



NAP 1-2-1.0

NORMA ADIF PLATAFORMA

METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO FERROVIARIO


2ª EDICIÓN: OCTUBRE 2024

CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
ED1+M1	ENERO 2024	Inclusión de cumplimiento de la Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero. Inclusión de nuevo apartado 5.5.2. Inclusión de ejemplos y esquemas para estaciones en líneas. Normativa derogada Normativa de referencia Eliminación del anejo 4 completo para su integración en la NAS 811 "Diseño de instalaciones de control, mando y señalización". Revisión de redacción del anejo 9	2 5.5.2 5.5.8 6 8 Anejo 4 Anejo 9
ED2	OCTUBRE 2024	Revisión integral del documento para su adaptación a los requisitos relativos a diseño del trazado ferroviario que establece la Orden TMA/135/2023.	3, 4.4 y anejo 2 y 7

EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-111. Trazado.

<p>Propone:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Grupo de trabajo GT-111 Fecha: 18 de octubre de 2024</p>	<p>Aprueba:</p> <p>Comité de Normativa Reunión de XX de XX de XXXX</p>
---	--

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

1.- OBJETO	5
2.- ÁMBITO DE APLICACIÓN	5
3.- TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	6
4.- MODELO PARA LA DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL TRAZADO	9
4.1.-MODELO DIGITAL DEL TERRENO	9
4.2.-MODELO DE LA LÍNEA FERROVIARIA	9
4.3.-DEFINICIÓN DEL EJE DE TRAZADO	10
4.3.1.-DEFINICIÓN DEL EJE DE TRAZADO EN PLANTA	10
4.3.2.-DEFINICIÓN DEL EJE DE TRAZADO EN ALZADO	10
4.3.3.-POSICIÓN DEL EJE DE TRAZADO EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL	11
4.3.4.-ESQUEMA DE EJES DE TRAZADO.....	12
4.4.-PARÁMETROS DE TRAZADO.....	13
4.4.1.-CRITERIOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS VALORES LÍMITES	13
4.4.2.-ANCHO DE VÍA.....	14
4.4.2.1.-Ancho de vía nominal	14
4.4.2.2.-Ancho de vía en curvas de radio reducido	14
4.4.2.3.-Distancia entre círculos de rodadura	15
4.4.3.-DISTANCIAS ENTRE EJES DE VÍAS. ENTREEJE	15
4.4.4.-PERALTE.....	20
4.4.4.1.-Peralte en plena vía.....	20
4.4.4.2.-Peraltes en aparatos de vía	21
4.4.4.3.-Peralte en vías de andenes.....	21
4.4.5.-ACELERACIÓN POR INSUFICIENCIA DE PERALTE	22
4.4.6.-ACELERACIÓN POR EXCESO DE PERALTE.....	25
4.4.7.-DETERMINACIÓN DEL PERALTE PRÁCTICO Y RADIO MÍNIMO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD	26
4.4.8.-VARIACIÓN DEL PERALTE RESPECTO A LA LONGITUD (RAMPA DE PERALTE).....	28
4.4.9.-VARIACIÓN DEL PERALTE EN FUNCIÓN DEL TIEMPO	28
4.4.10.- VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN POR INSUFICIENCIA DE PERALTE RESPECTO AL TIEMPO	29
4.4.11.- VARIACIÓN BRUSCA DE LA ACELERACIÓN POR INSUFICIENCIA DE PERALTE.....	31
4.4.12.- RADIO MÍNIMO DE LAS ALINEACIONES CIRCULARES	33
4.4.12.1.-Radio mínimo de las alineaciones circulares. En vía general	33
4.4.12.2.-Radio mínimo de las alineaciones circulares. En andenes	34
4.4.13.- LONGITUD MÍNIMA DE LAS CURVAS DE TRANSICIÓN Y DE LAS ALINEACIONES EN PLATA DE CURVATURA CONSTANTE.....	34
4.4.13.1.-Longitud mínima de las curvas de transición	34
4.4.13.2.-Longitud de alineaciones con peralte constante entre dos transiciones lineales de peralte	36
4.4.13.3.-Longitud mínima entre puntos de tangencia de dos cambios bruscos de insuficiencia de peralte.....	37
4.4.14.- RAMPAS MÁXIMAS Y PENDIENTES MÍNIMAS	37

4.4.14.1.-Rampas máximas	37
4.4.14.2.-Pendientes mínimas.....	40
4.4.15.- RADIO MÍNIMO Y ACELERACIÓN MÁXIMA EN ACUERDOS VERTICALES	40
4.4.16.- LONGITUD MÍNIMA DE ALINEACIONES VERTICALES	42
4.4.16.1.-Tramos de rasante constante.....	42
4.4.16.2.-Acuerdos verticales	43
5.- METODOLÓGIA PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO	44
5.1.-ESQUEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA LÍNEA.....	44
5.2.-ELEMENTOS CONDICIONANTES DEL TRAZADO	45
5.3.-DEFINICIÓN DEL TRAZADO.....	46
5.4.-ESTUDIO DE VELOCIDADES.....	47
5.5.-CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DEL TRAZADO.....	51
5.5.1.-CONSIDERACIONES GENERALES	51
5.5.2.-CONSIDERACIONES GENERALES DE CONTROL-MANDO Y SEÑALIZACIÓN	51
5.5.3.-LIMITACIONES EN EL DISEÑO DE LA RASANTE.....	52
5.5.4.-TRANSICIONES DE ENTRADA A TÚNELES	53
5.5.5.-CONEXIÓN CON TRAMOS ADYACENTES.....	53
5.5.6.-DISPOSICIÓN DE APARATOS DE VÍA	53
5.5.7.-DISPOSICIÓN DE APARATOS DE DILATACIÓN	54
5.5.8.-TRAZADO DE ESTACIONES DE LÍNEA, PAET'S Y PAT'S.....	56
5.5.9.-BIFURCACIONES EN PAET O ESTACIÓN.....	62
5.5.10.- TRAZADO EN CAMBIADORES DE ANCHO	62
5.5.11.- LIMITACIÓN DE VELOCIDAD EN VÍAS GENERALES CON ANDÉN	63
5.5.12.- TRAZADO DE VÍAS DE CARRIL ADYACENTES A ANDENES	63
6.- NORMATIVA DEROGADA	64
7.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR	64
8.- NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA	64
I. ANEJO 1. ÍNDICE TIPO DE TRAZADO.....	66
II. ANEJO 2. SECCIONES TIPO EN VÍA.....	70
III. ANEJO 3: DIFERENCIA DE COTA ENTRE CORONACIÓN DE PLATAFORMA EN LA VERTICAL DEL EJE EL TRAZADO Y LA RASANTE DE LA VÍA.....	79
IV. ANEJO 4.	87
V. ANEJO 5. ESQUEMAS DE APARTADEROS Y PUESTOS DE BANALIZACIÓN	88
VI. ANEJO 6: INSTALACIONES DE CAMBIO DE ANCHO	94
VII. ANEJO 7: COMBINACIONES DE CURVAS HORIZONTALES	104
VIII. ANEJO 8. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA RAMPA CARACTERÍSTICA	110
IX. ANEJO 9: CONFIGURACIÓN DE UNA VÍA DE APARTADO EN UNA ESTACIÓN/PAET (EJEMPLO)	115

1.-OBJETO

La presente norma tiene por objeto definir la metodología para el diseño, y establecer los valores de los parámetros de trazado, que habrán de aplicarse en las actuaciones que se realicen en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) gestionadas por Adif y Adif AV (en adelante Adif), cumpliendo con los estándares de seguridad y confort requeridos por la normativa de rango superior aplicable.

Tal y como se indica en la NAP 1-2-0.1 "Índices tipo y contenido de los proyectos de plataforma ferroviaria", así como en el resto de normas de índices tipo y contenido de las distintas tipologías de proyectos, y con carácter general, procede la inclusión del anejo de trazado en el proyecto, cuyo contenido mínimo figura en el Anejo 1 de la presente norma.

2.-ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica a las siguientes actuaciones a realizar en la RFIG:

- Líneas de nuevo diseño. Para este tipo de líneas, se considera que la velocidad de diseño no supera los 350 km/h en las líneas de ancho estándar europeo e ibérico, y 100 km/h en las líneas de ancho métrico (valor que determinan las tablas del apartado 4.4).
- Acondicionamientos.
- Renovaciones de vía.

El cumplimiento de esta norma no exime de cumplir lo indicado en:

- Las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad que sean de aplicación;
- Lo establecido en la Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, por la que se aprueban la Instrucción Ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE) y se modifican la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálibos (IFG) y la Orden FOM/2015/2016, de 30 de diciembre, por la que se aprueba el Catálogo Oficial de Señales de Circulación Ferroviaria en la Red Ferroviaria de Interés General;
- Cualquier otra legislación de rango superior.

Esta norma no es de aplicación a líneas de explotación tranviaria, así como tampoco aplica a la línea de ancho métrico Cercedilla- Cotos, dadas las características particulares de la misma, siendo preciso un estudio pormenorizado de las actuaciones que se realicen en dicha línea.

3.-TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A continuación se definen una serie de términos que aparecen reflejados en el texto de la norma:

- Actuaciones a llevar a cabo en una línea:
 - **Nuevo diseño:** aquella que cree un itinerario donde no exista ninguno actualmente.
 - **Variantes de trazado:** actuación de nueva plataforma entre dos puntos de un itinerario ya existente (se incluyen los ramales de enlace).
 - **Acondicionamiento:** se entenderá por acondicionamiento de una línea ferroviaria, cualquier obra importante que suponga una actuación en el subsistema de infraestructura recogida a continuación:
 - Actuaciones que den lugar al menos al cumplimiento de un código de tráfico adicional o a un cambio en la combinación declarada de códigos de tráfico
 - Modificación del trazado de un trayecto o parte de éste.
 - La creación de un baipás.
 - La adición de una o más vías en una línea o tramo, independientemente de la distancia entre las vías originales y las que se añaden.
 - La implantación de la vía de tres o más carriles, siempre que dé lugar al cumplimiento de un código de tráfico adicional o a un cambio en la combinación declarada de códigos de tráfico.
 - **Renovación de vía:** Se recogen en esta tipología todas aquellas actuaciones que no estén clasificadas como acondicionamientos ni como actuaciones en el marco del mantenimiento. Entraría dentro de este concepto cualquier obra importante que suponga una sustitución de un subsistema o de una parte de un subsistema que no afecten al rendimiento global del mismo. A este fin, se debe entender la obra que suponga una sustitución o el proyecto emprendido para sustituir de forma sistemática elementos de una línea o una sección de línea. Una renovación se distingue de una actuación en el marco del mantenimiento, en que da la oportunidad de conseguir un itinerario que satisfaga la ETI de infraestructura.
 - **Renovación total:** Sustitución completa de todos los componentes de la vía (carriles, traviesas, sujeciones, aparatos de vía y el balasto).
 - **Renovación parcial:** Sustitución de uno o más componentes de la vía (pero no todos) en un tramo de vía.
 - **Actuaciones en el marco del mantenimiento:** Son las operaciones de mantenimiento o que supongan la sustitución de componentes por piezas de función y prestaciones similares, con el objetivo de recuperar los parámetros de vía.
- **Ancho de vía nominal:** valor único que identifica el ancho de vía pero que puede ser diferente del ancho de vía de diseño.
- **Ancho de vía entre ejes de rodadura:** distancia entre los círculos de rodadura de las ruedas de un eje: Distancia resultante de sumar al ancho de vía nominal 65 mm, en el caso de anchos de vía ibérico y estándar europeo, y 55 mm, en el caso de ancho de vía métrico.

Apeadero: instalación ferroviaria que permite la subida y bajada de viajeros a los trenes. No dispone de vías de apartado y no requiere de mayor instalación que un andén en la vía general.

- **Distancia entre ejes de vía (entreeje):** separación entre los ejes de dos vías próximas. Para vías con idéntico peralte, el entreeje será la distancia ortogonal entre las normales a los planos de rodadura que pasan por los ejes de ambas. En el caso de vías con diferente peralte, será la distancia medida paralelamente a la vía de menor peralte, entre la normal al plano de rodadura por el eje de la vía de menor peralte y la paralela que pasa por el eje de la vía de mayor peralte. En entreejes nominales, la distancia entre ejes de vía es medida sobre el plano horizontal.
- **Entrevía:** distancia existente entre bordes activos de los carriles adyacentes de dos vías contiguas.
- **Estación:** instalación formada por un conjunto de vías y aparatos de vía para el apartado, cruce y adelantamiento de trenes delimitado por las señales de entrada.
- **Exceso de peralte:** diferencia entre el peralte aplicado y un peralte de equilibrio menor. Cuando exista exceso de peralte, el vehículo se verá sometido a una fuerza lateral no compensada en el plano de rodadura hacia el carril interior de la curva. El peralte en una vía recta da lugar a exceso de peralte, generándose una fuerza lateral hacia el hilo bajo.
- **Insuficiencia de peralte:** diferencia entre el peralte aplicado y un peralte de equilibrio mayor. Cuando exista insuficiencia de peralte, el vehículo se verá sometido a una fuerza lateral no compensada en el plano de rodadura hacia el carril exterior de la curva.
- **PAET:** puesto de adelantamiento y estacionamiento de trenes.
- **PAT:** puesto de adelantamiento de trenes.
- **Peralte:** cota a la que un carril de rodadura se eleva por encima del otro carril de rodadura en una sección transversal de la vía.
- **Peralte de equilibrio:** peralte para una velocidad determinada a la cual el vehículo presentará una fuerza resultante perpendicular al plano de rodadura.
- **Plena vía:** sección de una vía sin aparatos de vía, tanto vías generales en estaciones como fuera de ellas.
- **Rampa de peralte:** valor absoluto de la derivada del peralte con respecto a la abscisa curvilínea. En transiciones lineales de curvatura, coincide con el cociente del peralte y la longitud de la clotoide.
- **Rasante:** Pendiente en el trazado, independientemente de su signo.
- **Velocidad de la línea:** velocidad máxima para la que se ha diseñado la línea.
- **Velocidad máxima en un tramo:** velocidad que el tren no debe exceder en ese tramo de línea.
- **Vía general:** en estaciones, la sección de vías que da continuidad a vías fuera del dominio de las estaciones.
- **Vía de apartado:** vía utilizada para el estacionamiento de los trenes, maniobras, operaciones de carga y descarga de mercancías y otros servicios de la estación.
- **Vía desviada:** en el contexto de los aparatos de vía, itinerario que se desvía de la vía directa.
- **Vía directa:** en el contexto de los aparatos de vía, itinerario que mantiene la alineación general de la vía.
- **Vía mango:** también llamada culatón. Vía que acaba en topera o instalación para frenado del tren. Se emplean para maniobras, apartado de material o protección de las vías generales mediante desvíos conjugados que orienten hacia la topera al material que pudiese derivar.

Símbolo	Significado	Unidad
a_i	Aceleración por insuficiencia de peralte	m/s^2
a_v	Aceleración vertical al paso por el acuerdo en alzado	m/s^2
l	Ancho de vía	mm
l_{nom}	Ancho de vía nominal	mm
W	Coefficiente de conversión entre anchos de vía según la norma UNE-EN-13803	-
q_E	Coefficiente del peralte de equilibrio	$mm \cdot m \cdot h^2 / km^2$
e	Distancia entre círculos de rodadura	mm
E	Exceso de peralte	mm
I	Insuficiencia de peralte	mm
L	Longitud de un elemento de trazado	m
D	Peralte	mm
D_{eq}	Peralte de equilibrio	mm
R	Radio de la curva horizontal	m
R_v	Radio del acuerdo vertical	m
t	Tiempo	s
dI/dt	Variación de la insuficiencia de peralte respecto del tiempo	mm/s
dD/ds	Variación del peralte respecto a la longitud (rampa de peralte)	mm/m
dD/dt	Variación del peralte respecto del tiempo	mm/s
V	Velocidad	km/h

Tabla 1. Tabla de símbolos.

4.-MODELO PARA LA DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL TRAZADO

4.1.-MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Para la definición del trazado se requiere disponer de la correspondiente cartografía en soporte informático en 3D, que podrá haberse obtenido mediante restitución fotogramétrica, o bien, en zonas locales mediante levantamientos taquimétricos, o alternativamente con cualquier otra tecnología existente que se considere más adecuada para el trabajo, cumpliendo lo establecido en la NAP 1-2-2.0 "Cartografía y Topografía para proyectos de plataforma". Esta cartografía constituirá el modelo digital del terreno que servirá de base para la definición del trazado.

Previamente al inicio de los trazados deberán hacerse las siguientes comprobaciones en este modelo digital del terreno:

- Se contrastará la cartografía con ortofotos (si se dispone de ellas) así como en visores y aplicaciones de dominio público, y se hará una comprobación sobre el terreno, para verificar que no haya errores de representación o falten elementos de relevancia.
- Se comprobará que las tolerancias en planta y en alzado de la cartografía sean acordes con la precisión requerida.
- Se comprobará que todas las zonas con cambios abruptos de cotas estén correctamente modelizadas (bordillos, muros, edificios, líneas de aristas y crestas, etc.).

En proyectos de construcción, al utilizar cartografía obtenida mediante restitución fotogramétrica se requerirán levantamientos taquimétricos complementarios en el emplazamiento de obras singulares (estructuras y emboquilles de túneles), así como en tramos donde el trazado ferroviario atraviese zonas densamente arboladas.

4.2.-MODELO DE LA LÍNEA FERROVIARIA

Para poder definir la geometría de la línea ferroviaria se requiere la elaboración de un modelo tridimensional, que se apoya sobre el modelo digital del terreno. Esta modelización requiere una serie de simplificaciones:

- 1) Dado el predominio que en una línea ferroviaria tiene la dimensión longitudinal frente a la dimensión transversal, se adopta la simplificación de definir por separado el trazado longitudinal y el transversal. Para ello, se define un eje de trazado al que se asigna por tramos una sección transversal determinada. El eje de trazado queda ligado a la sección transversal mediante un punto característico de la misma.
- 2) Para la definición del eje de trazado, que tiene un carácter tridimensional, se hace la siguiente simplificación:
 - Estudiar el trazado del eje en planta, prescindiendo de la dimensión vertical, resultando un análisis bidimensional mucho más fácil de abordar.
 - Asignando cotas a lo largo del recorrido definido por el trazado del eje en planta resulta el trazado en alzado o perfil longitudinal.

3) Teniendo en cuenta que las pendientes del perfil longitudinal son pequeñas, la diferencia de longitud del eje de trazado frente a la que tiene su proyección en planta es muy pequeña, por lo que se adoptan las siguientes simplificaciones:

- Se asigna al eje de trazado la kilometración del eje en planta. La diferencia de longitud del eje de trazado con su proyección en planta se considera despreciable.
- Las secciones transversales se disponen en un plano vertical, y no de forma ortogonal al eje de trazado.

Estas simplificaciones llevan a representar de forma independiente el trazado en planta, el perfil longitudinal y la sección transversal. No obstante, para evitar la aparición de efectos indeseados se requiere analizar la interacción entre ellos.

4.3.-DEFINICIÓN DEL EJE DE TRAZADO

4.3.1.-Definición del eje de trazado en planta

El eje de trazado en planta se compondrá de la adecuada sucesión de las siguientes alineaciones:

- Recta.
- Curva circular. Alineación de curvatura constante
- Curva de transición de curvatura variable (lineal con su desarrollo), que enlaza una alineación recta con una curva circular, o bien dos curvas circulares de diferente radio y el mismo signo. Tiene las siguientes funciones:
 - Permitir que, en las entradas y salidas de las curvas de radio constante, la variación de la fuerza centrífuga y de la transición del peralte se produzcan de una manera gradual, segura y cómoda para el viajero.
 - Eliminar impactos bruscos y las discontinuidades en el trazado.

En los proyectos de trazados ferroviarios se utilizará como curva de transición la clotoide.

4.3.2.-Definición del eje de trazado en alzado

En el perfil longitudinal se definen las cotas de los distintos puntos kilométricos del eje de trazado, que corresponden al hilo bajo de la vía.

El perfil longitudinal se define mediante los dos siguientes tipos de rasante:

- Rasante uniforme, en la que la inclinación es constante.
- Acuerdo vertical, en el que se realiza progresivamente un cambio de inclinación mediante una parábola de segundo grado de eje vertical.

4.3.3.-Posición del eje de trazado en la sección transversal

La posición del eje de trazado en la sección transversal está condicionada por el número de vías, el ancho de vía, el entreje (en el caso de vía doble) y el peralte.

Para la definición del eje del trazado se adoptará el siguiente criterio:

- Vía única

En planta, la posición del eje de trazado coincide con el eje de vía. En alzado, la cota del eje de trazado corresponde a la cota del hilo bajo.

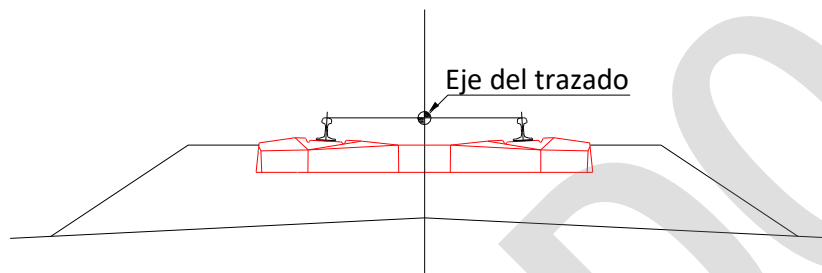


Figura 1. Vía sencilla en recta

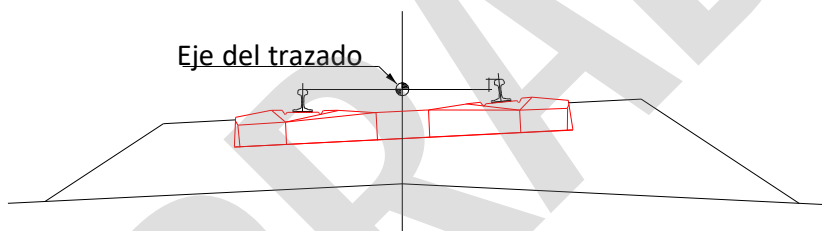


Figura 2. Vía sencilla en curva

- Vía doble

El eje que definirá el trazado será, generalmente, común para las dos vías. En planta, el eje de trazado coincidirá con el eje intermedio de las dos vías.

En alzado, la cota del eje de trazado corresponde, con carácter general, a la cota del hilo bajo de ambas vías (hay casos en los que la cota del hilo bajo de ambas vías no coincide, es el caso de algunos túneles con vía en placa).

