación del bordillo.

Las cotas de acabado del bordillo marcadas con tiralíneas en los paneles de cerramiento servirán de referencia para la ejecución de la acera perimetral que enrasará con la cara plana del bordillo por un lado. En el encuentro con el edificio se ejecuta 2 cm más alta que la línea de referencia para darle un bombeo que será del 1.5 al 2% (la acera tiene un tamaño diferente en los frontales y en los laterales del edificio pero siempre se recrecerá

estos dos centímetros por lo que el bombeo será variable en función de la distancia al bordillo).

### 5.7.2. Encintado de viales y superficies

Para esta partida se utilizan bordillos jardineros más pequeños que los anteriores y de 10 cm de grosor. Para el cálculo del replanteo se insertan sobre el plano puntos en los quiebros principales y se exportan las coordenadas planas de dichos puntos a la estación total. La cota de coronación del bordillo será, en este caso, la cota de explanada más 15 cm en cada punto.

En el replanteo en campo se utilizan varillas de acero corrugado. Con ellas marcaremos tanto la posición de la zanja a ejecutar para la instalación del bordillo como las cotas finales de acabado. Para que las marcas permanezcan tras la excavación las varillas deberán estar clavadas una gran parte de su longitud por lo que se utilizan hierros de 50 a 60 cm de longitud. No obstante, tendremos que revisar la alineación y la posición de estas marcas antes del hormigonado del bordillo para corregir cualquier desviación que pueda haberse producido tras la excavación de las zanjas.



Imagen 74: replanteo inicial del bordillo y zanja ejecutada.

Para la ejecución de las curvas se marca el centro de las mismas donde se indica el radio. Además se replantean los puntos de entrada y salida de la curva.



Imagen 75: detalle del replanteo de curvas en bordillos del parque exterior de la SE\_111.



Imagen 76: proceso de hormigonado de los bordillos en los viales de la SE\_111.



Imagen 77: bordillo instalado y explanada acabada en el parque exterior de la SE\_111.

En el caso del bordillo que delimita las zonas de drenaje junto a los muros perimetrales en ATIs y ATFs el replanteo se realiza directamente sobre el hormigón de la zapata del cerramiento, siempre que ésta esté ya ejecutada en el momento del marcaje. Si no, se utilizará el mismo método que el descrito para los bordillos de los viales de las subestaciones.

## 5.8. Otros

### 5.8.1. Escaleras

Como ya se expuso en el apartado 4.5 el edificio de control tiene dos tipos de accesos. Uno de ellos se encuentra a 52 cm de distancia en alzado de la acera terminada. En estos casos se proyecta una escalera de acceso que quedará entre 10 y 11 cm por debajo del hueco del panel. Serán dos escalones de unos 20 cm cada uno, con una huella de 30 cm. El tamaño de los rellanos depende de si estamos ante una puerta doble o simple. En el primer caso la escalera es doble y el rellano tiene una longitud de 2.40 m. En el segundo, la escalera es simple y el rellano tiene 1.60 m de longitud. En ambos casos la anchura será de 1.20 m, coincidiendo con la acera.

Desde la jefatura de obra se exige el marcaje de los puntos singulares de la escalera por parte del equipo de topografía. Este replanteo se realiza en base a las medidas particulares de cada centro, ya que los acabados pueden diferir ligeramente en cada uno. El proceso a seguir es el siguiente:

1. Se mide el hueco libre de la puerta para obtener su punto medio.
2. Se mide con ayuda de un flexómetro desde este punto medio la mitad de la longitud del rellano en las puertas dobles y en las simples, al ir descentrado, se mide 0.93 m hacia el lado de las escaleras y 0.67 hacia el lado opuesto.
3. Se marcan estos puntos 10 cm por debajo del marco inferior de la puerta con ayuda de un nivel de mano.
4. Sobre estos puntos, y con ayuda del nivel, se mide la diferencia de cota existente con la acera, utilizando las marcas del bordillo con azulete sobre el panel. Se divide esta cifra entre dos para obtener la altura de cada escalón.
5. Se marcan sobre el panel los escalones de 30 cm de huella, con el nivel y marcadores permanentes.



*Imagen 78: detalle del replanteo de los escalones.*



*Imagen 79: detalle del replanteo de los escalones.*



Imagen 80: escalera para puerta simple en ATI.

### 5.8.2. Pilares muro perimetral

En los accesos a los diferentes centros se proyecta la instalación de una puerta corredera para el paso de vehículos y una puerta peatonal adosada a ella. Para su anclaje se ejecutarán unos pilares adosados al muro de cerramiento de 3 m de altura total.

Las dimensiones en planta del pilar son 40x40 cm y se ejecuta una zapata de 75x75 cm de 30 cm de profundidad, igual que en el muro. Deberán dejarse embebidos unos tubos de PVC que alojarán los cables eléctricos para alimentar el motor de la puerta y los interruptores de apertura.

El replanteo se calcula a partir de la alineación del muro de manera que queden enrasados por la parte interior. En los casos en los que el pilar coincida con la esquina del muro, quedará enrasado por la parte externa del mismo.

El marcaje de la excavación de la zapata se realiza a la vez que la del muro, y el replanteo de las caras del pilar sobre esta cimentación acabada. Se marcan tres puntos por pilar para garantizar la escuadra de las chapas de encofrado utilizadas en la ejecución.