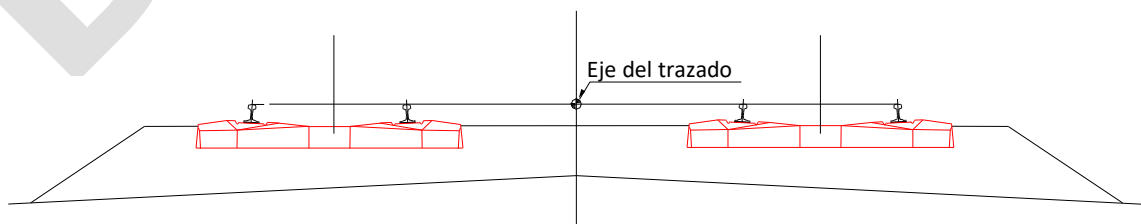


Figura 3. Vía doble en recta

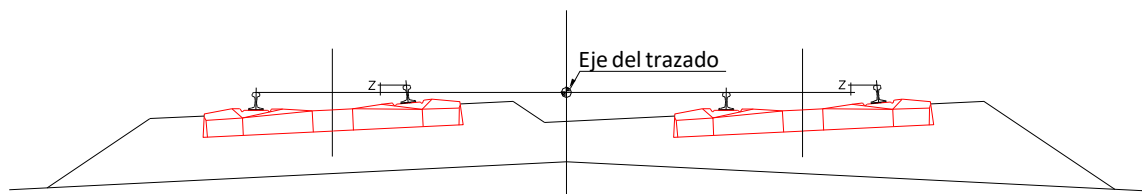


Figura 4. Vía doble en recta

- En entornos particulares donde no sea posible o conveniente definir la vía doble con un único eje (por ejemplo en estaciones, entreeje variable, rasantes de vías diferentes), se definirán los ejes de trazado de cada vía.
- Vías de apartado: En las vías de apartado de estaciones o apartaderos deberá definirse siempre el eje en planta de cada una de las vías.
- Vías multicarril: Para la definición del trazado se trabajará como si la vía fuera de ancho único, con el mayor de los anchos admitidos.

4.3.4.-Esquema de ejes de trazado

En los proyectos se incluirá un esquema de vías, en el que deberá indicarse:

- Nombre de cada uno de los ejes.
- Kilometración, indicando los puntos kilométricos inicial y final de la vía.
- Denominación de estaciones, apartaderos, puestos de banalización, bifurcaciones, etc.
- Definición de los desvíos
- Sentido preferente de circulación en cada uno de los ejes.
- Velocidades máximas de circulación a lo largo de los distintos ejes.

Este esquema deberá coordinarse con el departamento responsable de Adif de la programación de las instalaciones.

En el caso de vías que tengan origen o fin en la vía desviada de un desvío, el eje de trazado de la vía incluirá también la parte correspondiente al desvío desde la junta de contraaguja con el trazado preciso de la vía desviada (con sus tramos de clotoide, circular y recta y sus desarrollos), para que el trazado pueda ser analizado de forma integral y la kilometración del eje sea completa. En esta situación, se indicará siempre el punto kilométrico de las vías directa y desviada, tanto en la junta de contraaguja como en el piquete de vía:

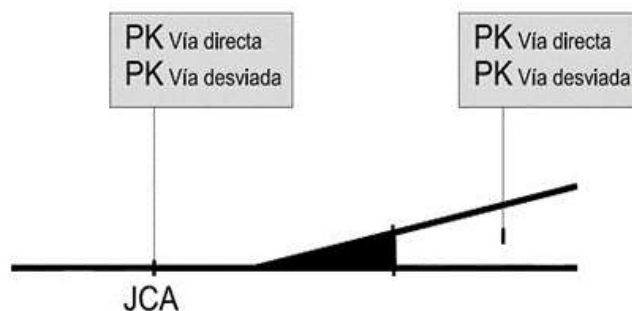


Figura 5. Esquema de desvío y kilometración de sus vías

4.4.-PARÁMETROS DE TRAZADO

4.4.1.-Criterios para la utilización de los valores límites

La presente norma establece tres umbrales para los valores de los parámetros de trazado definidos en este apartado y que son conformes al apartado 4.1.4 del libro tercero de la IFI. Se describen a continuación, así como el ámbito habitual de su empleo:

Valores límites de referencia: son los valores límite a utilizar como referencia en los proyectos de líneas nuevas y de variantes de trazado. Son valores que proporcionan gran confortabilidad a los viajeros y esfuerzos contenidos en vía y, por tanto, se deben emplear siempre que no existan condicionantes que justifiquen el uso de valores límites normales.

Valores límites normales: son los valores límite a aplicar en proyectos de líneas nuevas y variantes de trazado, previa justificación mediante informe de las razones que lo motivan y validación por el Responsable del Contrato o, en caso de no existir este, el Responsable del Proyecto.

En el resto de actuaciones que se lleven a cabo en líneas existentes, que impliquen o no modificación del trazado, sean duplicaciones de vía, rectificaciones de trazado asociadas a estas duplicaciones, introducción de tercer carril, etc., se deben considerar los límites normales que, en general, mantendrán las condiciones de confortabilidad y esfuerzos en vía en valores idénticos a los actuales, así como las velocidades máximas de explotación de la red.

Estos valores serán los valores límite a emplear en líneas en servicio, siempre que no existan condicionantes que justifiquen el uso de valores límites excepcionales.

Valores límites excepcionales: Su empleo debe corresponder a situaciones muy excepcionales y se atenderá a lo indicado en el "APÉNDICE I. LIMITACIONES Y RIESGOS ASOCIADOS A LA UTILIZACIÓN DE LOS VALORES LÍMITE EXCEPCIONALES DE LOS PARÁMETROS DE TRAZADO" de la orden TMA/135/2023.

Generalmente serán empleados para líneas en explotación en las que ya se cumplan esos valores.

Podrán ser empleados en líneas nuevas y variantes de trazado de manera excepcional previa justificación mediante informe de las razones que lo motivan, y con la aprobación expresa del Responsable del Contrato o, en caso de no existir este, el Responsable del Proyecto, previa validación por la Dirección Técnica o área designada en Adif y Adif AV para acometer tales funciones.

En actuaciones sobre líneas en explotación los parámetros existentes en cada una de las alineaciones previas a la actuación serán respetados como límite, siempre que cumplan con el límite excepcional. Para aquellas actuaciones en las que se produzca un empeoramiento del trazado con respecto a la situación existente, se requerirá informe, validación y aprobación en las condiciones establecidas en el párrafo anterior.

Los valores propuestos en esta norma para estos límites excepcionales son siempre iguales o inferiores a los límites excepcionales que establecen la norma UNE-EN 13803, IFI y ETI.

Es preciso hacer mención, para su consideración en apartados posteriores, que los valores especificados de los parámetros funcionales y técnicos relativos a los anchos estándar europeo e ibérico sólo son válidos hasta una velocidad máxima de la línea de 350 km/h y los definidos en ancho métrico sólo son válidos hasta una velocidad máxima de la línea de 100 km/h.

4.4.2.-Ancho de vía

Para el ancho de vía nominal se aplicará lo especificado en el libro tercero de la IFI, apartado 4.1.4.2.1 "Ancho de vía":

4.4.2.1.-ANCHO DE VÍA NOMINAL

Esta distancia será:

Ancho de vía	Ancho de vía nominal ℓ_{nom} (mm)
Ibérico	1.668
Estándar	1.435
Métrico	1.000

Tabla 2. Ancho de vía nominal

El ancho de vía nominal de las vías de ancho múltiple será el correspondiente al ancho de vía nominal de cada una de las vías diseñadas para ser utilizadas como vías únicas separadas.

4.4.2.2.-ANCHO DE VÍA EN CURVAS DE RADIO REDUCIDO

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, apartado 4.1.4.2.1.b Ancho de vía en curvas de radio reducido.

Para permitir una adecuada inscripción del material rodante en la curva, tanto en plena vía como en aparatos de vía, se dispone un sobreaancho. El sobreaancho, en caso de ser necesario, se aplica sobre el tramo de curva circular y se gana en el hilo interior, no afectando a la geometría del hilo exterior ni a la del eje de la vía, tal y como establece la NAV 0-2-2.1 "Geometría de la vía. Trazado de la vía en puntos singulares". Por tanto:

$$R. \text{ eje} = R. \text{ exterior} - \ell_{nom}/2 \text{ (siendo } \ell_{nom} \text{ el ancho nominal de la vía)}$$

En el caso de vías de ancho múltiple, la ganancia de sobreaancho se realizará en el hilo común con independencia de que se trate del hilo interior o exterior de la curva, y no afectará a la geometría de los hilos no comunes ni a la del eje de la vía.

Asimismo, en las curvas con sobreaancho se establecerá una transición de anchos de vía entre el tramo circular con sobreaancho y los tramos inmediatamente anterior y posterior, con independencia de que exista curva de transición y se aplicará siguiendo el criterio de ganancia en el hilo interior.

La transición se realiza sobre clotoide, si la hay, o sobre recta, si no la hubiera.

Para ancho ibérico y estándar las curvas deben tener los anchos reflejados en la siguiente tabla:

Radio (m)	Ancho de vía ℓ (mm)	
	Ancho ibérico	Ancho estándar
$R \geq 250$	1.668	1.435
$250 > R \geq 200$	1.673	1.435
$200 > R \geq 150$	1.678	1.440

Tabla 3. Ancho de vía en curvas de radio reducido.

El ancho de vía reflejado en la tabla es un valor mínimo, que podrá incrementarse hasta en 5 mm si los componentes de vía disponibles para su incremento (travesía, placa acodada, etc.) no permitieran obtener el valor exacto de la tabla.

Los aparatos de vía se regirán por los mismos criterios que la plena vía, excepto los desvíos.

En el caso de desvíos para curvas de radio equivalente de la vía desviada inferior a 250 m, el sobreebanco a aplicar tanto en ancho estándar como ibérico será de 10 mm.

Para ancho métrico las curvas deben tener los anchos reflejados en la siguiente tabla:

Radio (m)	Ancho de vía ℓ (mm)
	Ancho métrico
$R \geq 200$	1.000
$200 > R \geq 150$	1.005
$150 > R \geq 125$	1.010
$125 > R \geq 100$	1.015
$100 > R \geq 90$	1.020

Tabla 4. Ancho de vía en curvas de radio reducido. RAM

El ancho de vía reflejado en la tabla es un valor mínimo, que podrá incrementarse hasta en 5 mm si los componentes de vía disponibles para su incremento (travesía, placa acodada, etc.) no permitieran obtener el valor exacto de la tabla.

En el caso de desvíos con curvas de radio equivalente de la vía desviada inferior a 200 m, se aplicará el sobreebanco de la tabla si bien podrá ajustarse en función de las disponibilidades tecnológicas y de diseño de los aparatos.

En situaciones especiales, con trazados en los que se encuentren radios inferiores a 150 metros (ancho ibérico, ancho estándar) y 80 metros (red de ancho métrico), la disposición de sobreebanco requerirá un análisis de riesgos específico, debiendo recurrirse en estas situaciones a sistemas de referencia para evidenciar la mitigación del riesgo, de acuerdo al Reglamento de Ejecución (UE) nº 402/2013 .

4.4.2.3.-DISTANCIA ENTRE CÍRCULOS DE RODADURA

A efectos de cálculo de los distintos parámetros de trazado deberá considerarse la distancia entre círculos de rodadura (e), que se obtiene añadiendo 65 mm al ancho de vía nominal en el caso de anchos de vía estándar europeo e ibérico, de acuerdo con lo establecido en la UNE-EN 13803 y 55 mm para ancho métrico:

Ancho de vía nominal ℓ_{nom} (mm)	Distancia entre los círculos de rodadura e (mm)
1.668	1.733
1.435	1.500
1.000	1.055

Tabla 5. Distancia entre círculos de rodadura.

4.4.3.-Distancias entre ejes de vías. Entreeje

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.1.2 y N.1.4.1.2 "Distancia entre ejes de vía".

La distancia entre ejes de vía permite garantizar la seguridad de las circulaciones, especialmente en líneas de tráfico mixto, así como reducir la interferencia aerodinámica entre trenes que se crucen. Ampliar esta distancia en líneas existentes es complejo, en ocasiones resulta imposible, si no es con variantes.

En líneas nuevas es obligado dimensionarla cumpliendo todos los requerimientos de los gálibos exigibles. Se cumplirán los siguientes valores límite que son coherentes en cuanto a valores con lo indicado por la ETI Infraestructura, la IFG y la IFI:

Valores límite de Entreeje (mm). Anchos estándar e ibérico						
Velocidad			Límite de Referencia	Límite Normal	Límite Excepcional	
					Ancho estándar	Ancho ibérico
0	$< V \leq$	120	4.000	3.808	Límite (*)	
120	$< V \leq$	160	4.000	3.808	3.808	
160	$< V \leq$	200	4.000	4.000	3.808	3.920(**)
200	$< V <$	250	4.300	4.300	4.000	
250	$\leq V \leq$	300	4.700	4.300	4.300	
300	$< V \leq$	350	4.700	4.700	4.500	

Tabla 6. Valores límite de Entreeje. Ancho estándar e ibérico.

Valores límite de Entreeje (mm). Ancho métrico		
Límite de Referencia	Límite Normal	Límite Excepcional
3.500	3.500	Límite (*)

Tabla 7. Valores límite de Entreeje. Ancho métrico.

(*) Límite: valor de entreeje límite, establecido por la IFG.

(**) Se tomará el valor de 3.920 mm también como límite excepcional para la distancia entre un eje de vía de ancho ibérico y otro de ancho estándar.

Nota: determinadas actuaciones de líneas existentes no siempre requieren el cumplimiento de la IFG (ver apartado 1.2.2.).

En entreejes nominales, cuando la velocidad de diseño sea diferente en ambas vías, tendrán aplicación los valores de la tabla anterior considerándose la velocidad más alta.

No obstante, en todos los casos, será preciso la justificación del cálculo de entreeje límite según la IFG.

En líneas de altas prestaciones con tráfico mixto será preciso recurrir a valores superiores a los establecidos en la tabla y se adoptarán las medidas operacionales que sean necesarias para garantizar la seguridad de la circulación, tales como las definidas en la ETI de infraestructura en el caso de vientos laterales así como las debidas condiciones de estibaje para evitar desplazamientos de la carga.

La tabla establece valores de entreeje que permiten el empleo de escapes y bretelles normalizados en los dos anchos principales de nuestra red.

La distancia mínima entre el eje de las vías de apartado y las vías generales se definirá según los criterios de las tablas anteriores. Se profundizará en este aspecto en el apartado 5.5.8.

En apartaderos, la distancia mínima entre el punto más desfavorable del eje de la vía mango de las vías de apartado respecto del eje de la vía general más próxima (teniendo en cuenta en su caso el eje real de la vía desviada por el aparato), será el valor límite excepcional, tomando como referencia la velocidad de la vía general dado que las velocidades de las circulaciones por la vía mango, en estas situaciones, son reducidas.

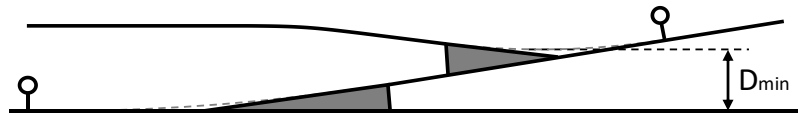


Figura 6. Distancia mínima entre eje de vía mango y vía general.

Para la ubicación del piquete de vía será preciso tomar como referencia la normativa de gálibos comprobando las distancias resultantes en cada caso definidas en la IFG y las recomendaciones vigentes.

En el caso de vías con diferente peralte será necesario comprobar que se verifica el entreje límite, definido en la IFG.

En tramos de línea con ancho de vía nominal de 1668 mm, radio mayor o igual a 250 m, y en que se presenten valores de peralte superiores a 165 mm e insuficiencia de peralte igual a 175 mm será necesario comprobar que se verifica el entreje límite, definido en la IFG. Esta comprobación se llevará a cabo igualmente, con independencia del ancho de vía nominal, en el caso de vías con el mismo peralte y radio inferior a 250 m.

En el caso de que se adopte el entreje límite y existan aparatos de vía que den acceso a otras vías, será necesario verificar adicionalmente que se cumple el gálibo en aparatos de vía de acuerdo con el apartado 3.7.1.2 de la IFG. De acuerdo con esta verificación será necesario incrementar el entreje límite.

Instalaciones intermodales de mercancías

Las terminales intermodales de mercancías están formadas, entre otros elementos, por un haz recto de vías de carga/descarga, generalmente en fondo de saco, zonas de almacenamiento de UTI (Unidades de Transporte Intermodal) y viales para carga/descarga de vehículos de carretera, ambos paralelos a estas vías, realizándose las operaciones de manipulación mediante la utilización de grúas porta-contenedores, tanto grúas pórtico, que abarcan el conjunto antes citado, como apiladores telescópicos (reach-stacker).

Estas operaciones de carga/descarga de UTI deberán realizarse con el material ferroviario estacionado e inmovilizado, por lo que en el diseño de estas vías se adoptará un entre eje de vías contiguas mínimo de 4,00 m para vías de ancho ibérico y de 4,04 m para vías de ancho mixto, de manera que se optimice el espacio utilizado para permitir el máximo aprovechamiento.

Esta distancia es la resultante de añadir al semiancho máximo de los diferentes gálibos de cargamento definidos en la IFG en su anejo 8 un pasillo de 0,70 m.

Esta situación permite el desplazamiento por este entreje para la realización de las necesarias labores operativas de toma de datos, preparación de plataformas ferroviarias para su cargue, etc. Todo ello con las composiciones ferroviarias detenidas e inmovilizadas.

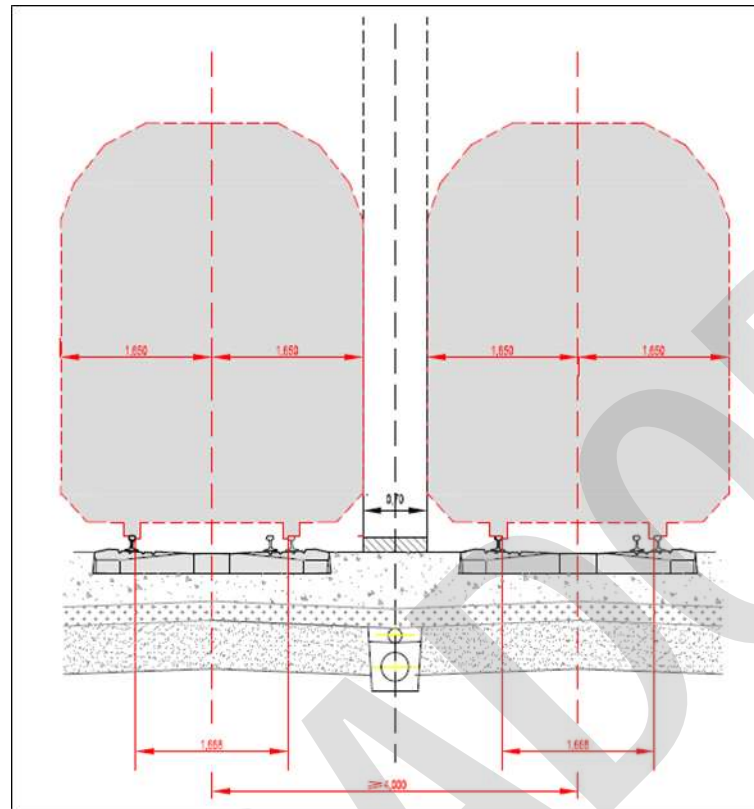


Figura 7. Entreeje mínimo de vías contiguas para vías de ancho ibérico en zonas de carga/descarga de UTIS.

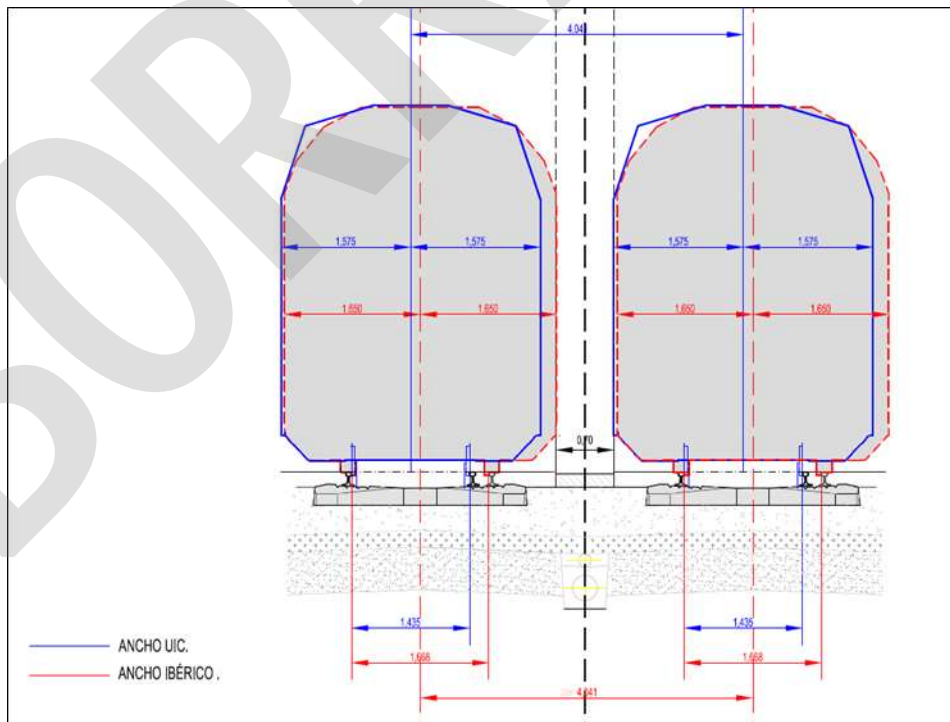


Figura 8. Entreeje mínimo de vías contiguas para vías de ancho mixto en zonas de carga/descarga de UTIS.

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

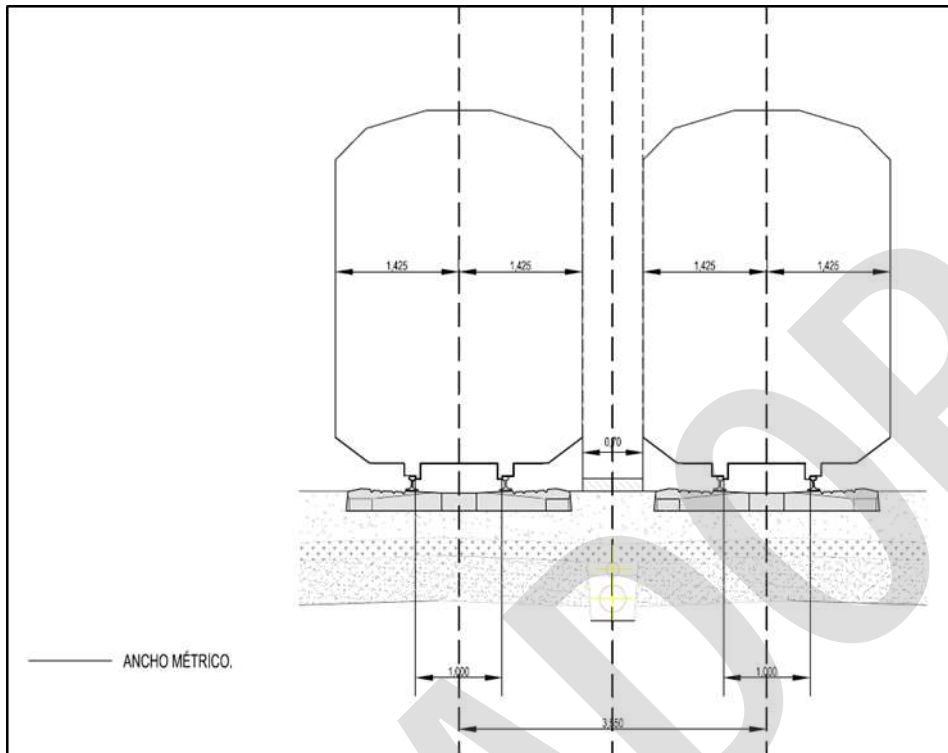


Figura 9. Entreeje mínimo de vías contiguas para vías de ancho métrico en zonas de carga/descarga de UTIS.

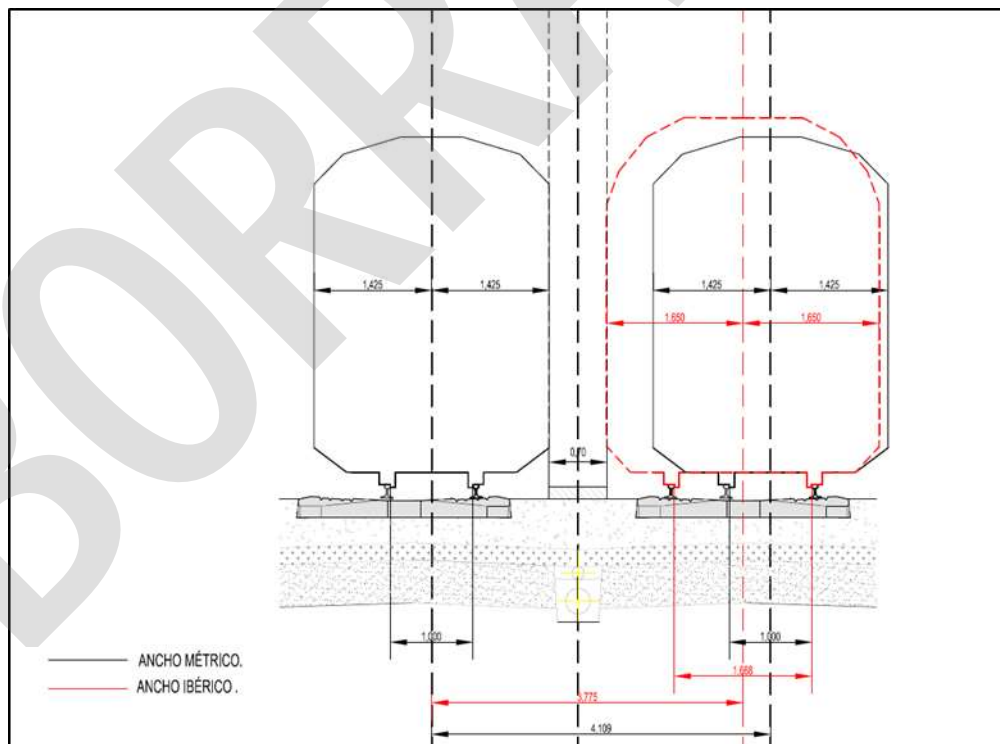


Figura 10. Entreeje mínimo en vías contiguas de anchos métrico e ibérico en zonas de carga/descarga de UTIS.

4.4.4.-Peralte

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.2 y N.1.4.2.2 "Peralte (D)".

4.4.4.1.-PERALTE EN PLENA VÍA

El peralte será siempre expresado en los proyectos en mm.

	Peralte (mm)		
	Referencia	Normal	Excepcional
Ancho ibérico	150	160	180 (1)(2)
Ancho estándar	140	160	180 (1)(2)(3)
Ancho métrico	90	110	110

Tabla 8. Valores límite de diseño del peralte para los tres anchos.

- (1) Los gálibos uniformes definidos en la IFG no son aplicables para peraltes superiores a 160 mm.
- (2) Para líneas de ancho estándar e ibérico, únicamente podrán superarse los valores normales de peralte, sin superar el valor límite excepcional, tal y como se define en el apartado 4.4.1, en líneas existentes que dispongan de un armamento de vía de altas prestaciones (vía en balasto con carril en barra larga soldada (BLS), traviesa monobloque de hormigón y balasto tipo 1 de acuerdo con la Orden FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los capítulos: 6.-Balasto y 7.-Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF), y de una plataforma con comportamiento satisfactorio a lo largo del tiempo o con capas de asiento de espesores conocidos y debidamente calculados.
- (3) Aplicable únicamente en líneas con tráfico de viajeros, en el caso de líneas con tráfico de mercancías o tráfico mixto se considera un límite de 160 mm en las vías con balasto y de 170 mm en las vías sin balasto.

El uso de los valores límite excepcionales de los peraltes indicados en la tabla, estará condicionado a un mantenimiento adecuado y a la verificación de la calidad geométrica de la vía.

En el caso de actuaciones que queden dentro del ámbito de la IFG será preciso verificar que se cumple el gálibo nominal de implantación de obstáculos, salvo en aquellos casos en que la propia Instrucción permite que se verifique el gálibo límite. Adicionalmente, en la NT-02/2023 se consideran casos particulares que no suponen un incumplimiento del gálibo uniforme y por tanto no precisan de autorización por parte de Adif o de la Autoridad Ferroviaria

De acuerdo con la ETI de infraestructura:

En alineaciones circulares con radio inferior a 320 m, el peralte máximo excepcional estará limitado al valor dado por la fórmula siguiente:

$$D \leq (R-50)/1,5 \text{ en ancho de vía nominal 1.435 mm.}$$

En alineaciones circulares con radio inferior a 250 m, el peralte máximo excepcional estará limitado al valor dado por la fórmula siguiente:

$$D \leq 0,9 \cdot (R-50) \text{ en ancho de vía nominal 1.668 mm.}$$

Siendo:

- D: peralte (mm).
- R: Radio de la alineación circular (m).

Para ancho ibérico y estándar, en renovaciones de vía se podrá exceder el peralte máximo excepcional en función del radio, siempre y cuando se demuestre el cumplimiento de los requisitos esenciales, para lo cual se podrán tomar otras medidas que permitan garantizar la seguridad como, por ejemplo, la instalación de contracarriles o un sistema de lubricación del carril.

4.4.4.2. – PERALTES EN APARATOS DE VÍA

Salvo casos excepcionales debidamente justificados, en el diseño se evitará la instalación de aparatos de vía en vías peraltadas. No se aceptarán desvíos peraltados en curvas de transición en líneas nuevas o en variantes. En el caso de alineaciones curvas circulares la instalación de este tipo de desvíos peraltados se restringirá a situaciones concretas, en cuyo caso deberá ser justificada.

En el caso de renovación de vías, se estudiará la posibilidad de modificar el trazado para evitar los desvíos en curvas. De no ser posible, se limitará el peralte de forma que se garanticen las condiciones habituales de comprobación establecidas en los protocolos de recepción y mantenimiento de los desvíos. Si es preciso, se dotará al aparato de dispositivos adicionales que mejoren las condiciones de acoplamiento y detección del cambio.

	Peralte en aparatos de vía (mm)			
	Referencia	Normal	Excepcional	
			Desvíos convergentes	Desvíos divergentes
Ancho ibérico	0	115	160	130
Ancho estándar	0	100	140	115
Ancho métrico	0	60	100	60

Tabla 9. Valores límite de diseño del peralte en aparatos de vía para los tres anchos.

4.4.4.3. – PERALTE EN VÍAS DE ANDENES

El peralte para el diseño en vías adyacentes a los andenes será lo más reducido posible y acorde con lo recogido en la tabla 10. En el caso de vías nuevas y variantes, en vías con andén donde todos los trenes de viajeros tengan prescrita parada, el peralte será nulo. Igualmente, en aquellas vías con andén donde predominen los trenes con parada u operen trenes de cercanías, no se dispondrá peralte en la zona de andén.

En caso de renovación de vías debe estudiarse el peralte existente en todas las vías con andén, especialmente si este no es nulo, y quedar expresamente reflejado en proyecto el peralte propuesto permitiéndose excepciones a que este sea nulo debidamente justificadas.

	Peralte en vías de andén (mm)		
	Referencia	Normal	Excepcional
Ancho ibérico	0	70	125
Ancho estándar	0	60	110
Ancho métrico	0	40	100

Tabla 10. Valores de peralte en vías adyacentes a andenes.

4.4.5.-Aceleración por insuficiencia de peralte

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.5 y N.1.4.2.5 "Insuficiencia de peralte (I)".

Se denomina también aceleración no compensada en plano de vía y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$a_i = \frac{v^2}{12,96 \cdot R} - g \frac{D}{e}$$

Siendo:

- a_i : Aceleración no compensada (m/s^2)
- v : Velocidad (km/h)
- R : Radio de la curva (m)
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)
- D : Peralte de la curva (mm)
- e : Distancia entre círculos de rodadura (mm)

El peralte de equilibrio es aquel para el que la aceleración no compensada sería nula:

$$D_{eq} = q_e \frac{v^2}{R}$$

Siendo:

- D_{eq} : Peralte de equilibrio (mm)
- v : Velocidad (km/h)
- R : Radio de la curva (m)
- q_e : coeficiente del peralte de equilibrio ($mm \cdot m \cdot h^2 / km^2$)

El coeficiente del peralte de equilibrio q_e es función de la distancia entre círculos de rodadura, y de acuerdo a la norma UNE-EN 13803 se dan los siguientes valores:

Ancho de vía	q_e ($mm \cdot m \cdot h^2$)
Ibérico	$W_{ib} \cdot 11,8 = 13,633$
Estándar	11,8
Métrico	$W_{ram} \cdot 11,8 = 8,299$

Tabla 11. Valores de q_e ($mm \cdot m \cdot h^2 \cdot km^2$)

La diferencia entre el peralte de equilibrio y el real se denomina insuficiencia de peralte, I (o exceso de peralte, E, si es superior) y su relación con la aceleración no compensada es:

$$a_i = g \frac{I}{e}$$

La relación matemática entre peralte e insuficiencia de peralte queda en:

$$D_{eq} = D + I = q_e \frac{v^2}{R}$$

Los valores que propone la norma son establecidos por motivos de confortabilidad de los viajeros, para impedir que la aceleración percibida no provoque su fatiga o la pérdida de equilibrio al andar en el tren, por ejemplo.

El valor más universalmente aceptado como referencia para la aceleración no compensada, que el viajero percibe según el eje horizontal transversal a la dirección de la marcha, es el de 0,65 m/s², del orden de 1/15 de la aceleración de la gravedad. Según la calidad del tren este valor puede aumentar en el plano de la vía, sin que el viajero perciba mayor incomodidad, hasta 1 m/s² en trenes denominados en España tipo A y hasta 1,2 m/s² en los del tipo B (de pendulación natural). A medida que aumenta la velocidad es conveniente reducir estos valores de aceleración transversal, para evitar la fatiga del viajero y el deterioro de la vía y el material rodante.

La norma UNE-EN 13803 y la ETI expresan los valores de referencia para este parámetro limitando la insuficiencia de peralte. Considera de forma diferenciada los trenes basculantes o pendulares y los adapta para el caso de transitar sobre las lagunas de cruzamientos de punta fija. Para los cruzamientos de puntas móviles (no se ubican en curva en España) y los aparatos de dilatación habituales en Alta Velocidad son válidos los valores propuestos en la tabla general.

En los anchos ibérico y estándar, los valores de la aceleración por insuficiencia de peralte aceptada no dependen del ancho de vía, pero sí de la velocidad, por el confort del viajero y también por reducir las necesidades de mantenimiento de la vía: es conveniente una reducción progresiva de los valores aceptados. Los valores aceptados por esta norma son (en ella expresados en mm de insuficiencia):

Aceleración por insuficiencia de peralte en plano de vía (m/s ²), ancho ibérico y estándar					
Velocidad			Referencia	Normal	Excepcional
	v ≤	230	0,65	1,00	1,00
230	< v ≤	300	0,52	0,85	1,00
300	< v ≤	350	0,39	0,52	0,65

Tabla 12. Valores de aceleración por insuficiencia de peralte (ancho ibérico y estándar).

Para líneas de ancho métrico:

Aceleración por insuficiencia de peralte (m/s ²), ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
0,65	0,85	1,00

Tabla 13. Valores de aceleración por insuficiencia de peralte (ancho métrico).

No se establecen límites por tipos de tren, pues eso concierne a las condiciones de explotación, no a las de diseño. Para los trenes pendulares se aceptan valores de aceleración en el plano de la vía mucho más elevados, hasta 1,8 m/s² en los trenes tipo D. En términos de insuficiencia, quedarían los siguientes valores:

Insuficiencia (mm). Ancho estándar. (**)					
Velocidad			Referencia	Normal	Excepcional
	$v \leq$	230	100	153(*)	153
230	$< v \leq$	300	80	130	153
300	$< v \leq$	350	60	80	100

Tabla 14. Valores de insuficiencia de peralte en ancho estándar.

(*)En caso de líneas de nuevo diseño con tráfico predominante de viajeros se podrán aplicar los valores límites normales como valores límites de referencia, para el rango de velocidades inferiores a 230 km/h.

(**)En todo caso, se comprobará para trenes de mercancías que el valor de la insuficiencia se mantiene por debajo de 130 mm.

Insuficiencia (mm). Ancho ibérico.(***)					
Velocidad			Referencia	Normal	Excepcional
	$v \leq$	230	115	175(*)	175
230	$< v \leq$	300	92	150	175
300	$< v \leq$	350	70	92	115

Tabla 15. Valores de insuficiencia de peralte en ancho ibérico.

(*)En caso de líneas de nuevo diseño con tráfico predominante de viajeros se podrán aplicar los valores límites normales como valores límites de referencia, para el rango de velocidades inferiores a 230 km/h.

(***)En todo caso, se comprobará para trenes de mercancías que el valor de la insuficiencia se mantiene por debajo de 150 mm.

Insuficiencia (mm). Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
70	92	108

Tabla 16. Valores de insuficiencia de peralte en ancho métrico.

Se admite que los trenes diseñados y homologados específicamente, de acuerdo con la normativa nacional de material rodante, para circular con mayores insuficiencias de peralte (autopropulsados con menores cargas por eje; trenes equipados con sistema de compensación de insuficiencia de peralte) puedan hacerlo en esas condiciones de diseño, conforme a lo indicado en el apartado 4.2.4.3 (2) y 6.2.4.5 de la ETI de infraestructura. En este caso los valores máximos admitidos de insuficiencia de peralte en función del tipo de tren y de acuerdo con el Real Decreto 664/2015, de 17 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria, serán los siguientes:

Tipo de tren	Máxima Insuficiencia de peralte (mm)	
	Ancho 1435 mm	Ancho 1668 mm
Tipo B	183	212
Tipo D	275	318

Tabla 17. Valores de insuficiencia de peralte en función del tipo de tren.

4.4.6.-Aceleración por exceso de peralte

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.7 y N.1.4.2.7 Exceso de peralte (E).

El desplazamiento del eje de rodadura hacia el interior implica un radio de rodadura para la rueda interior superior al de la exterior, causando un desgaste ondulatorio del carril y en general un mayor desgaste de vía. Deben estudiarse todas aquellas situaciones en las que por circular un determinado tipo de material rodante a una velocidad inferior a la de diseño, se produzcan situaciones de exceso de peralte, comprobando que se cumplen los límites establecidos en este apartado. Generalmente estas se producen por:

- Circulaciones de trenes de mercancías.
- Circulaciones de trenes de viajeros en líneas donde coexistan distintas tipologías de tráfico y de material rodante con distintas velocidades máximas (Media distancia, Cercanías).
- Circulaciones de viajeros y de mercancías que, al aproximarse a una estación o bifurcación, deben reducir velocidad por deber recorrer un itinerario por vía desviada.

Para todas estas circulaciones debe estimarse la velocidad mínima de referencia, que es un dato de partida función de las condiciones de explotación de la línea y del material rodante asociado a los tráficos actuales y previstos a futuro. Debe evitarse una sobreestimación de la velocidad mínima de referencia respecto a la real de circulación, ya que conlleva un exceso de peralte real por encima del de cálculo.

Velocidad mínima de referencia para trenes de mercancías

La velocidad deberá tener en cuenta la circulación del tren tipo más restrictiva (tren más lento de circulación habitual), y sin exceder nunca los 100 km/h para los tráficos de mercancías.

En tramos con rampas ficticias iguales o próximas a la rampa característica de la línea, es conveniente considerar una velocidad mínima inferior (80-90 km/h), para tener en cuenta las condiciones de circulación reales con pérdida de velocidad y el mayor exceso de peralte que se produce en consecuencia, en su caso corroborado por cálculos o simulaciones de marcha.

Aceleración por exceso de peralte (m/s ²)		
Referencia	Normal	Excepcional
0,59	0,65	0,78

Tabla 18. Valores límite de aceleración por exceso de peralte.

Los correspondientes límites en términos de exceso de peralte se recogen a continuación:

Exceso de peralte (mm). Ancho estándar.		
Referencia	Normal	Excepcional
90	100	120

Tabla 19. Valores límite de exceso de peralte para ancho estándar.

Exceso de peralte (mm). Ancho ibérico.		
Referencia	Normal	Excepcional
104	115	138

Tabla 20. Valores límite de exceso de peralte para ancho ibérico.

Para líneas de ancho métrico:

Aceleración por exceso de peralte (m/s ²). Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
0,55	0,65	0,74

Tabla 21. Valores límite de aceleración por exceso de peralte. Ancho métrico.

Exceso de peralte (mm). Ancho métrico.		
Referencia	Normal	Excepcional
60	70	80

Tabla 22. Valores límite de exceso de peralte para ancho métrico.

Para todos los anchos, en el caso de líneas de tráfico mayoritario de viajeros se podrán utilizar los valores límites normales como valores de referencia.

4.4.7.-Determinación del peralte práctico y radio mínimo en función de la velocidad

Con los condicionantes definidos, la decisión sobre el valor del peralte que se dará a cada curva queda definida por los siguientes aspectos:

- Tipo de línea
- Tipo de tráfico y reparto por tipos de trenes
- Predominio de un tipo sobre otros
- Perfil de la línea
- Señales con frecuente aspecto de parada o anuncio, que obliguen a baja velocidad

Además de lo anterior cabe tener en cuenta la calidad del material rodante, su peso por eje y la calidad del mantenimiento de la vía.

En líneas de tráfico homogéneo (entendido como las que tienen todos los trenes grafiados en paralelo), no hay duda a la hora de calcular el peralte, será el que proporcione la insuficiencia idónea para el tipo de tráfico y su velocidad.

En líneas de viajeros con distintos tipos de trenes, o líneas de tráfico mixto, se calculará el peralte teórico (de acuerdo con lo anterior) según la metodología descrita a continuación.

En cualquier caso, se procurará establecer un peralte de compromiso que equilibre las acciones sobre los dos hilos, de forma que su desgaste sea uniforme, atendiendo a las cargas por eje y la frecuencia absoluta de cada tipo de tren. Una regla habitual es considerar como peralte práctico dos tercios del peralte teórico para el tren más rápido, cuando el tráfico de trenes lentos es alto.

Metodología de cálculo del peralte teórico

La siguiente metodología permite determinar el peralte máximo y el radio mínimo en caso de tráfico de distinta velocidad, cumpliendo con los requisitos de insuficiencia y exceso de peralte. En caso de coexistir más de dos tipologías de tráfico, se puede repetir el cálculo iterativamente relacionando el tráfico de mayor velocidad con cada uno de los tráfico más lentos y el exceso de peralte deseado, tomando como resultado el más restrictivo (el de menor peralte y mayor radio).

Partiendo de velocidad mínima y máxima de referencia, y las correspondientes aceleraciones por exceso e insuficiencia de peralte admitidas, es posible determinar el radio mínimo teórico admisible $R_{min(teor)}$ que cumpla con ambas condiciones. Este radio mínimo teórico estaría asociado sin embargo a un valor de peralte con decimales y por tanto no realista. A partir de este peralte teórico se podrá fijar el peralte real, y a partir de este dato se podrán deducir los demás parámetros.

$$R_{min(teor)} = q_E \cdot \frac{V_{max}^2 - V_{min}^2}{I_{(lim)} + E_{(lim)}} \quad D \leq D_{(teor)} = q_E \cdot \frac{V_{max}^2}{R_{min(teor)}} - I_{(lim)}$$

$$R_{min} = q_E \cdot \frac{V_{max}^2}{D + I_{(lim)}} \geq R_{min(teor)}$$

Ejemplo de cálculo 1:

- Ancho 1.435, Alta Velocidad 300 km/h, Mercancías 80 km/h. $I_{max} = 130$ mm, $E_{max} = 90$ mm.

$$R_{min(teor)} = 11,8 \cdot \frac{300^2 - 80^2}{130 + 90} = 4.484 \text{ m}$$

$$D = 11,8 \cdot \frac{300^2}{4.484} - 130 = 106,84 \rightarrow 106 \text{ mm}$$

$$R_{min} = 4.519,14 \rightarrow 4.520 \text{ m}$$

Ejemplo de cálculo 2:

- Ancho 1.668, Alta Velocidad 250 km/h, Cercanías 160 km/h. $I_{max} = 150$ mm, $E_{max} = 0$ mm (se pretende que las Cercanías circulen sin exceso de peralte)

$$R_{min(teor)} = 13,633 \cdot \frac{250^2 - 160^2}{150 + 0} = 3.353,7 \text{ m}$$

$$D = 13,633 \cdot \frac{250^2}{3.353,7} - 150 = 104,06 \rightarrow 104 \text{ mm}$$

$$R_{min} = 3.408,25 \rightarrow 3.410 \text{ m}$$

El peralte asociado, así determinado, es el máximo admisible que permite cumplir con las condiciones de insuficiencia y exceso de peralte. En función de los tipos de tráfico y su predominancia, ciclos de mantenimiento, etc., podrán fijarse peraltes inferiores, que llevarán asociados radios mayores con igualdad de velocidad de diseño).

4.4.8.-Variación del peralte respecto a la longitud (rampa de peralte)

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.4 y N.1.4.2.4 "Variación del peralte respecto a la longitud (rampa de peralte) (dD/ds)".

$$\frac{dD}{ds} = \frac{\Delta D}{L_D}$$

Donde:

- dD/ds es la variación del peralte con respecto a la longitud (mm/m)
- ΔD es la variación del peralte (mm)
- LD es la longitud de desarrollo del peralte (m)

Para definir el parámetro relativo a la rampa de peralte, o variación del peralte con respecto a la longitud, se plantean dos tramos de velocidad, el primero será de aplicación en zonas de estación o zonas complejas, mientras que el segundo se aplicará al resto de actuaciones. Los límites de la rampa de peralte se recogen en la siguiente tabla:

Rampa de peralte (mm/m). Ancho estándar e ibérico.						
Ancho estándar				Ancho ibérico		
Velocidad	Referencia	Normal	Excepcional	Referencia	Normal	Excepcional
$V \leq 50$	1,85	2,50	3,00	2,15	2,65	3,35
$50 < V \leq 350$	1,00	2,00	2,50	1,15	2,30	2,65

Tabla 23. Valores de rampa de peralte en anchos estándar e ibérico.

Rampa de peralte (mm/m). Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
2		2,5

Tabla 24. Valores de rampa de peralte en ancho métrico.

4.4.9.-Variación del peralte en función del tiempo

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.3 y N.1.4.2.3 "Variación del peralte en función del tiempo (dD/dt)".

Se define como sigue:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{dD}{ds} \frac{ds}{dt} = \frac{\Delta D \cdot v}{3,6 \cdot L_D}$$

Donde:

- dD/dt es la variación del peralte con respecto al tiempo (mm/s)
- ΔD es la variación del peralte (mm)
- v es la velocidad (km/h)
- LD es la longitud de desarrollo del peralte (m)

La variación del peralte en función del tiempo, calculada a la velocidad máxima permitida para trenes que no estén equipados con un sistema de compensación de la insuficiencia de peralte, se limitará a los valores recogidos a continuación:

Variación del peralte en función del tiempo (mm/s).		
Ancho estándar		
Referencia	Normal	Excepcional
50	50	60

Tabla 25. Valores de variación del peralte con el tiempo dD/dt , ancho estándar.