Imagen 81: acceso a la subestación de Becerril.



Imagen 82: detalles de los pilares en la SE de Dueñas y en el ATI de Cisneros.



Imagen 83: detalle del replanteo de las caras del pilar sobre la cimentación.

### 5.8.3. Puerta corredera de acceso a la instalación

La puerta de acceso corredera va montada sobre una guía que debe quedar dos centímetros por encima de la cota de acabado del aglomerado del vial. Esta guía viene prefabricada y montada sobre unas placas de anclaje que constituyen su cimentación. Se realiza una zanja para instalarla que se rellenará con una armadura de hierro y hormigón una vez fijada en la posición correspondiente.

En la imagen 77 puede observarse el correcto acabado de la guía. Se ha dado el caso, en la instalación del ATI de Becerril, en que el bordillo no se ha ejecutado de acuerdo a las cotas marcadas por la topografía, dando lugar a un escalón entre la guía y el bordillo.



Imagen 84: error de ejecución en el bordillo del ATI de Becerril. Detalle de la cimentación de la guía en la subestación de Becerril.

### 5.8.4. Muros interiores del edificio de control

Por parte de la dirección de la obra también se requiere al equipo de topografía el marcaje de las alineaciones de los ejes de los muros del interior del edificio, realizados con bloques de hormigón.

Este replanteo se realiza con cinta en base a los planos acotados del interior de los edificios de control de los diferentes centros. Se marcarán también los huecos de las puertas.



*Imagen 85: Marcaje de las alineaciones de los muros interiores y las puertas.*



*Imagen 86: detalle del replanteo de los huecos de las puertas.*

#### **5.8.5. Aglomerado de viales**

Aunque no se requiere ningún marcaje en la ejecución del acabado de los viales al estar definidos por los bordillos ya ejecutados, se adjuntas unas imágenes para que pueda observarse tanto el proceso como el acabado de los mismos.



Imagen 87: vial acabado en la subestación de Dueñas.



Imagen 88: detalle de la ejecución de la capa de aglomerado de los viales en la SE de Dueñas.

## 6. PRESUPUESTO

### A. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) ⇒ 36.231,29 €

- ✓ Presupuesto parcial de recopilación y estudio = 588.12 €
- ✓ Presupuesto parcial de instauración de red de bases = 932.45 €
- ✓ Presupuesto parcial de levantamientos iniciales = 2052.18 €.
- ✓ Presupuesto parcial de planteamiento y diseño geométrico = 5763.80 €
- ✓ Presupuesto parcial de edición, maquetado y ploteado de planos = 1921.27 €
- ✓ Presupuesto parcial de movimiento de tierras = 3029.17 €
- ✓ Presupuesto parcial de cálculos de replanteo = 1872.09 €
- ✓ Presupuesto parcial de planos de replanteo = 1823.09 €
- ✓ Presupuesto parcial de replanteos en obra = 18249.03 €

### B. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC) ⇒ 44.564,48 €

- ✓ Beneficio Industrial del Contratista (BI)= 6% del PEM = 2173,87 €.
- ✓ Gastos Generales de la Administración Central del Estado (\*) (GG)= 17 % del PEM = 6159,32€.

*(\*) Según el artículo 131 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas:*

*1.- Gastos generales de estructura que inciden sobre el contrato, cifrados en los siguientes porcentajes aplicados sobre el presupuesto de ejecución material:*

*a) Del 13 al 17 por 100, **a fijar por cada Departamento ministerial**, a la vista de las circunstancias concurrentes, en concepto de gastos generales de la empresa, gastos financieros, cargas fiscales, Impuesto sobre el Valor Añadido excluido, tasas de la Administración legalmente establecidas, que inciden sobre el costo de las obras y demás derivados de las obligaciones del contrato. Se excluirán asimismo los impuestos que graven la renta de las personas físicas o jurídicas.*

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA = PEM + BI + GG = 44.564,48 €.

### C. PRESUPUESTO GLOBAL DE LICITACIÓN (PGL) ⇒ 53.923,02 €

- ✓ IVA = 21 % del PEC = 9358,54 €

PRESUPUESTO GLOBAL DE LICITACIÓN (PGL) = PEC + IVA = 53923,02 €

## DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS

	MANO DE OBRA								
	Salario base	Complemento actividad	Gratificaciones extraordinarias	Vacaciones	Plus transporte	Dietas	Total mensual	Total anual	COSTE DIARIO 220 días
Ingeniero Técnico en Topografía	970,76 €	360,45 €	1.685,65 €	1.685,65 €	94,46 €	10,55 €	1.657,77 €	23.292,42 €	<b>105,87 €</b>

	INSTRUMENTACIÓN					
	Adquisición	Mantenimiento y actualización	Plazo amortización	Coste amortización	Total anual	COSTE DIARIO 220 días
Software In-Rail Bentley	4.600,00 €	200,00 €	4 años	5.400,00 €	1.350,00 €	<b>6,14 €</b>
Software AutoCAD 2010	4.500,00 €	100,00 €	4 años	4.900,00 €	1.225,00 €	<b>5,57 €</b>
Hardware	1.000,00 €	300,00 €	4 años	2.200,00 €	550,00 €	<b>2,50 €</b>
Equipos topográficos	6.000,00 €	300,00 €	4 años	7.200,00 €	1.800,00 €	<b>8,18 €</b>