Variación del peralte en función del tiempo (mm/s).		
Ancho ibérico		
Referencia	Normal	Excepcional
58	58	69

Tabla 26. Valores de variación del peralte con el tiempo dD/dt , ancho ibérico.

Variación del peralte en función del tiempo (mm/s).		
Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
35		45

Tabla 27. Valores de variación del peralte con el tiempo dD/dt , ancho métrico.

Se admite que los trenes diseñados y homologados específicamente, de acuerdo con la normativa nacional de material rodante, para circular con mayores insuficiencias de peralte según lo definido en el apartado 4.1.4.2.5 del libro tercero de la IFI (autopropulsados con menores cargas por eje; trenes equipados con sistema de compensación de insuficiencia de peralte) puedan hacerlo con valores de dD/dt superiores a los definidos en el cuadro 4.1.4.2.3, conforme a lo indicado en el apartado 4.2.4.3 (2) y 6.2.4.5 de la ETI de infraestructura.

4.4.10.-Variación de la aceleración por insuficiencia de peralte respecto al tiempo

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.6 y N.1.4.2.6 Variación de la Insuficiencia de peralte en función del tiempo (dI/dt).

La variación de la aceleración por insuficiencia de peralte con respecto al tiempo a lo largo de una curva de transición deberá satisfacer la siguiente ecuación:

$$\frac{da_i}{dt} = \frac{da_i}{ds} \frac{ds}{dt} = \frac{\Delta a_i}{L_k} \frac{v}{3,6}$$

Dicha variación expresada en función de la insuficiencia de peralte deberá satisfacer la siguiente ecuación:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dI}{ds} \frac{ds}{dt} = \frac{\Delta I}{L_k} \frac{v}{3,6}$$

Donde:

- dI/dt es la variación de la insuficiencia de peralte con el tiempo (mm/s)
- ΔI es la variación total de la insuficiencia de peralte (mm)
- Δa_i es la variación total de la aceleración por insuficiencia (m/s²)
- L_k es la longitud de la curva de transición (m)
- v es la velocidad (km/h)

Este parámetro determina la longitud de transición necesaria para garantizar una variación suave de la aceleración por insuficiencia de peralte.

Los límites para la variación de la aceleración por insuficiencia de peralte con respecto al tiempo se recogen en las tablas siguiente a título informativo, para el diseño deberán utilizarse los límites de insuficiencia de peralte incluidos a continuación.

Variación de la aceleración por insuficiencia con respecto al tiempo (m/s ³). Ancho ibérico y estándar					
Velocidad			Referencia	Normal	Excepcional
	$V \leq$	220	0,36	0,36	0,65
220	$< V \leq$	300	0,36	0,36	0,49
300	$< V \leq$	350	0,20	0,32	0,36

Tabla 28. Valores límite de variación de la aceleración por insuficiencia con respecto al tiempo da/dt . Ancho ibérico y estándar

Variación de la aceleración por insuficiencia con respecto al tiempo (m/s ³). Ancho métrico.		
Recomendado	Normal	Excepcional
0,36		0,65

Tabla 29. Valores límite de variación de la insuficiencia con respecto al tiempo da/dt . Ancho métrico.

O , expresada en función de la insuficiencia de peralte:

Variación de la insuficiencia con respecto al tiempo (mm/s).					
Ancho estándar.					
Velocidad			Recomendado	Normal	Excepcional
	$V \leq$	220	55	55	100
220	$< V \leq$	300	55	55	75
300	$< V \leq$	350	30	50	55

Tabla 30. Valores límite de variación de la insuficiencia con respecto al tiempo dI/dt . Ancho estándar.

Variación de la insuficiencia con respecto al tiempo (mm/s).					
Ancho ibérico.					
Velocidad			Recomendado	Normal	Excepcional
	$V \leq$	220	63	63	115
220	$< V \leq$	300	63	63	85
300	$< V \leq$	350	34	57	60

Tabla 31. Valores límite de variación de la insuficiencia con respecto al tiempo dl/dt. Ancho ibérico.

Variación de la insuficiencia con respecto al tiempo (mm/s).		
Ancho métrico.		
Recomendado	Normal	Excepcional
	40	60

Tabla 32. Valores límite de variación de la insuficiencia con respecto al tiempo dl/dt. Ancho métrico.

El valor límite excepcional, podrá ser utilizado en los tres anchos, sin necesidad de justificación expresa, en aquellos trazados de estación que no sean vías generales.

Se admite que los trenes diseñados y homologados específicamente, de acuerdo con la normativa nacional de material rodante, para circular con mayores insuficiencias de peralte según lo definido en el apartado 4.4.5 (autopropulsados con menores cargas por eje; trenes equipados con sistema de compensación de insuficiencia de peralte) puedan hacerlo con valores de dl/dt superiores a los definidos en el apartado 4.4.8, conforme a lo indicado en el apartado 4.2.4.3 (2) y 6.2.4.5 de la ETI de infraestructura.

4.4.11.-Variación brusca de la aceleración por insuficiencia de peralte

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.5.b y N.1.4.2.5.b "Insuficiencia de peralte".

En trazados en estaciones, o bien en líneas existentes de trazado antiguo sin rectificar, así como en el paso por vía desviada de los desvíos, se producen variaciones bruscas de la aceleración por insuficiencia de peralte, por la inexistencia de curva de transición o por empezar ésta en un radio de valor finito. Es precisamente el paso por vías desviadas el que debe servirnos de referencia para fijar los valores límites de este parámetro.

El paso por vía desviada es bastante más incómodo que el paso por plena vía con una geometría idéntica, pues las transferencias de rodadura entre aguja y contraaguja, y corazón y pata de liebre, generan perturbaciones adicionales en los vehículos que incrementan los valores de aceleración y su variación brusca. Los valores de este parámetro al paso por los aparatos de vía deben quedar por debajo de los límites normales para todo rango de velocidades. En consecuencia, es correcto emplear valores de radios similares a los de los aparatos de vía en los tramos entre desvíos, en los itinerarios por desviadas (vías de apartado), sin clotoides incluso.

En situaciones concretas como puede ser, debido a la conexión de dos tramos o a la necesidad de variar el entreje de vías existentes, se precisa introducir una sucesión de curva-contracurva de amplio radio, incluso a velocidades de diseño muy altas. En estos casos, puede aceptarse que no tengan curvas de transición, para no alargar estas curvas en exceso. Por esta razón, para ancho estándar, se acepta una pequeña variación brusca de la aceleración para velocidades superiores a 230 km/h.

Variación brusca de la insuficiencia (mm). Ancho estándar					
Velocidad		Referencia	Normal	Excepcional	
	$V \leq$	60	80	100	130
60	$< V \leq$	200	40	100	125
200	$< V \leq$	230	30	40	85
230	$< V \leq$	350	0	0	25

Tabla 33. Valores límite de variación brusca de la insuficiencia, ancho estándar.

En ancho ibérico, los valores excepcionales vienen fijados por el Reglamento 2019/776 que modifica la ETI de infraestructura de 2014. Estos valores se consideran válidos también para el paso por vía desviada de aparatos de vía.

Variación brusca de la insuficiencia (mm). Ancho ibérico.					
Velocidad		Referencia	Normal	Excepcional	
	$V \leq$	45	80	115	150
45	$< V \leq$	100	70	115	115
100	$< V \leq$	220	50	Variación lineal entre los límites (115-50)	Variación lineal entre los límites (115-70)
220	$< V \leq$	230	30	50	70
230	$< V \leq$	350	0	0	0

Tabla 34. Valores límite de variación brusca de la insuficiencia, ancho ibérico.

Variación brusca de la insuficiencia (mm). Ancho métrico.					
Velocidad		Referencia	Normal	Excepcional	
	$V \leq$	50	40	70	72
50	$< V \leq$	100	30	35	40

Tabla 35. Valores límite de variación brusca de la insuficiencia, ancho métrico.

Para todos los anchos, los valores límites de referencia serán los utilizados en vías generales y en el paso por vía directa en aparatos de vía, tanto en estaciones como fuera del dominio de estaciones, sin poderse adoptar valores superiores. En las demás vías que no entren en la definición anterior podrán emplearse los valores límite normales como valores límite de referencia.

4.4.12.-Radio mínimo de las alineaciones circulares

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.1.4 y N.1.4.1.4 "Radio mínimo de las alineaciones circulares (R)".

4.4.12.1.-RADIO MÍNIMO DE LAS ALINEACIONES CIRCULARES. EN VÍA GENERAL

Líneas de tráfico mayoritario de viajeros

Al proyectar las líneas de tráfico mayoritario de viajeros con circulación de trenes con velocidades homogéneas, independientemente del ancho de vía, el radio de curva mínimo de las vías será tal que, para el peralte prescrito en la curva considerada, la insuficiencia de peralte no rebase, a la velocidad máxima de trayecto, los valores indicados en el apartado 4.4.5 (aceleración por insuficiencia de peralte).

Líneas de tráfico de mercancías y tráfico mixto

Al proyectar las líneas de tráfico de mercancías y tráfico mixto, independientemente del ancho de vía, el radio de curva mínimo de las vías será tal que, a la velocidad máxima de trayecto con el peralte prescrito, los valores de insuficiencia de peralte (apartado 4.4.5) no se superan.

Además, se comprobará que, con el radio de diseño, a la velocidad mínima considerada, no se supera el exceso de peralte (apartado 4.4.6) en ningún caso.

Todas las líneas

En el caso de líneas de ancho ibérico y ancho estándar:

Radio mínimo de la curva horizontal (en m) para ancho ibérico y estándar		
Referencia	Normal	Excepcional
250	190	150

Tabla 36. Valores límite de diseño del radio mínimo de la alineación curva en planta.

Las contracurvas (que no se encuentren en estaciones de clasificación donde los vagones se separen de uno en uno) con radios comprendidos entre 150 m y 360 m, se proyectarán de acuerdo con lo indicado en el Anejo 7 (combinaciones de curvas horizontales), para impedir el encabalgamiento o bloqueo de los topes. No será necesario disponer un tramo de vía recta intermedia cuando el radio de ambas curvas sea mayor o igual a 220 m.

En el caso de líneas de ancho métrico de nuevo diseño, será conforme al apéndice N, apartado N.1.4.1.4. El radio de curvas horizontales no será inferior a:

Radio mínimo de la curva horizontal (en m) para ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
200	100	90

Tabla 37. Valores límite de diseño del radio mínimo de la alineación curva en planta. Ancho métrico.

4.4.12.2.-RADIO MÍNIMO DE LAS ALINEACIONES CIRCULARES. EN ANDENES

En el caso de líneas de ancho ibérico y ancho estándar

No será obligatorio el cumplimiento de este requisito en los andenes existentes cuando para alcanzar la conformidad se precisen alteraciones estructurales de cualquier elemento portante.

Estaciones de nuevo diseño

Las vías adyacentes a andenes serán preferiblemente rectas y no podrán tener en ningún punto un radio inferior a 500 m. En casos excepcionales debidamente justificados, podrán admitirse radios no inferiores a 300 m.

Estaciones existentes

Las vías adyacentes a andenes serán preferiblemente rectas y no podrán tener en ningún punto un radio mínimo normal inferior a 300 m y excepcional inferior a 200 m.

En andenes de líneas de ancho métrico

Estaciones de nuevo diseño

Las vías adyacentes a andenes serán preferiblemente rectas y no podrán tener en ningún punto un radio inferior a 500 m. En casos excepcionales debidamente justificados, podrán admitirse radios no inferiores a 300 m.

Estaciones existentes

Las vías adyacentes a andenes serán preferiblemente rectas. En caso de andenes en curva se aconseja un radio no inferior a 250 m.

4.4.13.-Longitud mínima de las curvas de transición y de las alineaciones en plata de curvatura constante

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.11 y N.1.4.2.11 "Longitud mínima de las curvas de transición y de las alineaciones de curvatura constante".

Esta longitud está relacionada con el tiempo que necesitan los vehículos para su estabilización. Para la sucesión de curva y contracurva sin transiciones y con radios inferiores a 220 m se tendrá en cuenta la necesidad de interponer tramos rectos de la longitud adecuada para evitar el encabalgamiento de topes. Esa longitud intermedia se calculará en función de los radios de las curvas, la longitud de los vehículos y su distancia entre pivotes de bogie.

4.4.13.1.-LONGITUD MÍNIMA DE LAS CURVAS DE TRANSICIÓN

La longitud mínima de la transición lineal del peralte deberá cumplir las dos siguientes ecuaciones:

$$L_D \geq \frac{V}{3,6} \Delta D \left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}}^{-1}$$

siendo:

- dD/ds : Variación del peralte respecto a la longitud, (mm/m).
- ΔD : Variación del peralte, (mm).
- dD/dt : Variación del peralte con respecto al tiempo, (mm/s).
- V : Velocidad máxima de trayecto, (km/h).
- LD : Longitud de la transición del peralte, (m).

La longitud mínima de la curva de transición deberá cumplir la siguiente ecuación:

$$L_K \geq \frac{V}{3,6} \Delta I \left(\frac{dI}{dt} \right)_{lim}^{-1}$$

siendo:

- ΔI : Variación de la insuficiencia de peralte, (mm).
- dI/dt : Variación de la insuficiencia de peralte con respecto al tiempo, (mm/s).
- V : Velocidad máxima de trayecto, (km/h).
- LK : Longitud de la curva de transición, (m).

Para cualquier ancho de vía, esta longitud vendrá determinada por el mayor de los siguientes valores:

- Longitud por rampa de peralte.
- Longitud por variación de peralte con el tiempo.
- Longitud por variación de la insuficiencia de peralte con el tiempo.

Se recomienda que la longitud mínima de transición sea de 20 metros, siempre que sea posible.

No obstante, cuando la longitud de la curva de transición sea tal que, al calcular las variaciones anteriores, no se cumpla con los límites establecidos en esta norma para las mismas, se podrá obviar dicha curva de transición a efectos del cálculo, calculando en su lugar la variación brusca de la insuficiencia de peralte entre los elementos de curvatura constante colaterales a dicha curva de transición.

4.4.13.2.-LONGITUD DE ALINEACIONES CON PERALTE CONSTANTE ENTRE DOS TRANSICIONES LINEALES DE PERALTE

Para el caso de alineación circular comprendida entre dos clotoides, con su peralte correspondiente, se puede aceptar excepcionalmente un desarrollo nulo, si bien es preferible respetar los valores de la siguiente tabla. Para el caso de curva y contracurva, si no es posible conseguir la longitud mínima recomendada, es preferible enlazarlas sin tramo recto entre ellas, con las clotoides correspondientes unidas en sus orígenes (curvatura nula). En este caso, la longitud de alineación de curvatura (y de peralte) constante entre transiciones de peralte sería nula.

Se establecen los siguientes valores para los anchos estándar e ibérico:

Longitud de peralte constante entre transiciones lineales de peralte (m) (2)					
Velocidad			Referencia	Normal	Excepcional
	$V \leq$	70	$V/3^{(1)}$	$V/3$	$V/10$
70	$< V \leq$	230	$V/2$	$V/3$	$V/5$
230	$< V \leq$	350	$V/1,5$	$V/2,5$	$V/3$
(1) El valor mínimo no debe ser inferior a 20 m. (2) Se recomienda la aplicación de los límites en el caso de alineaciones entre clotoides sin rampas de peralte, en vías fuera del dominio de las estaciones y en vías generales de estaciones.					

Tabla 38. Longitudes mínimas de peralte constante entre transiciones lineales de peralte. Ancho estándar e ibérico.

Longitud de peralte constante entre transiciones lineales de peralte (m). Ancho métrico.		
Referencia	Normal	Excepcional
$V/3^{(1)}$	$V/3$	$V/5$
(1) El valor mínimo no debe ser inferior a 20 m		

Tabla 39. Longitudes mínimas de peralte constante entre transiciones lineales de peralte. Ancho métrico.

Se recomienda además que la longitud mínima de tramos de peralte constante no sea inferior a 20 m, para los valores límites normales y excepcionales.

4.4.13.3.-LONGITUD MÍNIMA ENTRE PUNTOS DE TANGENCIA DE DOS CAMBIOS BRUSCOS DE INSUFICIENCIA DE PERALTE

Será conforme a lo indicado en el anejo 7 "Combinaciones de curvas horizontales".

La sucesión de cambios bruscos de curvatura es habitual en los itinerarios por vías desviadas en estaciones y su continuidad por las vías de apartado, que habitualmente no cuentan con transiciones de curvatura ni peralte. Si la distancia entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte es superior a la establecida en la tabla siguiente (válida para anchos estándar e ibérico), pueden considerarse de forma independiente cada uno de esos cambios bruscos, que habrán de cumplir los límites establecidos en el apartado correspondiente.

Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte (m). Ancho ibérico y estándar					
Velocidad			Referencia	Normal	Excepcional
	$V \leq$	70	$V/4$	$V/5$	$V/10$ ⁽¹⁾
70	$< V \leq$	100	$V/4$	$V/5$	$V/6$ ⁽²⁾
100	$< V \leq$	350	$V/3$	$V/4$	$V/5$
(1) Si $\Delta l \leq 110$ mm y $V \leq 50$ k/m, puede reducirse a $V/12,5$					
(2) Si $\Delta l \leq 100$ mm y $V \leq 90$ k/m, puede reducirse a $V/10$					

Tabla 40. Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte. Ancho ibérico y estándar.

Para ancho métrico, los valores de longitud mínima serán:

Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte (m). Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
$V/3,5$		$V/5$

Tabla 41. Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte. Ancho métrico.

En el caso de que no se cumplan los límites definidos, se aplicarán los límites de variación brusca de aceleración por insuficiencia de peralte definidos en el apartado 4.4.11 teniendo en cuenta la magnitud global de la variación de acuerdo al criterio de signos definido en el anexo 7.

El valor límite excepcional, podrá ser utilizado en los tres anchos, sin necesidad de justificación expresa, en aquellos trazados de estación que no sean vías generales.

4.4.14.-Rampas máximas y pendientes mínimas

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.1.3 y N.1.4.1.3 "Pendientes máximas".

4.4.14.1.-RAMPAS MÁXIMAS

En curvas con radio reducido se deberá limitar el valor de la rampa característica. Para el cálculo de la rampa característica se seguirá lo establecido en el Anejo 8.

Líneas de nuevo diseño

Las rampas máximas admisibles se recogen en el siguiente cuadro:

Tipo de vías		Rampa máxima de diseño (milésimas)		
		Referencia	Normal	Excepcional
<ul style="list-style-type: none"> - Plena vía o Vías fuera del dominio de las estaciones - Vías generales de estaciones sin andén 	Tráfico exclusivo de viajeros	25	30 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾⁽²⁾
	Tráfico mixto y de mercancías ⁽³⁾	12,5	15 ⁽⁴⁾	18 (F1) ⁽⁵⁾ 20 (F2-F3) ⁽⁵⁾
<ul style="list-style-type: none"> - Vías con andén destinadas a subida/bajada de viajeros, cuando se enganchen o desenganchen coches de viajeros de forma habitual - Vías de apartado destinadas a estacionamiento prolongado de material rodante - Vías de apartado de P.A.E.T. 		2	2,5	Nota (6)
Vías de maniobra protegidas con mangos de seguridad no destinadas al estacionamiento de trenes		5		(7)
<ul style="list-style-type: none"> - Vías con andén destinadas a subida/bajada de viajeros, sin previsión de estacionamientos prolongados ni enganche y desenganche de vehículos. - Vías de apartado de P.A.T. - Vías destinadas exclusivamente a regulación de la circulación (cruces, adelantamientos). 		10		Misma rampa admitida en plena vía para el tramo en el que se ubica la instalación ⁽⁸⁾

Tabla 4.2. Rampas máximas en líneas de nuevo diseño. Anchos estándar e ibérico.

- (1) En caso de adoptar rampas superiores a las 25 milésimas, el proyecto de trazado se deberá coordinar con el área de programación de instalaciones de Adif para evitar que en el proyecto de señalización se instalen señales que establezcan puntos de parada en la rampa. En líneas P1, la rampa del perfil medio móvil en 10 km deberá ser inferior o igual a 25 milésimas (250 m de diferencia de cota entre dos puntos cualesquiera del perfil longitudinal de la línea separados 10 km).
- (2) Se permitirá de forma puntual, en ámbito urbano o con condicionantes de trazado restrictivos que necesiten mayores rampas, siempre que se trate de longitudes inferiores a las establecidas en la ETI. Se deberá justificar la afección a la futura explotación de la línea teniendo en cuenta el tipo de trenes que se prevé circulen por la misma, en coordinación con las áreas responsables de Circulación.
- (3) En vías con tráfico de mercancías con sentido de circulación predeterminado y con rasante descendente, podrán admitirse pendientes superiores a las indicadas en la tabla siempre que se elabore un estudio de frenado que demuestre la viabilidad de la solución.
- (4) Cuando los condicionantes de trazado (orográficos o de otra índole) no permitan adoptar una rampa de 12,5 mm/m, siempre y cuando se realice un estudio justificativo de que las pendientes, en la longitud propuesta, en la hipótesis más desfavorable de los tráficos de mercancías previsibles en la línea, no suponen perjuicios significativos para la explotación de la línea.

- (5) F1-F2-F3 son códigos de tráfico establecidos en las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad vigentes del subsistema infraestructura. Se podrán emplear rampas superiores a las 15 milésimas con la autorización expresa de las áreas responsables de Circulación y de Planificación Funcional de Adif, así como la Autoridad Ferroviaria, en los supuestos descritos en la "Resolución de la Secretaría de Estado de Planificación e Infraestructuras, sobre criterios de diseño de líneas ferroviarias para el fomento de la interoperabilidad y del tráfico de mercancías".
- (6) En vías destinadas al estacionamiento de trenes, sin andenes, pueden adoptarse pendientes superiores siempre que se establezcan las disposiciones concretas que impidan el desplazamiento del material rodante.
- (7) Valor a determinar en fase de diseño condicionada a la capacidad de tracción de los medios de maniobra a utilizar.
- (8) En vías de este tipo destinadas a circulaciones de mercancías deben emplearse rampas inferiores a la característica, para evitar arranques en rampa en condiciones restrictivas, que pueden constituir un perjuicio significativo para la explotación y la capacidad de la línea.

Para el caso de líneas de nuevo diseño de ancho métrico, las rampas máximas se recogen en la siguiente tabla:

Tipo de vías		Rampa máxima de diseño (milésimas)		
		Referencia	Normal	Excepcional
Plena vía Vías generales	Tráfico exclusivo de viajeros	20	25	30
	Tráfico mixto y de mercancías	12,5	15	15
Resto de vías		Mismos valores y criterios de ancho estándar e ibérico		

Tabla 43. Rampas máximas en líneas de nuevo diseño para ancho métrico.

Actuaciones en líneas existentes

En el caso de actuaciones en vía general en líneas existentes con tráfico de mercancías, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Para el diseño de variantes locales se procurará evitar que la rampa característica del nuevo trazado proyectado supere el valor de la rampa característica existente en el corredor en que se integra esta variante local. En la medida de lo posible, se utilizarán los parámetros antes indicados para líneas nuevas, previo análisis de la viabilidad de la aplicación de estos parámetros en la totalidad del corredor.
- Si se concluyera la inviabilidad del diseño con estos parámetros, deberán analizarse las repercusiones que tendría un aumento de las pendientes, teniendo en cuenta las características del límite de tracción y frenado del material rodante, establecidas en la normativa nacional de material rodante. En ese caso, la Autoridad Ferroviaria deberá autorizar la correspondiente excepción motivada.

En el caso de implantación de nuevos apeaderos en líneas existentes, el valor de la rampa del apeadero podrá coincidir con el de la línea, sin que haya una limitación específica de la pendiente máxima.

4.4.14.2.-PENDIENTES MÍNIMAS

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en los apartados 4.1.4.1.3.b "Pendientes mínimas" y 4.1.4.9 "Seguridad en los túneles ferroviarios".

Independientemente del ancho de vía de la línea, la pendiente mínima longitudinal en túneles será de 5mm/m.

En tramos de desmonte, se deberá adoptar una pendiente mínima de la rasante que sea compatible con garantizar un drenaje por gravedad.

4.4.15.-Radio mínimo y aceleración máxima en acuerdos verticales

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en su apartado 4.1.4.1.5 y N.1.4.1.5 "Radio mínimo de los acuerdos verticales (Rv)".

El radio del acuerdo vertical deberá cumplir con unos valores que limitan la aceleración vertical en el paso por estas alineaciones, mediante la expresión:

$$R_v = \frac{1}{12,96 \cdot a_v} \cdot V^2$$

Donde:

- R_v es el radio del acuerdo (m), que respetará los valores mínimos de la tabla 25
- V es la velocidad (km/h)
- a_v es la aceleración vertical (m/s²)

Además de este criterio dinámico, los valores de radio vertical deben cumplir con unos límites absolutos de implantación independientes de la velocidad.

Se debe trabajar en el rango de referencia de los parámetros, siendo el uso normal para condicionantes de tipo ambiental, urbano, líneas existentes, etc.

El radio mínimo de acuerdo con estas limitaciones queda definido mediante la tabla siguiente para ancho ibérico y estándar:

	Radio mínimo en acuerdos verticales (m)			
	Referencia	Normal	Excepcional	
			Convexos	Cóncavos
	min. 2.000 m		min. 500 m	min. 900 m
V < 220 km/h	0,35 · V ²	0,25 · V ²	0,15 · V ²	0,13 · V ²
V ≥ 220 km/h		0,175 · V ²		

Tabla 44. Radio mínimo en acuerdos verticales, ancho ibérico y estándar.

A título informativo, las fórmulas de la tabla anterior corresponden aproximadamente a las siguientes aceleraciones verticales:

Aceleración vertical máxima en acuerdos verticales (m/s^2)				
	Referencia	Normal	Excepcional	
			Convexos	Cóncavos
$V < 220 \text{ km/h}$	0,22	0,31	0,51	0,59
$V \geq 220 \text{ km/h}$		0,44		

Tabla 45. Aceleración en acuerdos verticales, ancho ibérico y estándar.

En acuerdos convexos, aceleraciones verticales por encima de $0,44 \text{ m/s}^2$ ($R < 0,175 \cdot V^2$) no podrán coincidir con aceleraciones laterales sin compensar superiores a $0,65 \text{ m/s}^2$ (100 mm y 115 mm de insuficiencia de peralte para ancho estándar e ibérico respectivamente), siendo además recomendable que no coincidan con alineaciones circulares en planta.

Para ancho métrico se dan los siguientes valores:

Radio mínimo en acuerdos verticales (m), ancho métrico			
Referencia	Normal	Excepcional	
		Convexos	Cóncavos
min. 2.000 m		min. 500 m	min. 900 m
$0,35 \cdot V^2$	$0,25 \cdot V^2$	$0,22 \cdot V^2$	$0,19 \cdot V^2$

Tabla 46. Radio mínimo en acuerdos verticales, ancho métrico.

A título informativo, las fórmulas de la tabla anterior corresponden aproximadamente a las siguientes aceleraciones verticales:

Aceleración vertical máxima en acuerdos verticales (m/s^2)			
Referencia	Normal	Excepcional	
		Convexos	Cóncavos
0,22	0,3	0,35	0,40

Tabla 47. Aceleración en acuerdos verticales, ancho métrico.

Los aparatos de vía se podrán ubicar en acuerdos verticales de los radios indicados en la tabla siguiente. En líneas nuevas se evitará esta solución, siempre que sea viable, como se propone en el apartado siguiente. Del mismo modo, en renovaciones de vía, se procurará mejorar la ubicación de los desvíos en alzado, siempre que sea posible.

	Radios mínimos para ubicación de aparatos de vía (m)		
	Referencia	Normal	Excepcional
Acuerdos convexos	∞	5.000	2.000
Acuerdos cóncavos	∞	3.000	2.000

Tabla 48. Radio mínimo en acuerdos verticales con aparatos de vía.

4.4.16.-Longitud mínima de alineaciones verticales

Será conforme a lo indicado en el libro tercero de la IFI, en el apartado 4.1.4.2.12 y N.1.4.2.12 "Longitud mínima de las alineaciones verticales, (L_v)".

4.4.16.1.-TRAMOS DE RASANTE CONSTANTE

Para ancho de vía estándar y ancho ibérico, la longitud mínima para tramos de rasante constante deberá cumplir con los valores de la siguiente tabla.

Longitud mínima de alineaciones con rasante constante (m)					
Velocidad máxima de trayecto (km/h)		Referencia	Normal	Excepcional	
	$V \leq 70$	$V/3^{(1)}$	$V/3$	$V/10$	
70	$< V \leq 230$	$V/2$	$V/3$	$V/5$	
230	$< V \leq 350$	$V/1,5$	$V/2,5$	$V/3$	
(1) El valor mínimo no debe ser inferior a 20 m					

Tabla 49. Longitudes mínimas de alineaciones con rasante constante.

Para ancho métrico, se establecen los valores siguientes.

Longitud mínima de alineaciones con rasante constante (m)		
Referencia	Normal	Excepcional
$V/2^{(1)}$	$V/3$	$V/5$
(1) El valor mínimo no debe ser inferior a 20 m		

Tabla 50. Longitudes mínimas de alineaciones con rasante constante. Ancho métrico.

Según las características dinámicas de los acuerdos verticales que conectan con el tramo de rasante constante, se dan además las siguientes condiciones.

- Los valores excepcionales se podrán emplear sin justificación expresa si la alineación se encuentra entre dos acuerdos verticales que cumplen con la aceleración vertical de referencia.
- Los valores normales se podrán emplear sin justificación expresa si la alineación se encuentra entre dos acuerdos verticales que cumplen con el límite normal de la aceleración vertical.
- En tramos de rasante constante que conecten con al menos un acuerdo vertical con aceleraciones verticales superiores al límite normal, la longitud mínima deberá ser la de referencia, sin admitirse valores inferiores.

Se recomienda además que la longitud mínima de tramos de rasante constante no sea inferior a 20 m, para los valores límites normales y excepcionales.

4.4.16.2.-ACUERDOS VERTICALES

Para los acuerdos verticales, su longitud depende del radio del acuerdo y de la variación de la rasante medida en radianes:

$$L_v = R_v \cdot \theta$$

siendo:

L_v : Longitud del acuerdo vertical, (m).

R_v : Radio del acuerdo vertical, (m).

θ : Variación de la rasante en radianes, (rad).

La longitud mínima de los acuerdos verticales, además de ser la que permita cumplir con el radio mínimo basado en los criterios del apartado anterior, deberá respetar estos valores mínimos absolutos de diseño:

Longitud mínima de los acuerdos verticales (m)		
Vías fuera del dominio de las estaciones (valor límite de referencia, normal y excepcional)	20	
Vías generales de estaciones (valor límite de referencia y normal)	20	
Vías de apartado de estaciones y vías generales (casos excepcionales)	$V \leq 70$ km/h	0
	$70 < V \leq 160$ km/h	10
	$V > 160$ km/h	20

Tabla 51. Longitud mínima de los acuerdos verticales.

Se puede prescindir del acuerdo vertical si la variación de la rasante es inferior a 2mm/m, para velocidades inferiores a 230 km/h y de 1 mm/m para velocidades superiores.

5.-METODOLÓGIA PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO

La presente metodología aplicará a todas aquellas actuaciones que requieran un diseño de trazado, tanto en líneas nuevas como en actuaciones sobre líneas existentes.

Se justificará claramente en el objeto del proyecto si se trata de una línea de nuevo diseño, una renovación de vía o una actuación sobre trazado existente, sin variantes de trazado significativas.

5.1.-ESQUEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA LÍNEA

Previamente al estudio del trazado es necesario saber cuál será el esquema de explotación. En el caso de actuaciones sobre líneas existentes será preciso conocer el esquema de explotación actual y si se va a modificar, especialmente en el caso de duplicaciones o incrementos de velocidad. También es preciso estudiar la posibilidad de reducir vías sin uso, para evitar su mantenimiento y la formación de óxido sobre sus carriles.

Partiendo de un análisis de la demanda prevista se deberá determinar la configuración de la línea que se quiere proyectar:

- Tipo de tráfico para el que debe proyectarse la línea: exclusiva de viajeros (alta velocidad o cercanías), tráfico mixto, etc. En el caso de actuar sobre la línea existente deberán conocerse los tráfico actuales o si se prevé incremento del número de circulaciones.
- Velocidades de circulación:
 - Velocidad mínima admisible de la línea.
 - Velocidad máxima de la línea.
- Configuración de vías generales:
 - Tramos con vía doble o con vía única.
 - Tramos con vía multicarril.
- Análisis particular de la posición del tercer hilo teniendo en cuenta los condicionantes de cada caso, como pueden ser:
 - Configuración de aparatos de vía.
 - Zonas de paso: túnel, paso superior u otras zonas con restricciones de gálibo.
 - Paso en vías con andenes.
- Ancho de vía y ubicación de cambiadores de ancho, en su caso.
- Entreeje en vía general, y reducciones de entreeje en accesos a ciudades y en vías existentes.
- En el caso de líneas con tráfico de mercancías, rampa característica admisible y, actual para las vías existentes.
- Tipo de vía: placa o en balasto. Deberá consultarse con el Responsable del Proyecto si existe algún estudio previo de la globalidad de la línea, donde se analice la idoneidad de disponer o no vía en placa. En caso de ser recomendable su disposición en alguna parte del tramo en proyecto (túnel, viaducto...) o en su totalidad, se tendrán en cuenta todas las consideraciones y recomendaciones técnicas y normativa que al respecto señale el citado estudio previo.

- Configuración de estaciones, actual y futura:
 - Ubicación: nueva estación o aprovechamiento de estación existente.
 - Acceso ferroviario: acceso directo con paso de vías generales por la estación, o acceso a estación mediante ramales desde vías generales en bypass.
 - Tipo de tráfico: tráfico pasantes, tráfico que rotan en la estación, o ambos.
 - Configuración de vías y andenes: número de vías y andenes, longitud útil de las vías de estacionamiento, vías en topera o vías pasantes. Racionalización de estaciones existentes, eliminando vías inútiles y corrigiendo la posición de desvíos en curva peraltada, si es posible. En estaciones que combinen tráfico pasantes con tráfico que rotan en la estación será conveniente disponer las vías pasantes por el exterior, dejando las interiores para hacer las rotaciones.
 - En función del volumen de tráfico que soporte la estación, será conveniente adoptar configuraciones que compatibilicen entradas y salidas simultáneas de trenes.
- Configuración de apartaderos:
 - Se determinará su ubicación idónea en función del tráfico previsto, teniendo en cuenta que los apartaderos no deberán estar separados de forma equidistante en distancia, sino acordes a los tiempos mínimos previstos de sucesión de trenes.
 - Se establecerá la longitud útil que deberán tener las vías de apartado, que estará condicionada por el tipo de trenes previsto.
 - Se establecerá la velocidad por vía desviada que deberán tener los desvíos de las vías de apartado.
- Configuración de puestos de banalización: se determinará la ubicación y tipología de los escapes.
- Configuración de vías en bifurcaciones: análisis de la conveniencia de realizar cruces a nivel o a distinto nivel, en función del tráfico previsto y de la velocidad de circulación. Estudio de la velocidad por desviada en los desvíos de la bifurcación.
- Configuración de vías en cambiadores de ancho.
- Sistema de electrificación, y ubicación de subestaciones y zonas neutras.
- Sistema de señalización, entendiéndose como tal, a efectos de esta norma, el subsistema Control, Mando y Señalización.
- Previsión de puesta en servicio de la línea por fases. Se establecerá la secuencia de fases para la puesta en servicio completa de la línea.

Todos estos elementos deberán tenerse en cuenta desde el inicio de la planificación de la línea, tanto futura como existente, aunque en algunos casos pueda haber ajustes posteriores durante la redacción de los proyectos.

5.2.-ELEMENTOS CONDICIONANTES DEL TRAZADO

Previamente a realizar los primeros encajes de trazado será necesario elaborar un plano de condicionantes a lo largo del corredor, en el que se representarán sobre una base cartográfica:

- Edificaciones y viales.
- Espacios naturales protegidos y zonas con sensibilidad medioambiental alta.
- Vías pecuarias.
- Bienes de interés cultural.

- Yacimientos arqueológicos.
- Zonificación del planeamiento urbanístico.
- Zonificación de ámbitos ferroviario y urbanístico de operaciones de integración.
- Cauces principales, dibujando la línea de cauce ordinario y la correspondiente a la avenida de período de retorno de 500 años.
- Zonas con problemas geológico-geotécnicos.
- Concesiones mineras.
- Principales servicios existentes.
- Estaciones existentes.
- Derivaciones particulares a empresas con acceso ferroviario.
- Conexiones con puertos.
- Otros elementos destacados que puedan condicionar el trazado.

5.3.-DEFINICIÓN DEL TRAZADO

Tomando como referencia el objetivo de tiempo de viaje se establecerá la velocidad máxima de la línea.

En algunos tramos no se podrá circular a esta velocidad máxima (por ejemplo, en los accesos a las estaciones o zonas con otros elementos condicionantes del trazado), por lo que la línea se podrá tramificar en sectores con velocidades máximas de trayecto inferiores.

Sobre la base del plano de elementos condicionantes del trazado se definirá primero el eje del trazado en planta.

El radio mínimo que deben tener las alineaciones circulares se determina a partir de la velocidad máxima de trayecto, considerando los valores límite del peralte y la aceleración por insuficiencia de peralte. Siempre que no suponga un aumento de coste significativo es aconsejable trazar con radios superiores a ese valor mínimo, manteniendo el parámetro de la clotoide. En el caso de actuar sobre una línea existente, el radio mínimo deberá ser el radio existente.

En aquellos tramos de trazado nuevos o casos de variantes de trazado, donde sea preciso recurrir a radios estrictos (por ejemplo, por orografía), se buscará homogeneizar esos radios para evitar cambios significativos de velocidad.

Para cada curva, a partir del radio, la velocidad máxima de trayecto y el peralte se establece una longitud de transición, debiendo cumplirse los valores límites establecidos para los siguientes parámetros:

- Variación del peralte en función del tiempo.
- Variación del peralte respecto a la longitud (rampa de peralte).
- Variación de la aceleración por insuficiencia de peralte en función del tiempo.

Si la longitud de transición actual no cumpliera con lo señalado en el apartado 4.4.14 se:

- Estudiará rectificar el trazado comprobando que el retranqueo necesario es posible realizarlo en la plataforma existente.
- Justificará el incumplimiento por condicionantes físicos, si no hubiese espacio disponible.

Una vez encajado el eje en planta se define el perfil longitudinal, debiendo cumplirse, en líneas de nuevo trazado con los valores límite establecidos para las pendientes, aceleración en los acuerdos verticales y longitud mínima de las alineaciones verticales.

Se tomará como referencia la hoja de 2 km disponible, en líneas existentes, que deberá ser actualizada con una toma de datos topográfica y con los datos de coche auscultador geométrico.

Se comprobará los valores límite de la rampa característica actual, así como la aceleración en los acuerdos verticales y longitud mínima de las alineaciones verticales.

Asignando al eje la correspondiente sección transversal, existente o mejorada, podrá dibujarse en planta toda la franja de ocupación de la línea.

Con el trazado obtenido es necesario verificar que salva los distintos elementos representados en el plano de condicionantes. Además, se debe comprobar que la compensación de tierras es adecuada y que se minimizan las obras singulares (túneles, viaductos, muros, etc.), así como la correspondiente comprobación de gálibos según la normativa IFG.

Tras el primer encaje del trazado comienza un proceso iterativo de ajuste del trazado en planta y en alzado para optimizar la solución.

5.4. – ESTUDIO DE VELOCIDADES

Deberá realizarse un estudio de velocidades para comprobar si el tiempo de viaje resultante se ajusta al objetivo previsto, garantizar que la sucesión de alineaciones en planta resulte equilibrada, analizar adecuadamente el efecto de las rampas sobre la velocidad y las cargas máximas a transportar y minimizar el consumo de energía durante la explotación de la línea.

Aunque la línea en construcción se dividida en tramos, el estudio de velocidades deberá realizarse de forma global entre estaciones contiguas.

Cuando esté previsto poner en servicio la línea por fases, se hará el diagrama de velocidades tanto para la situación final como para las fases intermedias. Ejemplos: puesta en servicio de la línea hasta un punto intermedio conectando de forma provisional con una línea existente, puesta en servicio de la línea con un sistema de electrificación o de señalización diferente del que tendrá en el futuro, etc.

El proceso de elaboración del gráfico de velocidades será el que establece el procedimiento en vigor.

Los pasos serán los siguientes:

- 1) Establecimiento de itinerarios para el establecimiento de velocidades.

Se establecerán los itinerarios por vía general, así como por vía desviada en aquellos casos en los que tenga incidencia la velocidad de circulación (ejemplo: bifurcaciones, vías de apartado en apartaderos, etc.).

Para cada itinerario se establecerá una doble kilometración, una desde el origen y a ser posible coherente con la kilometración general de la línea, y la otra relativa a cada uno de los tramos en los que se divide la actuación.

En los itinerarios a estudiar se marcará la posición de estaciones, bifurcaciones, agujas, apeaderos, apeaderos-cargaderos, cargaderos, cambiadores de ancho, puestos de banalización, fronteras, instalaciones de mantenimiento de material rodante o de logística de mercancías, bocas de túneles, cambios de tensión, viaductos y puentes.

2) Elaboración del Cuadro de Velocidades Máximas (CVM).

El CVM se elaborará según lo establecido en el RCF, como sucesión de velocidades máximas que se determinarán en función de las limitaciones que impongan los parámetros de trazado y condicionantes adicionales de infraestructura, señalización, catenaria o cualesquiera otros (ambientales, etc).

Se comprobará que en las alineaciones circulares no se supere el valor límite de la aceleración por exceso de peralte para la velocidad mínima considerada para los trenes lentos. En caso contrario, deberá corregirse el peralte, y volver a comprobar los valores anteriores.

Sólo podrán considerarse valores límites excepcionales en situaciones puntuales debidamente justificadas.

En líneas de nuevo diseño se tendrán en cuenta limitaciones de velocidad por motivos ajenos al trazado, como pueden ser:

- Paso por cambiadores de ancho.
- Posición de las señales, en el caso en que se conozcan.
- Limitaciones de velocidad por sección aerodinámica en túneles.
- Limitaciones de velocidad por aparatos de vía.
- Paso por vías junto a andén.
- Catenaria rígida con limitación de velocidad.

Puesto que una línea de nueva construcción debería estar en servicio muchos años, en la elaboración del diagrama de velocidades para el horizonte final no deberán considerarse limitaciones de velocidad u otros condicionantes que previsiblemente puedan ser subsanables en el futuro.

En trazados nuevos que enlacen con una línea existente deberían tenerse en cuenta además otras limitaciones de velocidad por condiciones de explotación de dicha línea, como pueden ser:

- Por falta de cerramiento de la línea.
- Por presencia de pasos a nivel.
- Por presencia de puentes metálicos.

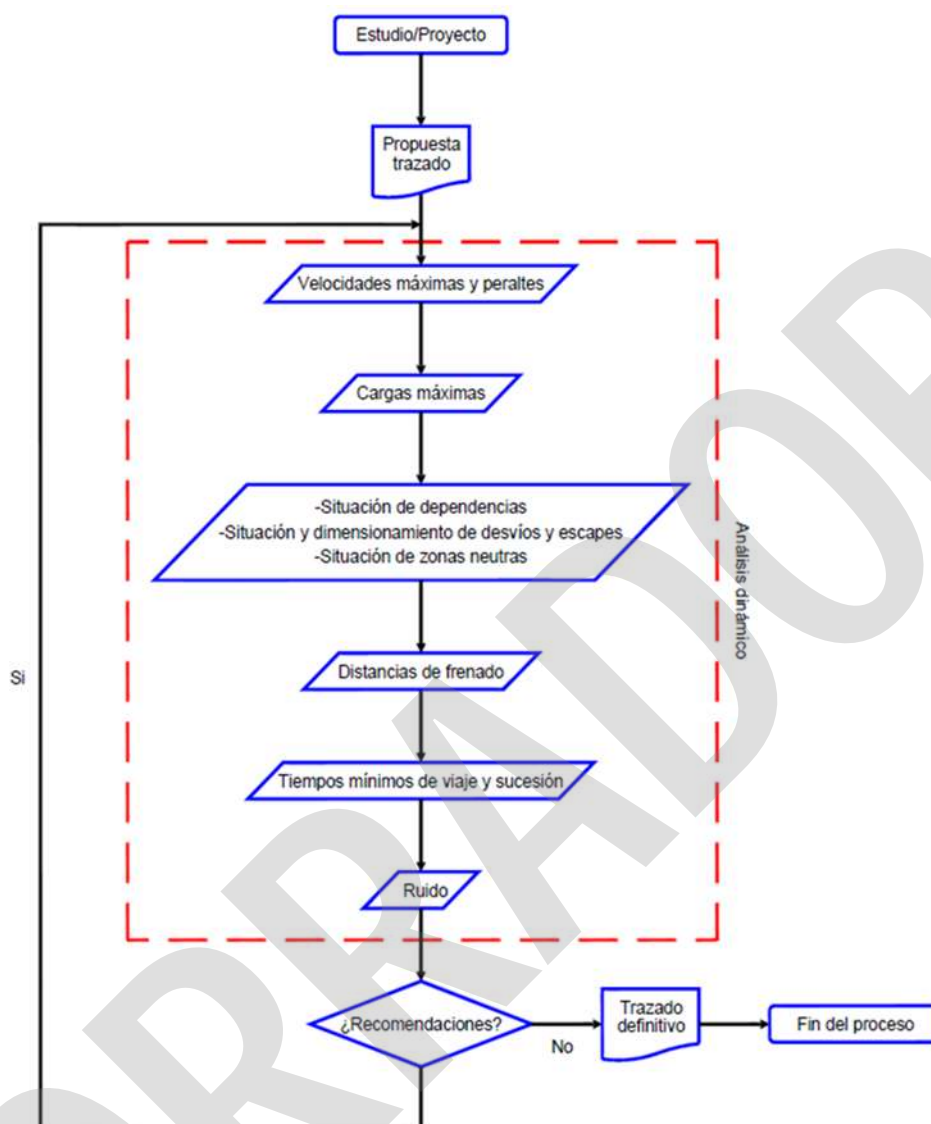


Figura 11. Optimización de un trazado mediante análisis dinámico.

3) Elaboración del diagrama de velocidades de trenes rápidos

Se llevará a cabo el estudio de velocidades realizando simulaciones con el tren más representativo, según las condiciones previstas de explotación de la línea. Para la modelización de cada tren se tendrán en cuenta las características de tracción, las resistencias al avance y la deceleración media en función de la velocidad máxima del tramo.

Partiendo del cuadro de velocidades máximas, se simulará el paso del tren considerando las rampas y pendientes correspondientes al perfil longitudinal de la línea.