NIVEL	SALARIO BASE	COMPLEMENTO ACTIVIDAD	GRATIFICACIONES EXTRAORDINARIAS Y VACACIONES (por cada una)
RETRIBUCION MENSUAL			
II	1.250,46	457,43	2.167,96
III	970,76	360,45	1.685,65
IV	934,38	352,03	1.627,05
V	877,50	326,90	1.521,97
RETRIBUCIÓN DIARIA			
VI	27,56	16,63	1.484,94
VII	27,03	15,99	1.445,81
VIII	26,28	15,71	1.409,59
IX	25,39	14,71	1.349,54
X, XI	25,27	13,74	1.318,80
XII	25,22	13,64	1.314,78
XIII	18,73	10,79	986,69

CONCEPTO	IMPORTE
Plus Transporte	94,46
Dieta	46,60
Media Dieta	10,55
Gastos kilometraje	0,27

Figura 10: tablas salariales para 2013. Fuente: Convenio de la construcción de Valencia.



## PRESUPUESTOS PARCIALES

	Mano de obra		Instrumentación								COSTE TOTAL PARTIDA
	I.T.T.		In-Rail		AutoCAD		Hardware		Equipos Topografía		
	Días	Coste	Días	Coste	Días	Coste	Días	Coste	Días	Coste	
<i>Recopilación, estudio y análisis documentación y normativa</i>	5	529,37 €	3	18,41 €	5	27,84 €	5	12,50 €	0	- €	<b>588,12 €</b>
<i>Instauración de red de bases de replanteo</i>	8	847,00 €	0	- €	0	- €	8	20,00 €	8	65,45 €	<b>932,45 €</b>
<i>Adquisición y procesado de los levantamientos iniciales</i>	16	1.693,99 €	16	98,18 €	16	89,09 €	16	40,00 €	16	130,91 €	<b>2.052,18 €</b>
<i>Planteamiento de soluciones y diseño geométrico</i>	48	5.081,98 €	48	294,55 €	48	267,27 €	48	120,00 €	0	- €	<b>5.763,80 €</b>
<i>Edición, maquetado y ploteado final de planos</i>	16	1.693,99 €	16	98,18 €	16	89,09 €	16	40,00 €	0	- €	<b>1.921,27 €</b>
<i>Movimiento de tierras</i>	24	2.540,99 €	16	98,18 €	24	133,64 €	24	60,00 €	24	196,36 €	<b>3.029,17 €</b>
<i>Cálculo de replanteos, generación de ficheros de trabajo</i>	16	1.693,99 €	8	49,09 €	16	89,09 €	16	40,00 €	0	- €	<b>1.872,18 €</b>
<i>Realización y ploteado de planos de replanteo</i>	16	1.693,99 €	0	- €	16	89,09 €	16	40,00 €	0	- €	<b>1.823,09 €</b>
<i>Tareas de replanteo en obra</i>	160	16.939,94 €	0	- €	0	- €	0	- €	160	1.309,09 €	<b>18.249,03 €</b>
<b>TOTAL POR CONCEPTO</b>		<b>32.715,26 €</b>		<b>656,59 €</b>		<b>785,11 €</b>		<b>372,50 €</b>		<b>1.701,82 €</b>	<b>36.231,29 €</b>



## 7. CONCLUSIONES

A priori, la naturaleza de esta obra civil puede llevarnos a pensar que su ejecución no entraña una gran dificultad técnica. Sin embargo, a medida que vamos profundizando en los elementos de diseño y de ejecución desde el punto de vista de la Topografía, descubrimos que la complejidad de este proyecto es mayor de lo que pudiera parecer en un primer momento.

Por un lado la distancia que separa los diferentes centros en los que las obras se realizan de una manera simultánea, hace necesaria una planificación minuciosa por parte del equipo de topografía de las tareas a realizar en cada momento y centro. Cualquier olvido o un replanteo no comprobado complicarían en gran medida la planificación y afectaría a otros trabajos en vista de los elevados tiempos de desplazamiento entre las numerosas instalaciones.

Por otro lado, tal y como se ha descrito en este proyecto, la mayor parte de los elementos ejecutados requiere una constante y exhaustiva vigilancia topográfica para garantizar las precisiones y la geometría fijadas en proyecto. Además, las tareas del Ingeniero en Topografía se han hecho necesarias en casi la totalidad de las partidas por lo que la gestión del tiempo y de los equipos ha sido un elemento clave en esta obra.

A todo ello hay que sumar los trabajos de oficina técnica entre los que se incluyen los cálculos de replanteos, el dibujo de planos modificados, el procesado y dibujo de levantamientos topográficos, el cálculo de movimiento de tierras, estudio de soluciones, maquetación y ploteado de planos de obra, etc.