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- En todas las curvas se considerará el perfil ficticio.
- El diagrama de velocidades se elaborará para ambos sentidos de circulación.
- Se tendrá en cuenta la longitud de los trenes.

- En líneas electrificadas se considerarán las zonas neutras.
- Se tendrán en cuenta las zonas de transición entre sistemas de señalización.
- Cuando esté previsto poner en servicio la línea por fases, se hará el diagrama de velocidades tanto para la situación final como para las fases intermedias. Ejemplos: puesta en servicio de la línea hasta un punto intermedio conectando de forma provisional con una línea existente, puesta en servicio de la línea con un sistema de electrificación o de señalización diferente del que tendrá en el futuro.
- Se realizará un estudio de distancias de frenado conforme a la normativa en vigor, que influirá en el diseño del trazado en el mismo proceso iterativo que el resto de los análisis dinámicos propuestos, y que será supervisado por el departamento de Adif pertinente.
- Se tendrá en cuenta la normativa en vigor referente a cambios significativos de velocidad.

El tiempo total estimado para el trayecto será el tiempo de recorrido resultante del diagrama de velocidades, al que habrá que añadir los tiempos de parada en estaciones intermedias y los márgenes de explotación que se aplicarán según la Ficha UIC 451-1. Además, en el caso de vía única, será necesario añadir el tiempo de las paradas necesarias para el cruce de trenes de acuerdo con la malla teórica.

Además, es preciso tener en cuenta que las velocidades máximas servirán para establecer los tiempos mínimos de sucesión de trenes que, a su vez, determinarán la suficiencia de los cantones físicos o virtuales dependiendo del sistema de protección del tren a instalar.

Los tiempos comerciales serán la suma de los de recorrido más los márgenes de regularidad, que se aplicarán de acuerdo a lo establecido en la Ficha UIC-451-1.

Este tiempo total estimado deberá contrastarse con el tiempo objetivo que se había establecido previamente.

4) Elaboración del diagrama de velocidades de trenes lentos

En el caso de líneas con diferencia significativa de velocidad entre los trenes rápidos y los trenes lentos, especialmente líneas de tráfico mixto, podrá elaborarse un diagrama de velocidades para los trenes lentos más representativos, que permitirá realizar las siguientes comprobaciones:

- Comprobación de que no se superan los límites de aceleración por exceso de peralte.
- Comprobación de que, en líneas electrificadas, las zonas neutras se encuentren situadas en pendiente y que permita, en caso de detención en el tramo sin tensión y tener que retroceder en deriva, poder pasar la totalidad del tren por la zona neutra a una velocidad mínima, efectuando la puesta en marcha en un tramo ausente de estructuras, agujas o cualquier otro elemento de la línea que pudiera verse afectado por el esfuerzo en el arranque.

5) Ajuste de trazado o de las condiciones de explotación de la línea

Analizando la simulación de la marcha del tren pueden localizarse cuáles de los tramos con limitación de velocidad son los que condicionan en mayor medida la marcha. Se estudiará la posibilidad de disminuir las limitaciones de velocidad de estos tramos, modificando el trazado (alineaciones en planta, en alzado o los peraltes) o los condicionantes ajenos al trazado (ubicación de las zonas neutras, tipología de los aparatos de vía, etc.).

Una vez hechas estas modificaciones, se reinicia el proceso.

5.5.-CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DEL TRAZADO

5.5.1.-Consideraciones generales

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el caso en que la velocidad sea constante a lo largo de una alineación circular, será recomendable que las clotoides de entrada y salida sean simétricas.
- En el caso de vía doble en la que se produzcan cambios en el entreeje, será recomendable que la variación del entreeje se haga coincidir con una alineación en clotoide.
- Los códigos de tráfico serán los establecidos en el apartado 4.2 de la ETI de Infraestructura.

5.5.2.-Consideraciones generales de Control-Mando y Señalización

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones tanto en el diseño de nuevas líneas y estaciones como en el diseño de modificaciones importantes de la infraestructura:

- Se seguirán los criterios fijados en la NAS 811 "Diseño de instalaciones de control, mando y señalización" en cuanto al cálculo de la longitud útil de estacionamiento, apartado 6.8 de la NAS 811, y al anejo 2 que recoge los esquemas de ubicación de señales.
- La ubicación de balizas ERTMS en vía está condicionada por los radios verticales y horizontales del trazado. Para trazados con acuerdos verticales con radios inferiores a 2000 m combinados con radios de curvas horizontales inferiores a 300 m, se presentan problemas para la correcta lectura de las balizas ERTMS, siendo preciso atender a las restricciones fijadas en el apdo. 5.6.5 del Subset 036 V3.1.0). Estos aspectos deberán ser consultados con el responsable de control, mando y señalización designado para la coordinación del proyecto.
- Para proteger la vía general de la invasión de un tren debido al rebase indebido de la señal de una vía de apartado conectada (en su confluencia) con la vía general por la que podría estar circulando un tren directo, se recomienda establecer las medidas fijadas en el apartado B.2 de la RT 5/2023 de la AESF.

Las medidas descritas anteriormente y que afectan al diseño del trazado son las siguientes:

- Disponer mangos de seguridad.
- Aumentar la distancia de deslizamiento tras la señal de salida de las vías de apartado en su confluencia con la vía general.

En el caso de que no sea posible alcanzar estas distancias o disponer de mangos de seguridad por la configuración de la estación y sus condicionantes externos, se procurará que la distancia de deslizamiento sea la mayor posible compatible con respetar la funcionalidad de la estación y la longitud útil de estacionamiento requerida en la vía afectada.

- En aquellos casos, en los que la ruta de deslizamiento por el rebase indebido de una señal invada otras rutas establecidas distintas al paso por vía general de un tren directo, entre las que se encuentran:
 - Confluencia de vía de apartado con otra vía de apartado.
 - Confluencia de vía a topera con una vía de apartado.
 - Confluencia de vía a topera con otra vía a topera.
 - Confluencia de vías a topera en una estación término.

- Confluencia de vías en las que por consigna se establezca parada obligatoria de todos los trenes.
- Vías interiores en instalaciones de servicio (ordenación, estacionamiento, servicio, etc.) en las que los trenes de viajeros circulan siempre en vacío, únicamente ocupados por trabajadores de la EEFF, así como trenes de mercancías.
- Tren entrando a vía desviada de estación.

Solo será preciso establecer las medidas fijadas en el apartado B.2 de la RT 5/2023 respecto a proteger la ruta establecida, si en el punto de la invasión puede estar circulando un tren con velocidad superior a 30 km/h. Para estos últimos casos, podría analizarse el riesgo de rebase indebido como alternativa a las medidas del apartado B.2.

En el caso de que no sea posible alcanzar estas distancias de deslizamiento o disponer de mangos de seguridad por la configuración de la estación y sus condicionantes externos, se procurará que la distancia de deslizamiento sea la mayor posible compatible con respetar la funcionalidad de la estación y la longitud útil de estacionamiento requerida en la vía afectada.

- Se seguirán los criterios fijados en la NAG 0-8-5.0 "Distancia de frenado y señales" en cuanto al cálculo de las distancias de frenado necesarias para realizar el diseño y/o implantación de la señalización, y en concreto, a lo que marca la norma para protección frente a un rebase indebido.

5.5.3.-Limitaciones en el diseño de la rasante

Con carácter general, en el diseño de la rasante, se procurará evitar las alturas superiores a 25-30 metros en terraplenes, a 30-35 metros en desmontes y 10-12 metros en estribos de viaductos. En el caso de viaductos comprendidos entre dos trincheras es deseable que la altura del estribo sea nula, es decir que el estribo se ubique en la trinchera. También es deseable, especialmente si el viaducto precisa de aparato de dilatación la construcción de un pórtico-estribo, que sustituya (cuando sea posible) a la cuña de transición (se menciona esta solución en el apartado de aparatos dilatación).

En el caso en que esté previsto disponer vía en placa se procurará evitar alturas de terraplén superiores a 8-10 metros supeditado al estudio previo de la globalidad de la línea para la implantación de la vía en placa, y con las medidas necesarias para garantizar la estabilidad del terreno.

Se comprobará que la rasante proyectada cumple lo establecido al respecto en la NAP 1-2-0.3 "Climatología, hidrología y drenaje".

En la medida de lo posible, y para evitar otras actuaciones que pueden resultar costosas, se evitará que la rasante dentro de túneles tenga puntos altos, ya que puede favorecer la acumulación de gases en dichas zonas, y puntos bajos en los que no haya posibilidad de desagüe del túnel por gravedad.

La pendiente mínima en tramos en desmonte será aquella que garantice un drenaje por gravedad, se recomienda un valor no inferior a 5 mm/m para el drenaje longitudinal.

En aquellos casos en los que sea preciso empeorar la rampa característica en actuaciones sobre líneas existentes, será necesario un informe justificativo y validación por parte del área responsable de la planificación de la red.

5.5.4.-Transiciones de entrada a túneles

Se incluirá un estudio de detalle que defina la geometría en la transición entre la sección transversal fuera y dentro del túnel (pendiente transversal de la plataforma, pasillos laterales de evacuación del túnel, canalizaciones de instalaciones y sistema de drenaje en el interior del mismo).

5.5.5.-Conexión con tramos adyacentes

Cuando la construcción de la línea se divida en varios tramos, se comprobará la correcta conexión con los tramos adyacentes al del proyecto, no sólo en cuanto a las características geométricas en el eje en planta y alzado, sino también comprobando la totalidad de la sección transversal en los perfiles de los PPKK de inicio y final (taludes, cunetas, caminos, espesor de capa de forma) y en cuanto al cierre de coordenadas de las bases de replanteo a uno y otro lado de la conexión.

Deberán aportarse actas firmadas de conexión entre tramos donde se verifique todo lo anterior así como hojas final y primera de ambos perfiles geotécnicos.

Finalmente deberán verificarse los datos referentes a la expropiación de bienes y derechos, en especial la codificación y características de las parcelas en ambos extremos de los tramos.

5.5.6.-Disposición de aparatos de vía

Deberán respetarse las siguientes limitaciones para la ubicación de aparatos de vía en un proyecto de trazado.

Trazado en alzado

En líneas de nuevo diseño, se dispondrá el aparato de vía en rasante con pendiente uniforme. En situaciones excepcionales en el caso de nuevas líneas y en las existentes, puede admitirse su montaje en acuerdos verticales, quedando condicionado a aprobación por el Responsable del Proyecto, en función de si se trata de un acuerdo cóncavo o convexo, del tipo de aparato, de la posición relativa del aparato en el acuerdo y del radio de este, así como la velocidad de paso por directa en ese punto.

Trazado en planta

En líneas de nuevo diseño, se dispondrá el aparato de vía en una alineación recta. Salvo en situaciones excepcionales, debidamente justificadas, deberá evitarse la colocación de desvíos en curva. En este caso se debe prescindir del peralte en la curva, o limitarlo de forma que se mantengan las condiciones de seguridad y fiabilidad del desvío.

La colocación de un desvío en curva puede hacerse de alguna de las dos formas siguientes:

- Ejecutando un curvado del cruzamiento y redefiniendo los puntos de sujeción de las placas de un desvío previamente diseñado para su montaje en recta.
- Dando continuidad a una alineación curva con el trazado de la vía desviada, de modo que sea posible disponer una bifurcación tangente exterior por medio de la vía directa. Esto es posible para los siguientes radios (del catálogo de desvíos empleados por ADIF):
 - Sin curva de transición intermedia: 250 m, 318 m, 500 m, 760 m y 1.500 m.
 - Con curva de transición intermedia: 3.000 m, 10.000 m y 17.000 m.

Otros aspectos a tener en cuenta para el montaje de desvíos:

- Cuando se apliquen soluciones no normalizadas de trazado, como el montaje de desvíos de distinto radio en configuración de falso escape, deberá solicitarse a la dirección del proyecto un plano del aparato en el que pueda identificarse tanto el trazado a lo largo del mismo como su zona de afección a fin de garantizar el encaje de los desvíos, condicionada por aspectos como la longitud de las traviesas del talón.
- Distancias entre desvíos. A la hora de colocar un desvío a continuación de otro, deberán respetarse los siguientes requisitos:
 - Debe evitarse, salvo casos justificados técnicamente, la disposición de aparatos con soldaduras a tope, dado que esta situación puede forzar a sustituir componentes de los aparatos cuando sea preciso la renovación de la soldadura. Es deseable un cupón mínimo intermedio de 6 metros.
 - Deberá tenerse en cuenta la discontinuidad en la insuficiencia de peralte, así como la suma de las limitaciones por discontinuidad en la insuficiencia de peralte en los casos en que se disponga un tramo recto intermedio entre los desvíos, debiendo cumplirse la longitud mínima exigida en el apartado 4.4.13.
- Cuando se requiera el montaje de aparatos de vía en el interior de túneles, se deberá considerar el gálibo necesario para la ubicación de los accionamientos y evitar la inundación de los motores mediante las obras de drenaje necesarias.
- Debe evitarse el montaje de desvíos en el tablero de puentes. En caso de ser inevitable su ubicación en la estructura será preciso justificación con un estudio específico.
- El montaje de aparatos en zonas donde se produzca una variación de la rigidez del terreno, como puede ser el caso de las cuñas de transición a la entrada de viaductos, requiere un estudio específico. Las transiciones entre vía en placa y vía en balasto incluyen elementos de vía incompatibles con el montaje de aparatos.

Montaje de travесías y bretelles

No está permitido el diseño de trazados que impliquen la instalación de nuevas travесías con unión en vía general, salvo que no penalicen en exceso la velocidad al paso por vía directa.

El montaje de travесías sin unión en curva puede suponer una limitación de velocidad. No es recomendable el montaje de bretelles en curva.

5.5.7.-Disposición de aparatos de dilatación

Deberán respetarse las siguientes limitaciones para la ubicación de aparatos de dilatación en viaductos hiperestáticos de longitud dilatante superior a 100 metros:

Trazado en planta

En el diseño de líneas nuevas y variantes, se dispondrán los extremos libres de los viaductos hiperestáticos en alineación recta, transición o curva superior a 2.000 m de radio. Para líneas existentes, o en casos excepcionales de nueva construcción, se deberá adaptar el aparato en caso de estar ubicado en radios inferiores, especialmente las partes deslizantes y los elementos de arriostamiento de travесías.

Trazado en alzado

Se dispondrá el aparato de dilatación en rasante con pendiente uniforme, en el diseño de líneas nuevas y variantes, como en el trazado en planta. Dado que su ubicación no permite mucha holgura en líneas existentes o ya construidas, puede admitirse su montaje en acuerdos verticales, quedando condicionado a aprobación por el director del proyecto.

Otros aspectos a tener en cuenta para su montaje

En el montaje de este tipo de aparatos es preciso tener en cuenta que se instalan en juntas móviles de estructuras que van a tener movimientos apreciables. Por esto, es preciso considerar lo siguiente:

- **Distancia mínima con otros aparatos de dilatación:** En determinadas soluciones, pueden disponerse de manera consecutiva, bien sobre un vano inerte, como en el viaducto sobre el Ginel (se emplea como solución si la carrera es pequeña), según la terminología francesa, o sobre un estribo común o apenas separados. En estos casos, lo esencial es garantizar la inmovilidad del cupón de carril del tramo entre aparatos, mediante elementos de sujeción adecuados.

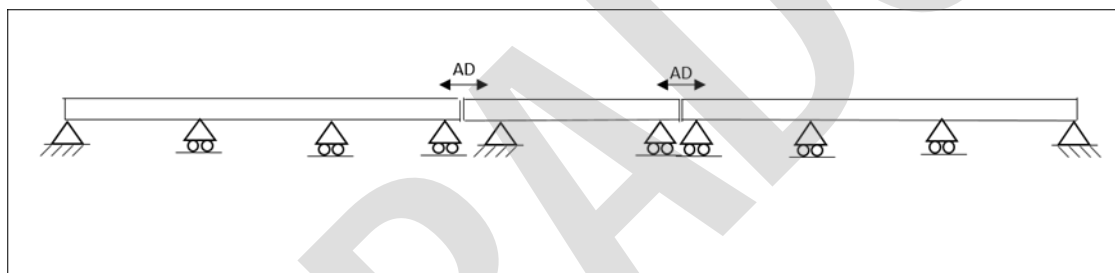


Figura 12. Aparatos de dilatación sobre vano inerte.

- Es deseable que el aparato de dilatación esté dispuesto sobre un tramo de hormigón, bien como parte de los estribos habitualmente empleados o en la solución no implantada en la red española de pórtico-estribo, que evita los problemas frecuentes asociados a los estribos cerrados y las cuñas de transición (asientos importantes, entrada de agua, expansividad, etc.), además de evitar el cambio de rigidez de la plataforma.

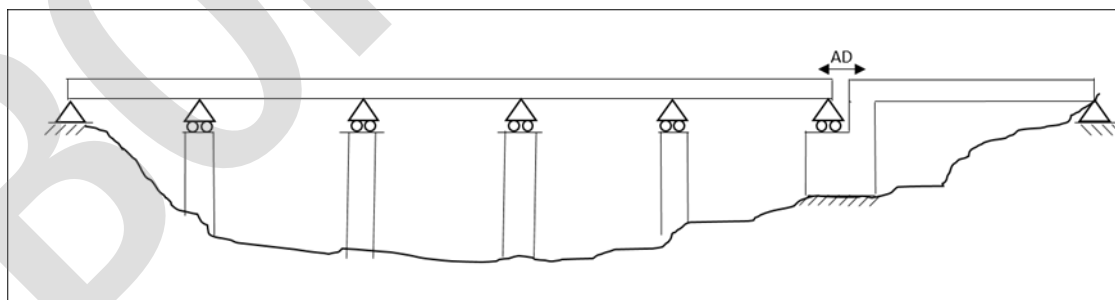


Figura 13. Estribo-Pórtico en viaductos y disposición del aparato de dilatación sobre la junta.

- **Distancia mínima con otros aparatos de vía distintos de los aparatos de dilatación:** 150 m. En caso de ser necesaria una distancia inferior podría recurrirse a sujeciones que proporcionen una mayor fuerza de apriete sobre el carril en el tramo intermedio, para impedir que la respiración de la barra larga afecte a la comprobación del cambio.

5.5.8.-Trazado de estaciones de línea, PAET's y PAT's

A lo largo de una línea ferroviaria pueden disponerse instalaciones de diferente tipo con vías de apartado:

- A. Estaciones de línea. Se disponen vías de apartado con andén para permitir la subida y bajada de viajeros, si bien también pueden contar con andén las vías generales. Deben permitir el acceso de un tren a todas (o casi) las vías de apartado, por lo que deberán contar con doble escape en las cabeceras, si se trata de una línea de vía doble. Uno de esos escapes tendrá función principal de banalización (mayor velocidad por desviada) y será el más alejado de las vías de apartado.

A modo de ejemplo, para las estaciones de línea pueden darse, entre otras, las configuraciones siguientes:

A.1. Estación con vías generales en el centro sin andén.

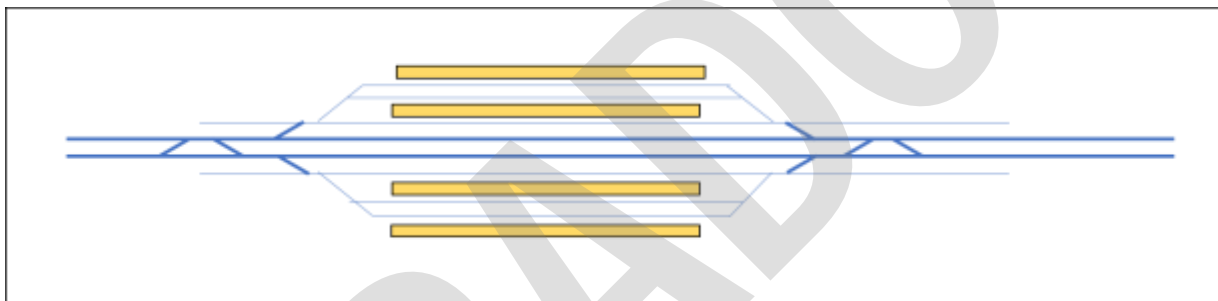


Figura 14. Estación con vías generales en el centro sin andén.

Este caso se emplea cuando hay trenes con paso directo y velocidades elevadas. Responde a la configuración de PAET ampliado, si hay más de dos vías de apartado. Es el caso de la mayor parte de las estaciones intermedias de las LAV, tales como Cuenca, Requena, Antequera o Calatayud, por citar algunas. También es la solución de estación más extendida en la red convencional. No tienen por qué ser simétricas en cuanto a la distribución de vías a cada lado de las generales.

A.2. Estación con vías generales por el exterior sin andén.

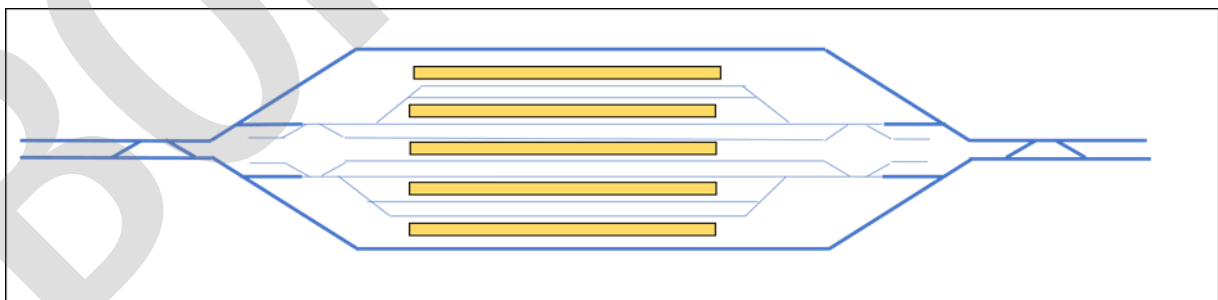


Figura 15. Estación con vías generales por el exterior sin andén.

A.3. Estación con vías generales con andén.

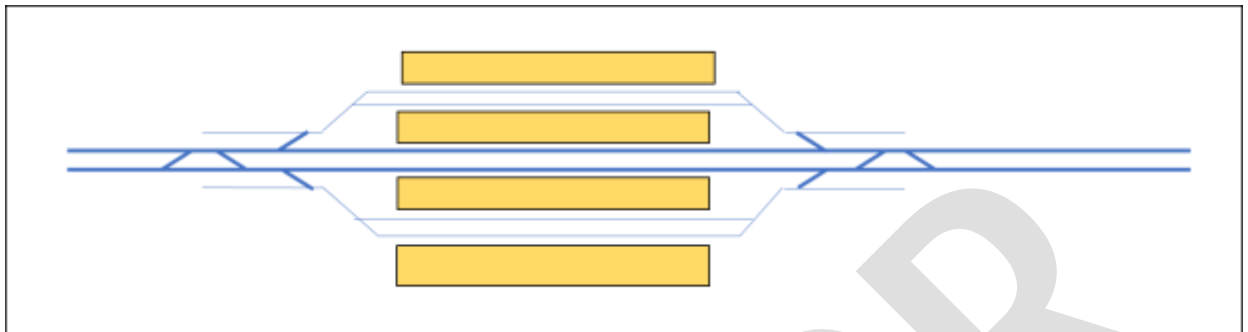


Figura 16. Estación con vías generales con andén

- B. PAET. Puesto de Adelantamiento y Estacionamiento de Trenes. Tienen como función poder apartar composiciones ferroviarias por diversas causas (necesidades de operación, incidencia, etc.), pero sin uso comercial para subida y bajada de viajeros, y que, en determinadas condiciones, pueden permitir su estacionamiento. No es necesario el doble escape en cabecera, es suficiente un escape por cabecera, principalmente con la función de banalización.
- C. PAT: Puesto de Adelantamiento de Trenes. La función es poder apartar un tren para permitir el paso de otro, en cualquier sentido. En este caso, ni el maquinista ni ninguna persona podrán apearse del tren y este se mantendrá en funcionamiento con el freno en funcionamiento normal. A diferencia de las anteriores no permite el estacionamiento de trenes. Su función es la de mejorar la capacidad de las líneas y es habitual su nueva construcción (o ampliación de vía de apartado) en líneas existentes de vía única para permitir el cruce o adelantamiento de trenes de mercancías de 750 metros.