Este trabajo, enfocado desde un punto de vista práctico, pretende poner de manifiesto la importancia de la labor que desempeña un profesional de la Topografía en la ejecución de todas las fases de una obra civil, independientemente de su naturaleza técnica y con ello contribuir al reconocimiento que esta compleja profesión se merece.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alcácer, S. L. (2010). *Prácticas de replanteos en construcción*. Valencia: Tirant Lo Blanch.
- Alcácer, S. L., & Abiétar, L. A. (2009). *Replanteos de obra y aplicaciones*. Valencia: Tirant Lo Blanch.
- Berzosa, D. G., & Ribero, G. V. (2014). Electrificación ferroviaria de alta velocidad en España. *Técnica Industrial*, 66-72.
- Conselleria de Educación, Formación y Empleo. (2012). *convenio colectivo de trabajo del sector de la Construcción y Obras Públicas de la provincia de Valencia*. BOE nº 242, Valencia.
- Corral, I. d., & deVillena, M. (1996). *Topografía de obras*. Barcelona: Edicions UPC.
- Harper, G. E. (2013). *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. México: Limusa.
- Juan, J. L. (2011). *Diseño de las subestaciones eléctricas de tracción y centros de autotransformación asociados de una línea ferroviaria de alta velocidad*. Tesis Doctoral, Univresitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Enginyeria Elèctrica.
- Leon, C. (2007). *Estudio de la optimización del diseño de subestaciones para la alimentación de sistemas de tracción eléctrica*. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Enginyeria Electrònica.
- Mata, J. P. (2011). *Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria*. PFC, Universitat Poltècnica de Catalunya, Departamento de EE, Barcelona.
- Mendiluce, M. S. (2012). *Ave Torrelavega - Santander*. PFC, Cantabria.
- Ministerio de Industria y Energía. (2001). *RCE: Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación*. Madrid: Liteam.
- Montecelos, J. T. (2015). *Subestaciones eléctricas*. Madrid: Paraninfo.
- Pazos, D. D., Boquera, D. J., & Valero, D. D. (1996). *Métodos Topográficos*. Madrid: Paraninfo.
- Tifsa, I. . (2009). *Proyecto constructivo de las subestaciones eléctricas de tracción y centros de autotransformación asociados* .

## **9. PLANOS**

### **9.1. Planos de situación**

**9.1.1. Áreas de Dueñas, Becerril y Luengos**

**9.1.2. Áreas de Dueñas y Buniel**

### **9.2. Planos de planta general**

**9.2.1. ATI**

**9.2.2. ATF**

**9.2.3. Subestación**

### **9.3. Planos de alzado**

**9.3.1. ATI**

**9.3.2. ATF**

**9.3.3. Subestación**

### **9.4. Planos de cimentación**

**9.4.1. ATI**

**9.4.2. ATF**

**9.4.3. Subestación**

**9.4.4. Transformador ATI y ATF**

**9.4.5. Transformador SE**

### **9.5. Planos de cerramientos**

**9.5.1. Perfil longitudinal y rasante muro SE\_111**

**9.5.2. Planta y pendientes muro SE\_111**

**9.5.3. Perfil longitudinal y rasante muro SE\_104**

**9.5.4. Planta y pendientes muro SE\_104**

### **9.6. Planos de canalizaciones eléctricas**

**9.6.1. ATI**

**9.6.2. ATF**

**9.6.3. Subestación**

### **9.7. Planos de red de saneamiento y aceite**

**9.7.1. ATI**

**9.7.2. ATF**

**9.7.3. Subestación**

**9.7.4. Depósitos de aceite en ATIs y ATFs**

**9.7.5. Depósito de aceite, grupo depurador y depósito de agua en SE**

## ***9.1. Planos de situación***



## ***9.2. Planos de planta general***



### ***9.3. Planos de alzado***



## ***9.4. Planos de cimentación***



## ***9.5. Planos de cerramientos***



## ***9.6. Planos de canalizaciones eléctricas***



## ***9.7. Planos de red de saneamiento y aceite***



# ***ANEJO 1***

## ***Red de bases de replanteo***



<b>BASES GPS ÁREA DE DUEÑAS</b>				
<b>NUM</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>S.E. DUEÑAS</b>				
1000	374528.695	4636436.032	723.422	CANALETA
1001	374554.636	4636579.845	725.319	ESTACA
1002	374442.979	4636546.285	723.334	ESTACA
DU 2	374486.525	4636439.949	723.463	ESTACA
DU 1	374453.819	4636596.177	723.674	ESTACA
H135	374526.195	4636386.545	724.984	HITO
H136	374560.219	4636544.090	724.380	HITO
H137	374611.331	4636695.128	723.217	HITO
DU 3	374552.094	4636517.440	723.536	CATENARIA
DU 4	374512.639	4636513.057	724.364	ACERA
DU 5	374486.524	4636520.334	724.356	ACERA
<b>ATI 104.2 Valladolid</b>				
1009	359107.290	4615359.230	696.970	ESTACA
1010	359119.051	4615390.069	696.864	ESTACA
1011	359145.921	4615378.164	697.007	MURETE
1012A	359132.630	4615406.336	697.768	MURO VALLA
1013A	359138.495	4615362.685	696.879	CATENARIA
1014A	359105.379	4615301.417	696.862	CATENARIA
1015A	359103.376	4615368.014	697.767	MURETE
<b>ATI 104.3 Cabezón del Pisuerga</b>				
1006	366687.928	4622567.616	787.253	LOSA ACCESO
1007	366622.917	4622524.049	784.420	ESTACA
1008	366659.515	4622518.290	785.630	ESTACA
CP1	366715.333	4622596.413	789.414	CAMINO HORMIGÓN
CP2	366730.315	4622579.387	789.799	LOSA ACCESO
CP3	366752.917	4622585.116	790.780	LOSA
CP 4	366653.716	4622502.328	786.617	CLAVO BAJANTE
CP 5	366692.441	4622504.367	788.731	ESTACA BAJANTE
CP 6	366652.530	4622554.612	786.089	TOCHO
CP 7	366635.916	4622526.732	786.364	
CP 8	366656.975	4622534.52	786.374	
<b>ATI 104.4 Valoria</b>				
1003	371078.146	4629598.287	716.752	CANALETA
1004	371076.302	4629646.251	710.331	ESTACA
1005	371031.397	4629622.256	710.565	ESTACA
VB1	371037.488	4629566.307	710.481	ESTACA
VB2	371096.290	4629652.092	710.252	ESTACA
VB3	371015.687	4629628.632	710.583	ESTACA
VB 4	371049.491	4629583.264	710.329	ESTACA (PS)
VB 5	371068.919	4629605.598	711.714	CLAVO BAJANTE
VB 6	371080.379	4629660.669	710.425	ESTACA
VB 7	371067.533	4629621.561	711.230	FEEDER
VB 9	371085.626	4629691.314	710.929	HITO
VB 10	371063.439	4629634.938	711.484	RIOSTRA

<b>BASES GPS ÁREA DE BECERRIL</b>				
<b>NUM</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>ATI 111.4_Cisneros</b>				
3001	349238.373	4675892.328	810.940	ESTACA
3002	349247.943	4675913.739	809.909	LOSA
3003	349218.849	4675944.822	810.508	CANALETA
C1	349261.280	4675877.944	812.512	HITO
C2	349192.576	4675902.574	810.013	HITO
C3	349175.596	4675954.570	807.172	HITO
C4	349221.407	4675888.254	810.518	ESTACA
C5	349192.987	4675911.358	809.224	ESTACA
C6	349253.591	4675915.957	810.732	CANALETA
<b>ATI 111.3_Becerril</b>				
3004	363526.929	4663267.27	762.153	CANALETA
3005	363495.673	4663304.003	762.551	CANALETA
3005A	363459.575	4663345.79	763.084	CANALETA
<del>3006</del>	<del>363565.156</del>	<del>4663304.060</del>	<del>763.561</del>	<del>ESTACA</del>
BE_1	363544.712	4663314.066	762.136	ESTACA
BE_2	363521.390	4663341.754	761.650	ESTACA
<b>SE 111_Villaumbrales</b>				
3007	367312.184	4658543.862	744.021	CANALETA
3008	367374.477	4658465.356	743.939	CANALETA
3009	367259.190	4658506.551	738.947	ESTACA
VU_1	367260.292	4658590.568	739.819	ESTACA
VU_2	367406.696	4658409.204	740.435	ESTACA
VU_3	367249.615	4658432.074	738.982	ESTACA
VU_4	367345.529	4658485.873	740.187	ESTACA
VU_5	367312.855	4658526.514	740.101	ESTACA
VU_6	367235.782	4658470.010	739.399	ESTACA
VU_7	367287.744	4658412.402	739.734	ESTACA
VU_8	367282.956	4658471.225	739.997	APARAMENTA
VU_9	367279.586	4658432.096	739.705	PORTICO
<b>ATI 111.2_Grijota</b>				
3010	370111.248	4655630.307	737.892	CANALETA
3011	370222.468	4655530.145	737.556	CANALETA
3012	370314.242	4655447.359	737.580	CANALETA
GR1	370272.619	4655481.195	737.084	ESTACA
GR2	370348.397	4655409.900	737.247	ARQUETA
GR3	370272.748	4655370.365	737.832	ARQUETA
GR4	370209.476	4655455.025	737.746	ESTACA

BASES GPS ÁREA BUNIEL				
NUM	X	Y	Z	CÓDIGO
<b>ATI 105.3_Celada</b>				
1000	423150.269	4680345.422	821.313	ESTACA
1001	423076.905	4680286.206	822.099	ESTACA
1002	423034.903	4680243.058	819.42	ESTACA
CS1	423150.1578	4680330.472	821.6422	HITO
CS2	423035.8675	4680242.718	819.7385	HITO
CS3	423007.3907	4680181.992	818.9005	HITO
<b>ATI 105.2_Revilla</b>				
2000	406573.489	4665671.562	774.06	ZAPATA TORRE
<del>2001</del>	<del>406625.936</del>	<del>4665710.933</del>	<del>774.058</del>	ESTACA
2002	406622.511	4665765.756	774.735	CANALETA HORMIGÓN
RV_1	406572.6788	4665746.666	778.6252	CANALETA HORMIGÓN
RV_2	406614.3871	4665772.748	778.5788	CANALETA HORMIGÓN
<b>ATF 105.1_Herrera</b>				
3000	398816.788	4657669.053	747.465	LOSA PUERTA
3001	398818.121	4657707.950	747.027	CANALETA
3002	398744.927	4657647.181	746.829	CANALETA
HV_1	398830.151	4657638.601	748.171	HITO
HV_2	398809.027	4657621.986	747.796	ESTACA
HV_3	398763.402	4657617.210	747.535	ESTACA
<b>ATI 104.5_Torquemada</b>				
4000	389949.54	4650525.863	735.727	CUNETA HORMIGÓN
4001	389915.908	4650562.985	737.736	CANALETA
4002	389947.461	4650588.271	737.711	CANALETA
TR1	389926.758	4650530.984	737.145	BAJANTE
<del>TR2</del>	<del>389957.702</del>	<del>4650578.239</del>	<del>735.799</del>	CUNETA HORMIGÓN
TR3	389955.524	4650540.374	735.786	CUNETA
TR4	389979.625	4650603.785	735.302	ALERO