Las estaciones de línea y apartaderos se deben proyectar en recta (o curva de radio lo más amplio posible, no inferior al especificado en el apartado 4.4.15).

La configuración de la infraestructura y la operación de estas instalaciones ferroviarias es similar, teniendo siempre como objetivo el ahorro de tiempo en la operación comercial (menor tiempo de viaje, rápida liberación de vía general, etc.).

El principio que se ha de seguir en la definición del trazado es que las condiciones de velocidad y confort que se den a lo largo de la vía de apartado cumplan lo expuesto en este documento y sean similares a las que se dan en el aparato de vía que da acceso a la vía de apartado.

Para definir la velocidad que debe permitir el desvío que comunica la general con la vía de apartado hay que tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Velocidad por la general: Si se trata de una vía con velocidad superior a 200 km/h, el desvío será de punta móvil, aptos para 160, 100 u 80 km/h. En el resto de líneas pueden emplearse desvíos de punta fija, con velocidades de paso de 100, 80, 60, 50, 45 e incluso 30 km/h.
- En vías de apartado con velocidad menor o igual a 100 km/h (desvíos sin clotoide), serán de aplicación los criterios recogidos en el apartado 4.4.13, donde se establece la longitud de los elementos intermedios entre alineaciones a fin de que los puntos de tangencia con variación brusca de curvatura puedan ser considerados independientemente.
- Capacidad de la línea y grado de saturación: Infiuye en la necesidad de liberar cuanto antes la vía general del tren que se ha de apartar, por tanto, la velocidad por desviada no debe ser limitante. Igualmente ocurre cuando se incorpora un tren.

- Distancia entre la Junta de Contraaguja (JCA) y el punto de parada. Según el frenado de los trenes más frecuentes ($0,4 \text{ m/s}^2$ para trenes de AV o $0,6 \text{ m/s}^2$ para cercanías), se debe calcular la velocidad de paso por el desvío de conexión, según el sentido preferente de la marcha. Se pueden considerar las mismas distancias para la aceleración de los trenes.

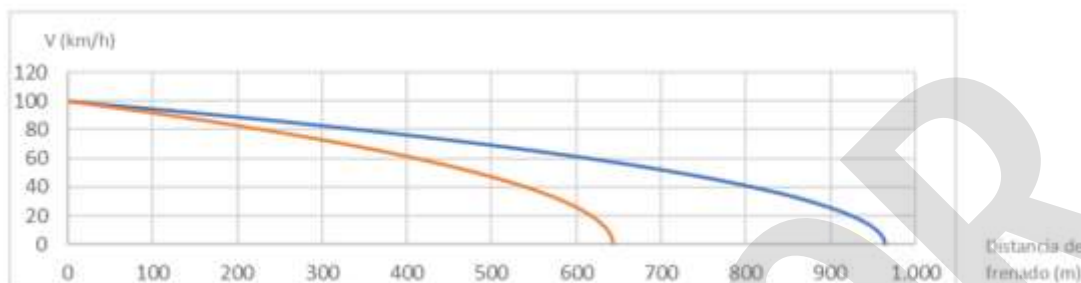


Figura 17. Curvas de frenado de tren de Cercanías (curva roja) y de Alta Velocidad (curva azul).

La definición del entreje está condicionada por los valores establecidos por esta norma, por la ubicación de los postes de catenaria y por la sección transversal, considerando además de los postes, el drenaje transversal y longitudinal y las canalizaciones para cables.

La configuración y longitud útil de las vías de apartado cumplirán lo establecido en el anexo 4. En el siguiente apartado se desarrolla con más profundidad la definición de las vías de apartado contiguas a las generales, como ejemplo del método general.

A. Estaciones de línea

En general, en las nuevas líneas de alta velocidad, las estaciones intermedias de línea son definidas sobre infraestructura de nueva construcción, por lo que su configuración puede definirse sin limitaciones de espacio, salvo en los casos de trazado urbano en los que se hace coincidir la nueva estación de AV (generalmente en ancho estándar) con la existente de ancho ibérico. Consideramos este caso como remodelación o adecuación de estación existente.

Para las estaciones de línea pueden darse las configuraciones siguientes:

A.1. Vías generales al centro sin andén

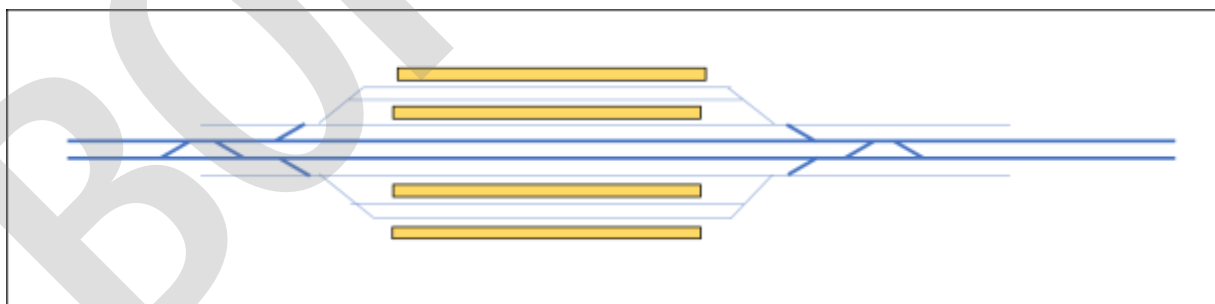


Figura 18. Estación con vías generales al centro sin andén

Este caso se emplea cuando hay trenes con paso directo y velocidades elevadas. Responde a la configuración de PAET ampliado, si hay más de dos vías de apartado. Es el caso de la mayor parte de las estaciones intermedias de las LAV, tales como Cuenca, Requena, Antequera o Calatayud, por citar algunas. También es la solución de estación más extendida en la red convencional. No tienen por qué ser simétricas en cuanto a la distribución de vías a cada lado de las generales.

El doble escape de cada cabecera permite a los trenes acceder a todas las vías de apartado, aun cuando circulasen por vía no preferente. Las vías de trazo grueso corresponden a las generales, de paso directo, y a los desvíos situados sobre ellas, que serán de punta móvil si la velocidad de paso es superior a 200 km/h.

Los postes de electrificación se ubican en la entrevía de la vía general y la de apartado, para evitar complejos pórticos rígidos de gran luz. Entre ambas vías se ubica también una cuneta, dado que es el punto bajo de la sección transversal (cuyo eje suele coincidir con la línea de postes) y en ocasiones hay también una canaleta de hormigón elevada, por no ser suficiente la normal para alojar todos los cables. Todas estas condiciones proporcionan por sí mismas una entreeje entre vía general y de apartado superior a los 6 metros (6,10 en Madrid-Sevilla y 6,35 en el resto de las nuevas líneas de AV).

En el anejo 9 a la presente norma se presenta un ejemplo de configuración habitual de una vía de apartado en una estación sencilla de viajeros.

A.2. Vías generales por el exterior sin andén

Una alternativa para alejar el paso de trenes veloces de los andenes con viajeros es disponer las vías generales por el exterior de la estación. Además, permite los itinerarios de rotación de trenes en final de línea sobre estaciones intermedias sin cizallar las generales en ningún caso. Es la solución empleada en la estación de Segovia-Guiomar, aprovechando el entreeje de los túneles de Guadarrama de 40 metros. La velocidad de paso de los trenes sin parada es de 300 km/h. Tiene como inconveniente una alta ocupación de suelo por la necesidad de que el trazado de las vías exteriores sea de un radio del orden de 7.000 metros, si la velocidad de diseño es superior a 300 km/h. Esta solución supone que las vías generales se empiecen a separar unos 720 metros antes de las cabeceras de los andenes (para conseguir un espacio entre las generales de 40 metros de anchura, como en el caso de Segovia, con dos andenes y cuatro vías de apartado), dejando una gran superficie de suelo sin uso entre las vías.

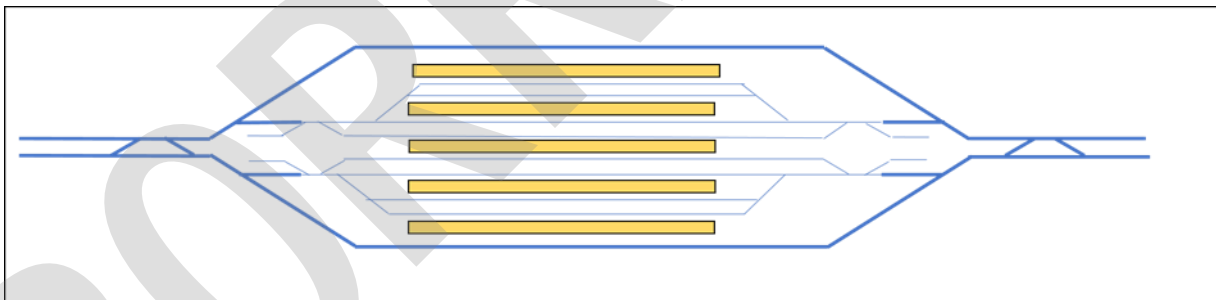


Figura 19. Estación con vías generales por el exterior sin andén

Para estaciones con velocidad baja de paso por las vías generales el esquema es más eficiente, pues los radios de curva y contracurva pueden reducirse y no queda espacio sin uso.

En los itinerarios de acceso a las generales se dispondrán mangos de seguridad.

A.3. Vías generales con andén

Este caso es frecuente en estaciones de cierta importancia en la que paran casi todos los trenes, como es el caso de Córdoba o Barcelona-Sants. El paso de los trenes directos se debe realizar a la velocidad adecuada para no producir sobresalto o inquietud a los viajeros que se encuentren en los andenes, esto puede variar de unas estaciones a otras. Esta solución se emplea debido a la falta de espacio en sentido transversal a las vías, como ocurre habitualmente en las estaciones soterradas. También es una situación frecuente en las líneas compartidos por tráficos de cercanías y larga distancia, además de mercancías. En este caso, se suele disponer de andén sobre la vía general para evitar la pérdida de tiempo que supone el paso por desviada a los trenes de cercanías.

Otra razón para esta solución puede ser la de evitar el paso de viajeros por cruces entarimados entre vías, en ausencia de paso a distinto nivel entre andenes.

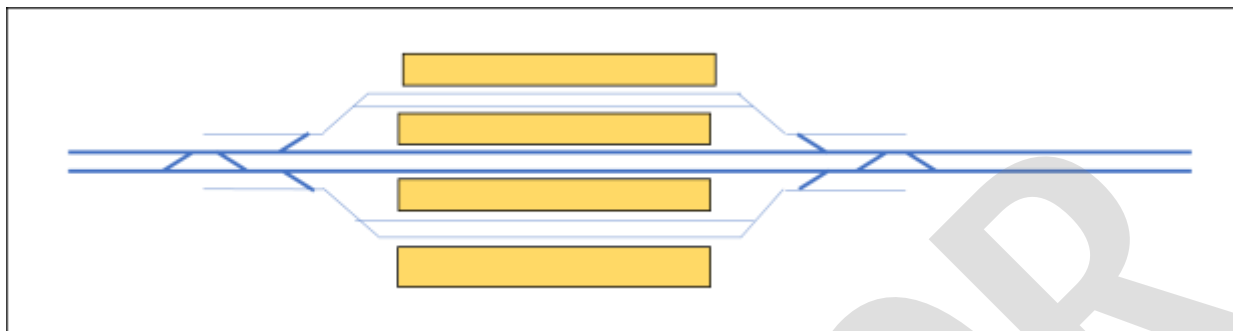


Figura 20. Estación con vías generales con andén

En esta solución, los postes de electrificación suelen situarse en el centro de andén o se dispone de pórticos rígidos (incluso funiculares, si las velocidades son muy bajas) que soportan las catenarias de las vías que hay bajo ellos o en la entrevía. Por tanto, la anchura de andén y la ubicación de los postes definen las entrevías en cada caso. En las cabeceras debe haber doble escape y procurar que los itinerarios de acceso estén libres de travesías de unión. Esto último puede ser difícil o imposible en estaciones con un alto número de vías y andenes, si la distancia para el desarrollo de las cabeceras no es suficiente.

Si se dispone de pocas vías o la estación es inicio o fin de una relación, es conveniente disponer de escapes (más versátiles las brettelles) entre las vías de apartado, para aumentar la capacidad de la estación, siempre para composiciones sencillas o dobles de poca longitud. No hay inconveniente en disponer brettelles (con cruzamientos fijos agudos sobre la vía general) pues en este tipo de estaciones está limitada la velocidad de paso de los trenes sin parada, siempre muy inferior a 200 km/h.

Este mismo esquema, si se prescinde de una cabecera, responde al modelo habitual de estación término. En este caso los desvíos de la cabecera no serían de altas prestaciones ni serían precisos los mangos (salvo para apartar trenes), pues no hay vías generales entre las de estacionamiento.

A. PAET

El esquema habitual de PAET es un caso particular del expuesto en el subapartado A.1 "Estación con vías generales al centro sin andén". Esta instalación no tiene función comercial y sólo se apartan trenes para cruces o adelantamientos o bien por causa de avería o por mantenimiento de vía.

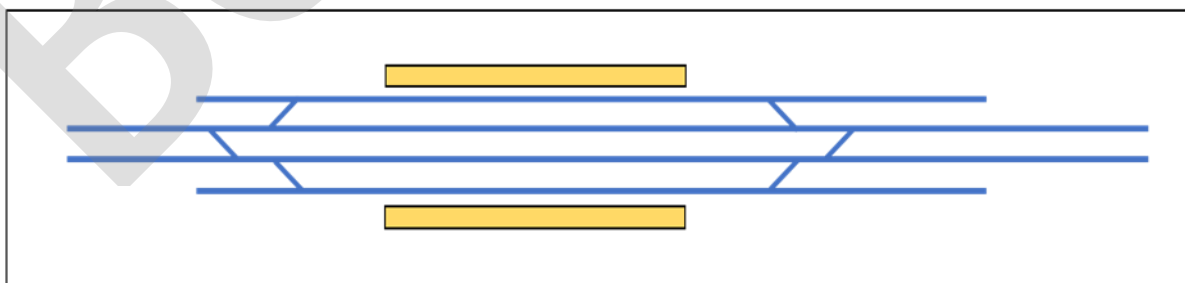


Figura 21. Esquema habitual de PAET

Se prescinde del doble escape en cabecera y permanecen los de banalización, que deben ser siempre instalados en recta en líneas de nueva construcción. Es deseable que la pendiente sea constante, en caso contrario se debe ajustar a lo expuesto en el apartado 5.5.6.

La entrevía quedará definida por las condiciones generales del proyecto. Si se mantienen los postes de electrificación en su posición de plena vía, el entreeje será superior a 6,00 metros. Las pendientes transversales de la plataforma y su drenaje se resolverán partiendo de esta situación.

En este caso, los desvíos de acceso a las vías de apartado pueden no formar escape con el mango de seguridad en las soluciones de radios 3.000/1.500/∞, 1.500 y 760 m, conjugándose con un desvío de radio 250 m. Se considera la más apropiada la solución de desvío radio 760 con corazón de punta móvil y el desvío conjugado 250 hacia el mango. Para conseguir el entreeje mínimo de la vía mango de 3.808 mm, es necesario que la distancia entre los ejes de la general y la de apartado sea de 6,38 m, para que la contracurva sea también de radio 760 m.

Si es preciso reducir la entrevía y se quiere mantener la velocidad por desviada, sería necesario recurrir al escape de radio 760 y si no, reduciendo la velocidad a 60 km/h, al de radio 500, en este caso para velocidades por general iguales o inferiores a 200 km/h. En caso de reducción de la entrevía es posible que sea preciso revisar la solución de sección transversal y el drenaje de la plataforma.

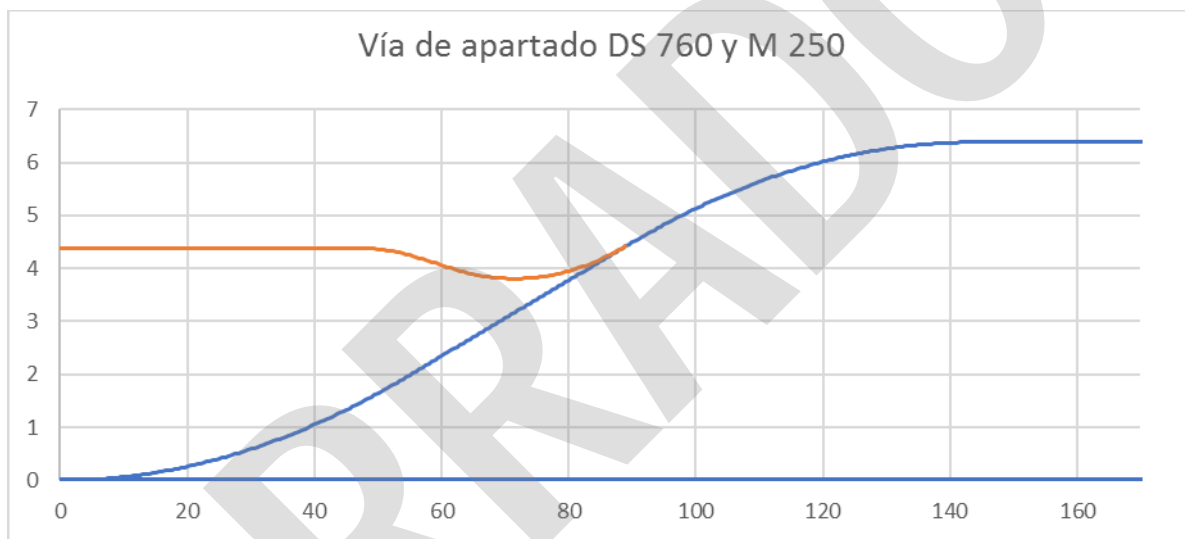


Figura 22. Ejes de la vía desviada para 80 km/h y mango conjugado

En el caso de PAET ubicados en tramos de vía única o semi-PAET (ubicado en tramo de vía doble pero con una única vía de apartado), se adaptará el diseño del mismo al contenido de este apartado y a las condiciones de vía única.

B. PAT

En determinadas líneas, generalmente de vía única, en las que se pretende aumentar la capacidad y potenciar o facilitar el crecimiento del tráfico de mercancías es preciso introducir vías de apartado de nueva planta y gran longitud que permitan el cruce o adelantamiento de trenes. Puede ocurrir que se aumente la longitud útil de vías existentes, que además puedan mantener su función comercial, si la tuvieran.

En estas condiciones hay que considerar las siguientes variables:

- Si se trata de línea electrificada, posición de los postes.
- Condiciones de la infraestructura.
- Vía única o doble. Sección transversal.
- Drenaje transversal y longitudinal.
- Perfil longitudinal y planta.

El entreeje vendrá determinado por las condiciones citadas y caben tres posibilidades:

- Recurrir al entreeje mínimo (en torno a 4 metros), según la velocidad de la línea en ese punto, para reducir la ocupación de suelo, necesidad de expropiación y obra civil.
- Optar por construir una plataforma completa en paralelo para evitar interferencias con instalaciones existentes, obras de fábrica de difícil ampliación, postes de electrificación, etc. En este caso, el entreeje sería del orden de 7 metros.
- Mantener el entreeje, si se amplía una vía de apartado existente. Sería similar al primer caso.

Los desvíos de conexión se instalarán en recta, siempre que sea posible. Si han de instalarse en curva, es deseable que sea de radio amplio y se prescinda del peralte. En caso de ser necesario dotar de peralte a la curva, por las condiciones de la explotación, el valor de este habrá de acordarse con la Dirección Técnica, o quien asuma sus funciones.

La velocidad necesaria por desviada se calculará de acuerdo a las condiciones de la línea, procurando que sea alta (al menos, 60 km/h) si la vía de apartado tiene mucha longitud.

Si el entreeje definido es del orden de 4 metros, se recurrirá a la solución de escape para el mango conjugado. Si es amplio, se podrá mantener esta solución de escape, pero se podrá conjugar un radio menor, 250 m, como en los casos anteriores.

Con carácter general, se cumplirán los criterios fijados en el apartado 5.5.2 para la ubicación de las señales.

5.5.9.-Bifurcaciones en PAET o estación

La disposición de las bifurcaciones cuando coinciden en una estación o PAET, deben ser instaladas preferiblemente en plena vía y no sobre las vías de apartado, de acuerdo con el esquema siguiente:

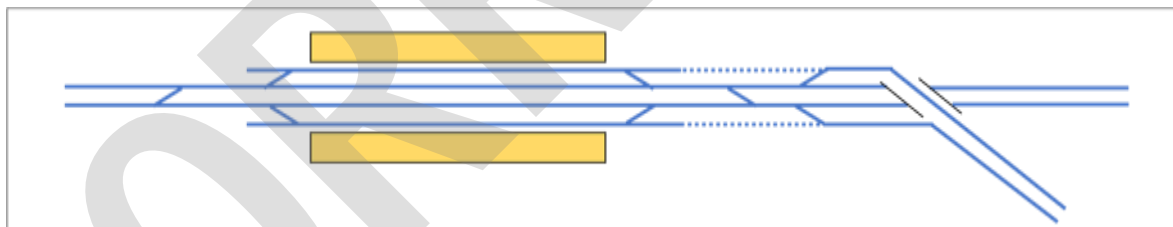


Figura 23. Bifurcación de línea junto a PAET

Si las vías de apartado tuvieran continuidad como itinerario de la bifurcación las funciones de apartado o estacionamiento serían incompatibles con la ocupación de vía de ese itinerario. Además, en caso de tratarse de estación comercial, el paso por la vía de andén de los trenes sin parada debería tener limitada su velocidad. En caso de que todos los trenes que se bifurquen tengan parada comercial, sí es adecuada la solución de bifurcación previa.

5.5.10.-Trazado en cambiadores de ancho

Son instalaciones donde se produce el cambio de ancho de vía al paso de los trenes de forma automática y a velocidades reducidas. En función de las condiciones de explotación previstas, la instalación de cambio de ancho será apta para los diferentes sistemas de conjuntos de rodadura desplazable, bien sobre la misma plataforma, bien en paralelo. Atendiendo a la disposición del cambiador, se pueden distinguir las siguientes zonas:

- Zona del cambiador: zona comprendida entre las señales de entrada y salida del cambiador, incluyendo la plataforma de cambio de ancho, sus instalaciones anejas y los desvíos de las vías mango de apartado, si los hubiera.
- Entorno del cambiador: tramos de vía, antes y después de la zona del cambiador, en los que son de aplicación los condicionantes geométricos que se establecen en el apartado 5 del Anejo 7. Como límite externo de este entorno se consideran las señales de entrada y salida a las vías generales. La longitud útil de referencia de esos tramos sería de 400 m antes y después de la zona del cambiador, para el material rodante de pasajeros, y de 750 m antes y después de la zona del cambiador, para el material rodante de mercancías. Lo esencial es que los trenes no ocupen las vías generales durante la maniobra de cambio de ancho para reducir su ocupación y para evitar la interrupción de la circulación en caso de avería o incidente durante el paso por el cambiador.