<b>BASES GPS ÁREA LUENGOS</b>				
<b>NUM</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>ATI 112.3</b>				
2001	289827.361	4710573.365	791.971	CANALETA
2002	289844.139	4710520.743	791.857	CANALETA
2003	289867.395	4710562.495	792.017	ESTACA
<b>SE 112_Luengos</b>				
2005	305125.340	4702793.987	840.955	TOCHO
2006	305140.281	4702719.428	840.342	TOCHO
2007	305051.953	4702806.035	840.645	TOCHO
<b>ATI 112.2</b>				
2008	314353.282	4699875.113	874.151	CANALETA
2009	314260.957	4699917.17	873.882	CANALETA
2010	314246.469	4699858.342	872.427	ESTACA
<b>ATF 112.1_Grajal de Campos</b>				
3010	332220.673	4688768.782	807.825	MOJÓN
3011	332253.811	4688814.306	808.204	CANALETA
3012	332284.631	4688756.947	807.906	CANALETA
GC1	332269.590	4688772.777	806.991	
GC2	332188.143	4688799.871	808.663	
GC3	332290.063	468870.2258	806.030	

## ***ANEJO 2***

### ***Definición geométrica en alzado***



**COTAS DE EXCAVACIÓN REFERENCIADAS A LOSA Y A EXPLANADA (riestra)**

	<b>LOSA (0.13)</b>	<b>Foso</b>	<b>Riostra</b>	<b>Zapata Ed</b>	<b>EXPLANADA</b>	<b>Foso</b>	<b>Riostra</b>	<b>Zapata Ed</b>
	<b>0.00</b>	<b>-1.60</b>	<b>-0.63</b>	<b>-0.93</b>	<b>0.00</b>	<b>-1.47</b>	<b>-0.50</b>	<b>-0.80</b>
<b>104_SE</b>	<b>724.39</b>	722.79	723.76	723.46	<b>724.26</b>	722.79	723.76	723.46
<b>104_2_Valladolid</b>	<b>697.20</b>	695.60	696.57	696.27	<b>697.07</b>	695.60	696.57	696.27
<b>105.1_Herrera</b>	<b>748.08</b>	746.48	747.45	747.15	<b>747.95</b>	746.48	747.45	747.15

	<b>LOSA (0.18)</b>	<b>Foso</b>	<b>Riostra</b>	<b>Zapata Ed</b>	<b>EXPLANADA</b>	<b>Foso</b>	<b>Riostra</b>	<b>Zapata Ed</b>
	<b>0.00</b>	<b>-1.60</b>	<b>-0.68</b>	<b>-0.98</b>	<b>0.00</b>	<b>-1.42</b>	<b>-0.50</b>	<b>-0.80</b>
<b>111_SE</b>	<b>740.75</b>	739.15	740.12	739.77	<b>740.57</b>	739.15	740.07	739.77
<b>111.2_Grijota</b>	<b>738.55</b>	736.95	737.87	737.57	<b>738.37</b>	736.95	737.87	737.57
<b>111.3_Becerril</b>	<b>761.28</b>	759.68	760.60	760.30	<b>761.10</b>	759.68	760.60	760.30
<b>111.4_Cisneros</b>	<b>810.35</b>	808.75	809.67	809.37	<b>810.17</b>	808.75	809.67	809.37
<b>104_3_Cabezón</b>	<b>786.55</b>	784.95	785.87	785.57	<b>786.37</b>	784.95	785.87	785.57
<b>104.4_Valoria</b>	<b>711.65</b>	710.05	710.97	710.67	<b>711.47</b>	710.05	710.97	710.67
<b>104.5_Torquemada</b>	<b>736.87</b>	735.27	736.19	735.89	<b>736.69</b>	735.27	736.19	735.89
<b>105.2_Revilla</b>	<b>776.74</b>	775.14	776.06	775.76	<b>776.56</b>	775.14	776.06	775.76
<b>105.3_Celada</b>	<b>822.13</b>	820.53	821.45	821.15	<b>821.95</b>	820.53	821.45	821.15
<b>105_SE</b>								

<b>COTAS DE ALZADO REFERENCIADAS A LOSA</b>
---

	<b>LOSA</b>	<b>Foso</b>	<b>Ciment. Ed</b>	<b>Bordillo</b>	<b>EXPL (bord)</b>
	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.03</b>	<b>-0.32</b>
<b>104_SE</b>	<b>724.39</b>	724.39	724.26	724.36	724.07
<b>104_2_Valladolid</b>	<b>697.20</b>	697.20	697.07	697.17	696.88
<b>105.1_Herrera</b>	<b>748.08</b>	748.08	747.95	748.05	747.76

	<b>LOSA</b>	<b>Foso</b>	<b>Ciment. Ed</b>	<b>Bordillo</b>	<b>Bord (EXPL)</b>
	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.18</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.37</b>
<b>111_SE</b>	<b>740.75</b>	740.75	740.57	740.67	740.38
<b>111.2_Grijota</b>	<b>738.55</b>	738.55	738.37	738.47	738.18
<b>111.3_Becerril</b>	<b>761.28</b>	761.28	761.10	761.20	760.91
<b>111.4_Cisneros</b>	<b>810.35</b>	810.35	810.17	810.27	809.98
<b>104_3_Cabezón</b>	<b>786.55</b>	786.55	786.37	786.47	786.18
<b>104.4_Valoria</b>	<b>711.65</b>	711.65	711.47	711.57	711.28
<b>104.5_Torquemada</b>	<b>736.87</b>	736.87	736.69	736.79	736.50
<b>105.2_Revilla</b>	<b>776.74</b>	776.74	776.56	776.66	776.37
<b>105.3_Celada</b>	<b>822.13</b>	822.13	821.95	822.05	821.76
<b>105_SE</b>					

# ***ANEJO 3***

## ***Cerramientos***



**LISTADO DE ELEMENTOS EN PLANTA****Muro SE\_104**

Elemento	PK	X	Y	Dirección Tg	Longitud Tg
Recta	0+000.000	374484.5224	4636583.8163		
	0+092.716	374459.7386	4636494.4741	217.2268	92.716
Recta	0+092.716	374459.7386	4636494.4741		
	0+156.916	374521.6024	4636477.3130	117.2267	64.200
Recta	0+156.916	374521.6024	4636477.3130		
	0+249.632	374521.6025	4636566.6553	17.2268	92.716
Recta	0+249.632	374521.6025	4636566.6553		
	0+313.832	374484.5224	4636583.8163	317.2267	64.200

**Muro SE\_111**

Elemento	PK	X	Y	Dirección Tg	Longitud Tg
Recta	0+000.000	367281.1094	4658414.5205		
	0+085.107	367347.6126	4658467.6293	57.0994	85.107
Recta	0+085.107	367347.6126	4658467.6293		
	0+149.307	367307.5504	4658517.7955	357.0994	64.200
Recta	0+149.307	367307.5504	4658517.7955		
	0+234.414	367241.0472	4658464.6867	257.0994	85.107
Recta	0+234.414	367241.0472	4658464.6867		
	0+298.614	367281.1094	4658414.5204	157.0994	64.200

**LISTADO DE ELEMENTOS EN ALZADO****Muro SE\_104**

ELEMENTO	PK	Desarrollo	Kv	RADIO	COTA	PTE.1(%)	PTE.2(%)	BSZ
Parabola	0+000.000	55.000	2968.533	--	724.310000	- 0.952800%	0.900000%	0.127
Lineal	0+055.000	1.995	--	--	724.295489	0.900000%	--	--
Parabola	0+056.995	30.000	1729.085	--	724.313441	0.900000%	- 0.835000%	0.065
Parabola	0+086.995	27.491	3376.041	--	724.323188	- 0.835000%	- 0.020700%	0.028
Lineal	0+114.486	25.610	--	--	724.205561	- 0.020700%	--	--
Parabola	0+140.096	25.000	2715.286	--	724.200256	- 0.020700%	0.900000%	0.029
Lineal	0+165.096	4.793	--	--	724.310167	0.900000%	--	--
Parabola	0+169.890	15.000	856.159	--	724.353307	0.900000%	- 0.852000%	0.033
Lineal	0+184.890	23.405	--	--	724.356907	- 0.852000%	--	--
Parabola	0+208.294	25.000	1426.931	--	724.157496	- 0.852000%	0.900000%	0.055
Lineal	0+233.294	11.620	--	--	724.163495	0.900000%	--	--
Parabola	0+244.914	15.000	1593.002	--	724.268071	0.900000%	- 0.041600%	0.018
Lineal	0+259.914	53.916	--	--	724.332449	- 0.041600%	--	--

**Muro SE\_111**

ELEMENTO	PK	Desarrollo	Kv	RADIO	COTA	PTE.1(%)	PTE.2(%)	BSZ
Lineal	0+000.000	55.167	--	--	739.880000	0.750000%	--	--
Parabola	0+055.167	15.000	2000.000	--	740.293750	0.750000%	0.000000%	- 0.014
Lineal	0+070.167	3.420	--	--	740.350000	0.000000%	--	--
Parabola	0+073.586	15.000	2000.000	--	740.350000	0.000000%	0.750000%	0.014
Lineal	0+088.586	21.121	--	--	740.406250	0.750000%	--	--
Parabola	0+109.707	15.000	1000.000	--	740.564656	0.750000%	- 0.750000%	0.028
Lineal	0+124.707	21.121	--	--	740.564656	- 0.750000%	--	--
Parabola	0+145.828	15.000	2000.000	--	740.406250	- 0.750000%	0.000000%	0.014
Lineal	0+160.828	4.650	--	--	740.350000	0.000000%	--	--
Parabola	0+165.478	15.000	2000.000	--	740.350000	0.000000%	- 0.750000%	0.014
Lineal	0+180.478	50.606	--	--	740.293750	- 0.750000%	--	--
Parabola	0+231.084	15.000	1000.000	--	739.914206	- 0.750000%	0.750000%	0.028
Lineal	0+246.084	16.484	--	--	739.914206	0.750000%	--	--
Parabola	0+262.568	15.000	1000.000	--	740.037837	0.750000%	- 0.750000%	0.028
Lineal	0+277.568	21.045	--	--	740.037837	- 0.750000%	--	--

## ***ANEJO 4***

### ***Instrumental utilizado***



## ESTACIÓN TOTAL LEICA TCRA 1205+

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Precisión angular en la medición de ángulos horizontales y verticales: 5"
- Nivel circular
  - Sensibilidad: 6"
- Tornillos sin fin
- Plomada láser
  - Precisión de centrado: 1.5 mm. a 1.5 m.
  - Diámetro del punto láser: 2.5 mm. a 1.5 m.
- Compensador
  - Rango de trabajo: 4'
  - Precisión de calado: 1"
- Medición de distancia
  - Alcance:
    - Prisma circular GPR1: 3000 m.
    - Prisma 360 (GRZ4): 1500 m.
    - Mini prisma GMP101: 1200 m.
    - Mínima distancia medible: 1.5 m.
  - Precisión / tiempo de medición:
    - Modo estándar: 1 mm. + 1.5 ppm. / 2.4 s.
    - Modo rápido: 3 mm. + 1.5 ppm. / 0.8 s.
    - Modo tracking: 3 mm. + 1.5 ppm. / <0.15 s.
- Anteojo
  - Aumento: 30x
  - Apertura libre del objetivo: 40 mm.
  - Campo de visión: 1º 30'
  - Amplitud del enfoque: 1.7 m. a infinito
- Teclado y pantalla
  - Pantalla: Gráfica color, LCD ¼ VGA (320 x 240 píxeles) e iluminación, pantalla táctil.
  - Teclado: 34 teclas (12 teclas de función y 12 teclas alfanuméricas) e iluminación.
- Registro de datos
  - Memoria interna: 256 Mb.
  - Tarjeta de memoria: Tarjetas CompactFlash (256 Mb.)
  - Interfaces: RS232
- Especificaciones del entorno
  - Rango de temperatura de trabajo: -20º C a 50º C
  - Rango de temperatura de almacén: -40º C a 70º C
  - Humedad: 95%, sin condensación.



## HODÓMETRO O RUEDA DE MEDICIÓN LIGERA

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Perímetro de la rueda: 1 m.
- Alcance del contador 0 a 9999.90 m.



## CINTAS MÉTRICAS Y FLEXÓMETROS

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Cintas métricas de 10, 30 y 50 m.
- Flexómetros de 3, 5 y 8 m.



## ACCESORIOS DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO

### ✓ TRÍPODES

#### *TRÍPODE MODELO GST120-9 DE LEICA*

Trípode de madera con cierre automático de versión pesada, de cierre automático, con bandolera y tornillos de bloqueo. De gran duración, protegido contra torsión y resistente a vibraciones. Trípode robusto de empleo universal. Apto para su uso con niveles, láseres, estaciones totales y GPS. Extensible hasta 180cm., peso 6.4kg.



### ✓ JALONES

#### *JALÓN MODELO GLS-11 DE LEICA*

Bastón telescópico de reflector GLS11 Professional Series de Leica. Con nivel esférico, graduación en cm. y pies, extensible hasta 2,15m.



### ✓ PRISMAS

#### *PRISMA MODELO GPR-121 DE LEICA*

Prisma circular GPR121 Professional Series de Leica. Con portaprisma y señal de puntería. Constante del prisma 0 mm.



#### *PRISMA MODELO GMP-111-0 DE LEICA*

Miniprisma GMP111-0 Basic Series de Leica. Compatible con prisma-estándar. El juego de miniprisma incluye 4 barras de aluminio atornillables, permitiendo cinco posiciones diferentes de altura del prisma (10, 40, 70, 100, 130cm). Constante del prisma 0 mm.



## ✓ OTROS ELEMENTOS

### *ELEMENTOS DE MARCAJE*

El replanteo de los puntos y referencias que se marcan a lo largo del trabajo, se materializan con los siguientes elementos.

#### *CLAVOS*

Clavos tipo SPIT con arandela.

Clavo universal X-DNI27P8S15S.

Otros clavos de acero.



#### *ESTACAS*

Estacas para topografía en madera de pino silvestre y punta en forma de pirámide.

Diversos tamaños en centímetros, según el tipo de replanteo:

40 x 3, 5 x 3,3

60 x 3, 5 x 3,3

100 x 3, 5 x 3,3



#### *SPRAYS MARCADORES*

Botes de pintura para el marcaje de puntos.

Varios tipos de colores de pintura.



#### *OTROS ELEMENTOS DE MARCAJE*

Yeso y azulete también son utilizados para el marcaje de alineaciones.

Para la materialización de referencias y puntos también es frecuente el uso

de puntas de redondos de hierro, sobrantes de las estructuras.



### HERRAMIENTAS DE MARCAJE

Para el replanteo de los puntos y referencias que se marcan a lo largo del trabajo, se utilizan las siguientes herramientas:

- Mazas
- Macetas
- Punteros
- Tenazas
- Alambre
- Lienzas
- Cuerdas
- SERRUCHO
- Etc.



En definitiva cualquier herramienta útil para el trabajo en obra.

### EQUIPO DE RADIO TRANSMISORES

También cuenta el equipo de topografía (Topógrafo y peones) con un equipo de radio transmisores que les permite establecer comunicación entre ellos en las labores de replanteo.



### EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Además el equipo de topografía (Topógrafo y peones) cuenta con todo su Equipo de Protección Individual EPI, formado por:

- Guantes de seguridad
- Botas de seguridad
- Casco de seguridad
- chaleco reflectante
- Botas de agua