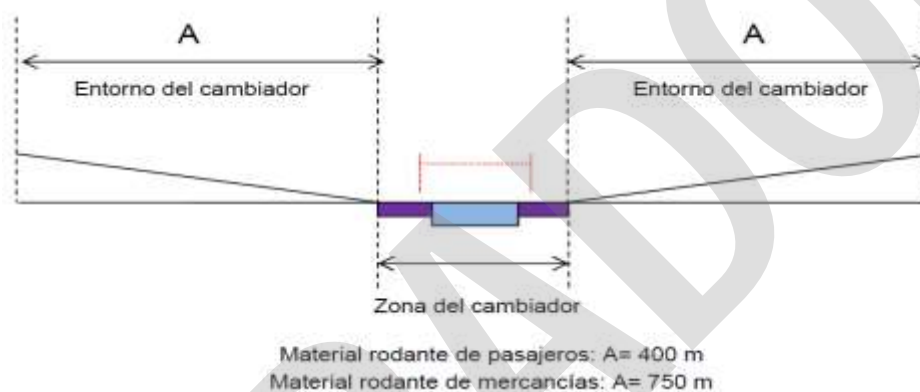


Figura 24. Esquema en alzado de la zona del cambiador y su entorno.

En el Anejo 6 se presentan las características que deben cumplir estas instalaciones.

5.5.11.-Limitación de velocidad en vías generales con andén

Tanto en líneas de nuevo diseño como existentes, no se construirán andenes que den servicio a las vías generales por las que circulen trenes a una velocidad superior a 200 km/h.

En actuaciones en líneas existentes, se admitirá una velocidad superior a 200 km/h y hasta 250 km/h, siempre que exista control de accesos, es decir, el acceso a la zona de peligro del andén quede impedido excepto a la llegada de los trenes con parada.

5.5.12.-Trazado de vías de carril adyacentes a andenes

En el caso de vías de tres carriles adyacentes a andenes, la ubicación del hilo común atenderá a lo establecido en la "Recomendación Técnica 6/2018 de la AESF sobre la disposición del hilo común en vías de tres hilos adyacentes a andenes de estación", disponible en la página web de la AESF (<https://www.seguridadferroviaria.es/normativa/recomendaciones-de-la-aesf/recomendaciones-ano-2018>).

La metodología de cálculo general para el posicionamiento de los andenes (bqlim) se define en el apartado 3.7.2 de la Orden FOM/1630/2015 (IFG).

6.-NORMATIVA DEROGADA

La presente NAP deroga los siguientes documentos normativos:

- NAP 1-2-1.0. Metodología para el diseño del trazado ferroviario. 1ª Ed + M1. Enero 2024.

7.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente NAP entrará en vigor en la fecha de su aprobación.

Desde ese momento, será de aplicación a todos los proyectos que inicien su redacción. Se establece como inicio de la redacción del proyecto, bien la firma del contrato, cuando se ejecute con medios ajenos a Adif, o bien el inicio de la redacción del proyecto, cuando se ejecute con personal propio. También será de aplicación a las obras que deriven de proyectos a los que aplique esta norma.

La presente NAP podrá utilizarse como referencia en el resto de proyectos que se encuentren en redacción, en función de su estado de desarrollo, si así lo determina el Responsable del Contrato.

8.-NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

En el contenido de esta norma se hace referencia a los documentos normativos que se citan a continuación.

Cuando se trate de legislación, será de aplicación la última versión publicada en los diarios oficiales, incluidas sus sucesivas modificaciones.

En el caso de documentos referenciados sin edición y fecha se utilizará la última edición vigente; en el caso de normas citadas con versión exacta, se debe aplicar esta edición concreta.

En el caso de normas UNE-EN que establezcan condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, será de aplicación la última versión comunicada por la Comisión y publicada en el DOUE.

- Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, por la que se aprueban la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE) y se modifican la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálibos y la Orden FOM/2015/2016, de 30 de diciembre, por la que se aprueba el Catálogo Oficial de Señales de Circulación Ferroviaria en la Red Ferroviaria de Interés General.
- Recomendación Técnica 5/2023 de la Agencia Estatal De Seguridad Ferroviaria sobre medidas de mejora para prevenir rebases indebidos de señales de salida.
- Reglamento (UE) Nº 1299/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014, relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema "infraestructura" en el sistema ferroviario de la Unión Europea.
- Reglamento (UE) Nº 1302/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante "locomotoras y material rodante de viajeros" del sistema ferroviario en la Unión Europea.
- Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la "Instrucción ferroviaria de gálibos" (IFG).

- Reglamento de Ejecución 402/2013, relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión de 16 de mayo de 2019 que modifica los Reglamentos (UE) n.o 321/2013, (UE) n.o 1299/2014, (UE) n.o 1301/2014, (UE) n.o 1302/2014 y (UE) n.o 1303/2014 y (UE) 2016/919 de la Comisión y la Decisión de Ejecución 2011/665/UE de la Comisión en lo que se refiere a la armonización con la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo y la implementación de los objetivos específicos establecidos en la Decisión Delegada (UE) 2017/1474 de la Comisión.
- Real Decreto 664/2015, de 17 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria.
- Nota aclaratoria de la AESF sobre la aplicación de la Instrucción ferroviaria de gálibos (ORDEN FOM/1630/2015). Septiembre 2019. AESF.
- NT 02-2023. Relativa al cumplimiento de los gálibos uniformes definidos en la instrucción ferroviaria de gálibos. AESF.
- Recomendación Técnica 6/2018 de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria sobre la disposición del hilo común en vías de tres hilos adyacentes a andenes de estación (julio 2018).
- Orden FOM/1631/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto y construcción de obras ferroviarias IF-3. Vía sobre balasto. Cálculo de espesores de capas de la sección transversal.
- UNE-EN 13803:2018. Aplicaciones ferroviarias. Vía. Parámetros de proyecto del trazado de la vía. Anchos de vía de 1435 mm y mayores.
- UNE-EN 50122-1:2011/A3:2017. Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 1: Medidas de protección contra los choques eléctricos.
- Ficha UIC 451-1. Marges de régularité a prévoir dans les horaires, dans le but de garantir la ponctualité du service – Marges de régularité. Diciembre 2000.
- ERA/ERTMS/033281 Interfaces between Control-Command and signaling trackside and other subsystems. September 2018.
- SUBSET-040 Dimensioning and Engineering rules (ERTMS/ETCS. UNISIG). December 2015.
- N.F.I VIA 002 "Parámetros geométricos". Julio 1999.
- N.F.I. 001 "Andenes". Noviembre 1999.
- NAP 2-3-1.0. "Túneles". 2ª Edición + M1. Junio 2023.
- NAV 0-2-2.1. "Geometría de la vía. Trazado de la vía en puntos singulares". ED1. Enero 2003.
- NAV 7-1-3.4 "Montaje de aparatos de vía sobre balasto". ED1+M3. Junio 2023.
- NAS 840 "Requisitos funcionales y Reglas de Ingeniería ERTMS Nivel 1 y Nivel 2 (4 partes)". 1ª Edición. Junio 2017.
- NAS 154 "ASFA Digital Vía. Reglas para la ubicación de Balizas". 1ª Edición+ Erratum. Enero 2020.

I. Anejo 1. ÍNDICE TIPO DE TRAZADO

ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN.....	67
2. ESQUEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA LÍNEA.....	67
3. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO	68
4. COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO DE TRAZADO	68
5. APÉNDICE 1 – DEFINICIÓN DE EJES DE TRAZADO	68
6. APÉNDICE 2 – ACTAS DE CONEXIÓN CON LOS TRAMOS ADYACENTES	69

El contenido mínimo del Anejo de trazado será el que se relaciona a continuación.

1. INTRODUCCIÓN

- Objeto
- Datos de partida

Se describirán los criterios de diseño que se utilizaron para la definición del trazado en el Estudio Informativo y, en particular, los que afecten directamente al tramo objeto del proyecto.

Se adjuntará un esquema de tramificación los proyectos de la línea y se describirán las fases de ejecución previstas hasta alcanzar la imagen final del Estudio Informativo.

2. ESQUEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA LÍNEA

Se indicarán los criterios básicos para la explotación de la línea, detallando los correspondientes al tramo objeto del proyecto:

- Velocidades de circulación: Velocidad máxima de la línea y velocidad mínima de circulación para los trenes lentos.
- Configuración de vías generales:
 - Tramos con vía doble o con vía única.
 - Tramos con vía de tres carriles, y ubicación del hilo común.
 - Ancho de vía, y ubicación de cambiadores de ancho, en su caso.
 - Entreeje en vía general, y reducciones de entreeje en accesos a ciudades y en vías existentes.
 - Rampa característica admisible.
 - Tipo de vía: Placa o en balasto.
- Configuración de vías y andenes en estaciones, apartaderos, puestos de banalización, bifurcaciones y cambiadores de ancho.
- Sistema de electrificación, y ubicación de subestaciones y zonas neutras.
- Sistema de señalización.
- Previsión de puesta en servicio por fases (en su caso).
- Zonas con limitación de velocidad por motivos ajenos al trazado.

Se elaborará un esquema en el que se representen todos los ejes de trazado, indicándose la velocidad por desviada en todos los aparatos de vía. Todos los elementos del esquema se referirán a la kilometración de la línea.

También se incluirá algún esquema más detalle si fuera necesario, como por ejemplo el esquema de vías de estaciones.

3. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

Se realizará una descripción pormenorizada del trazado, detallando los condicionantes tanto en planta como en alzado que han sido tenidos en cuenta para ajustar el trazado inicial sobre la cartografía 1/1.000: topográficos, ambientales, geotécnicos, hidrológicos, urbanísticos, de la superestructura (estaciones, Apartaderos, PB), etc.

Se describirán las características de la sección transversal tipo en las distintas situaciones que presente el trazado del tramo.

En el caso en que se requiera una secuencia de fases de ejecución con situaciones provisionales hasta alcanzar la imagen final de la actuación, se describirán las características de estos trazados provisionales.

4. COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO DE TRAZADO

Se incluirá una comprobación del cumplimiento de los valores límite (referencia, normal y excepcional) para los distintos parámetros de trazado. Para aquellos casos en los que puntualmente se sobrepase el valor límite de algún parámetro de trazado, teniendo en cuenta las prescripciones establecidas en el apartado 4.4.1, sin que se sobrepase el valor límite excepcional, se incluirá una justificación de dicha situación.

5. APÉNDICE 1 – DEFINICIÓN DE EJES DE TRAZADO

Se incluirán los listados de trazado de todos los ejes que intervengan en el tramo objeto del proyecto.

- Listado de alineaciones en planta

Cada alineación en planta llevará expresados en orden creciente de P.K. los siguientes elementos:

- Nº alineación que incluye una recta o una curva circular y una o dos clotoideas.
- Tipo alineación.
- Longitud.
- P.K. de inicio.
- Coordenadas X e Y de inicio.
- Radio de las curvas circulares.
- Parámetro de las clotoideas.
- Azimut de inicio.
- Peralte de las curvas circulares.

- Listado de alineaciones en alzado

Cada alineación en rasante llevará expresados en orden creciente de P.K. los siguientes elementos:

- Pendiente en ‰.
- Longitud.
- Parámetro (kv) del acuerdo vertical.
- P.K. y cota (z) del vértice del acuerdo.

- P.K. y cota del punto de entrada al acuerdo vertical.
- P.K. y cota del punto de salida al acuerdo vertical.

Se relacionará el estado de alineaciones, y los P.K., coordenadas, azimut y pendiente de los puntos del eje cada veinte metros y puntos singulares, en planta y alzado.

6. APÉNDICE 2 – ACTAS DE CONEXIÓN CON LOS TRAMOS ADYACENTES

Se incluirán actas firmadas de conexión entre tramos adyacentes, que incluirán la siguiente información para verificar que se realiza una completa coordinación geométrica:

- Coordenadas, acimut y rasante del punto de conexión.
- Alineaciones en planta y en alzado y peralte en el punto de conexión.
- Sección transversal en el punto de conexión (taludes, cunetas, capa de forma, caminos de servicio y de enlace, reposiciones, etc.)

Adicionalmente a la información de trazado, se incluirán datos adicionales para comprobar la adecuada coordinación entre tramos:

- Información referente a la expropiación de bienes y derechos, en especial la codificación y características de las parcelas en el límite de conexión entre tramos.
- El perfil geotécnico de los tramos colindantes, que deberá coincidir en el límite de conexión entre tramos.
- Caudales de cálculo de las cunetas.
- Información relativa a servicios existentes.

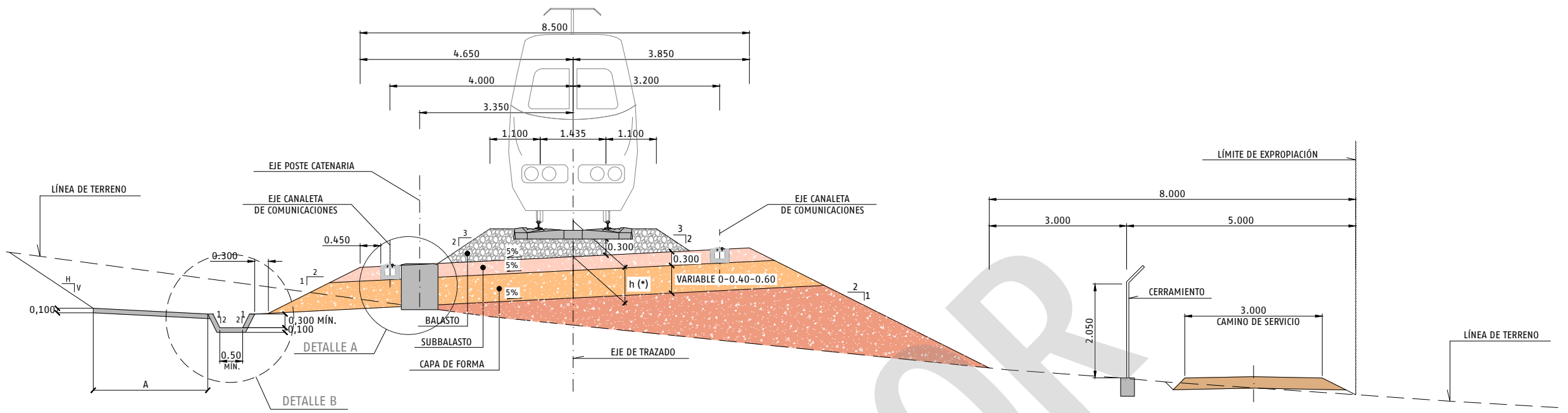
II. Anejo 2. SECCIONES TIPO EN VÍA

ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
1. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO. VÍA ÚNICA. ANCHO ESTÁNDAR EUROPEO	72
2. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO. ANCHO ESTÁNDAR EUROPEO	73
3. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO. VÍA ÚNICA. ANCHO IBÉRICO	74
4. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO. VÍA DOBLE. ANCHO IBÉRICO.....	75
5. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO. VÍA DOBLE ANCHO IBÉRICO Y VÍA DOBLE ANCHO ESTÁNDAR	76
6. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO. VÍA ÚNICA. ANCHO MÉTRICO	77
7. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO. VÍA DOBLE. ANCHO MÉTRICO.....	78

Estas secciones serán utilizadas como referente para nuevos diseños de trazado, pudiendo adaptarse para las actuaciones que se realicen en líneas existentes.

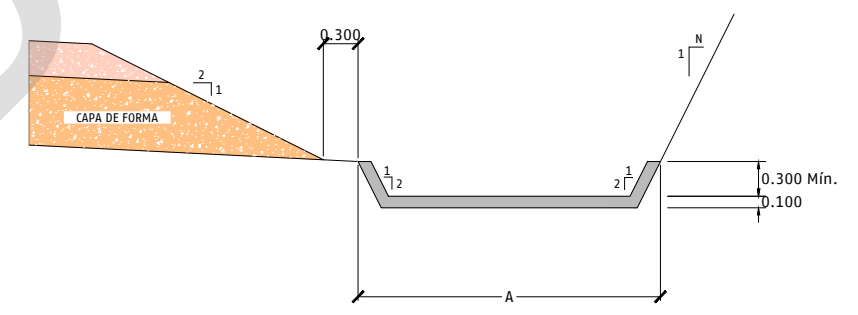
Nota: los valores incluidos en los planos son valores orientativos que deberán ser adaptados en cada proyecto.

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

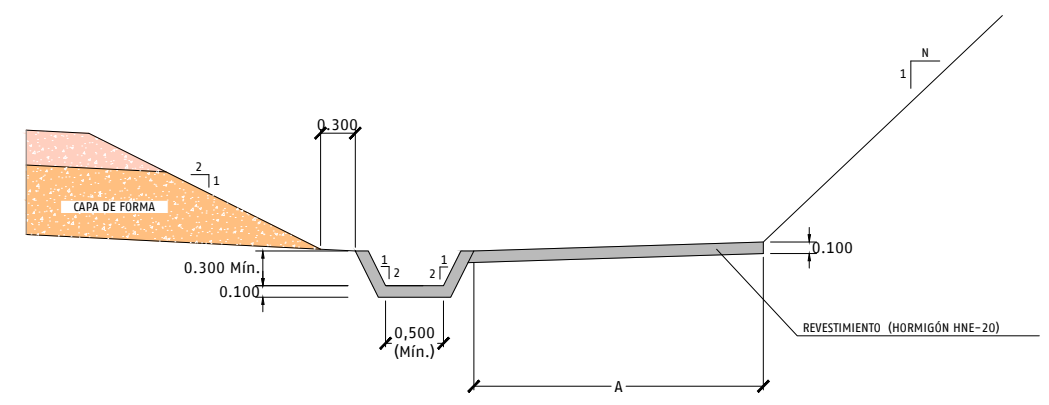


(*) : Calcular según Anejo 2 de la presente norma.

- NOTA:
- Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:
- Canaleta de Comunicaciones: ET 03.305.001.4 "Canaletas prefabricadas de hormigón para cables".
 - Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
 - Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
 - Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
 - Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".

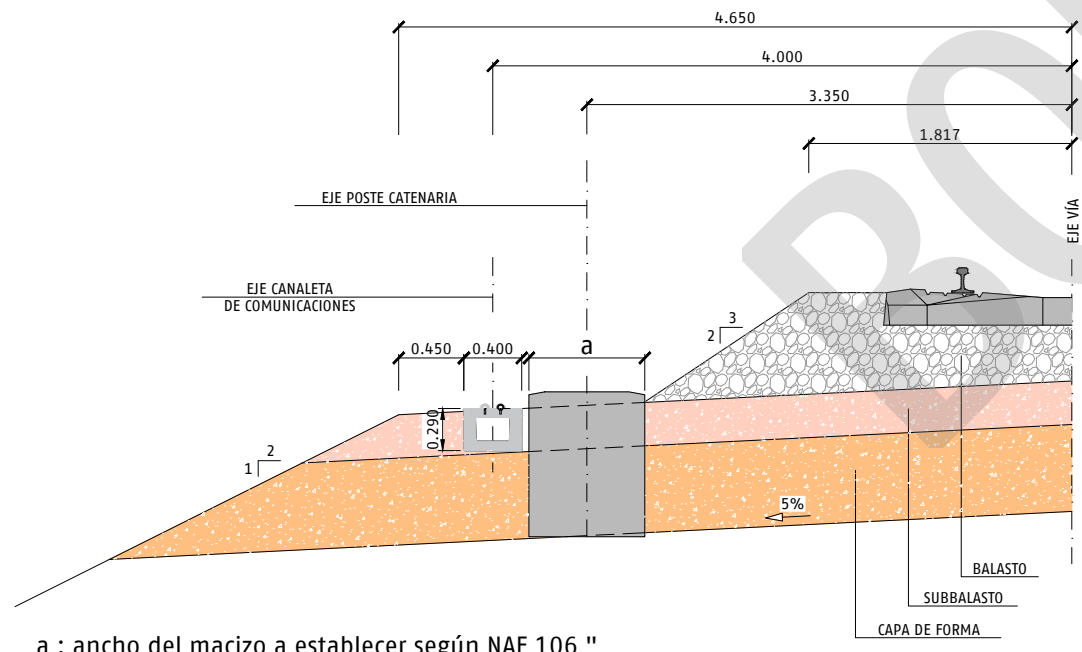


DESMONTE EN ROCA
DETALLE B



DESMONTE EN TIERRAS
DETALLE B

A: 2,50 m. mínimo para permitir limpieza con medios mecánicos, salvo que se justifique una dimensión menor.



a : ancho del macizo a establecer según NAE 106 "
Ejecución de macizos de cimentación para postes y anclajes de línea aérea de contacto "

DETALLE A



TÍTULO: NAP 1-2-1.0 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO FERROVIARIO

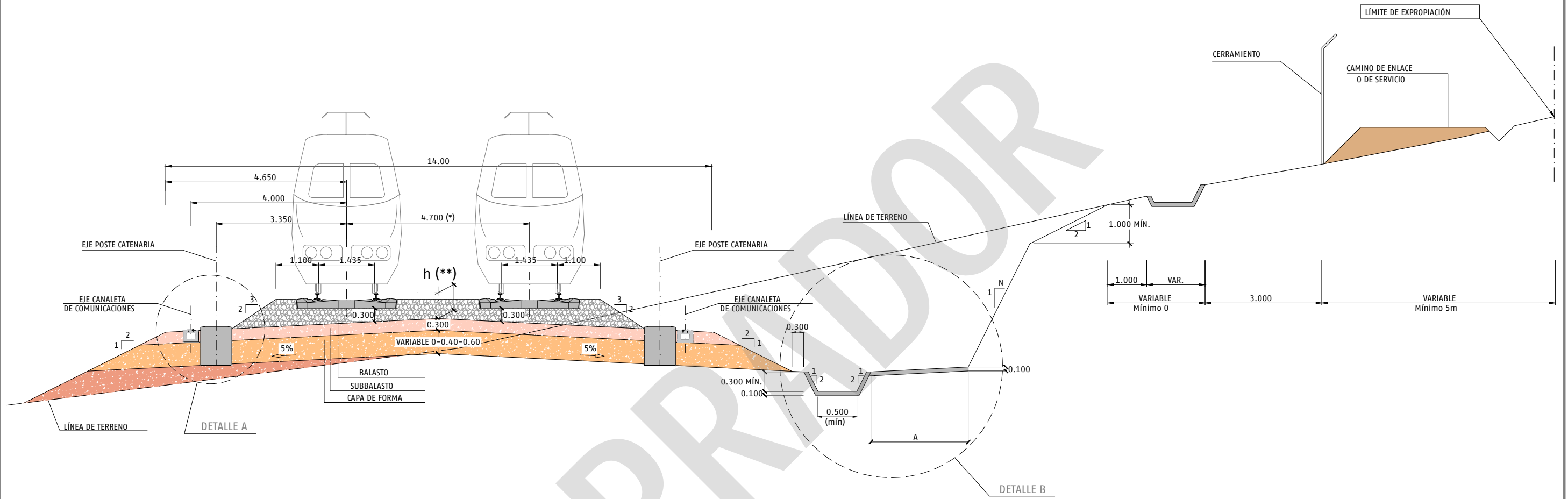
ESCALA ORIGINAL A3: S/E NUMÉRICA

EDICIÓN: 2ª Edición

FECHA: OCTUBRE 2024

Nº DE PLANO: 1
HOJA 1 DE 1

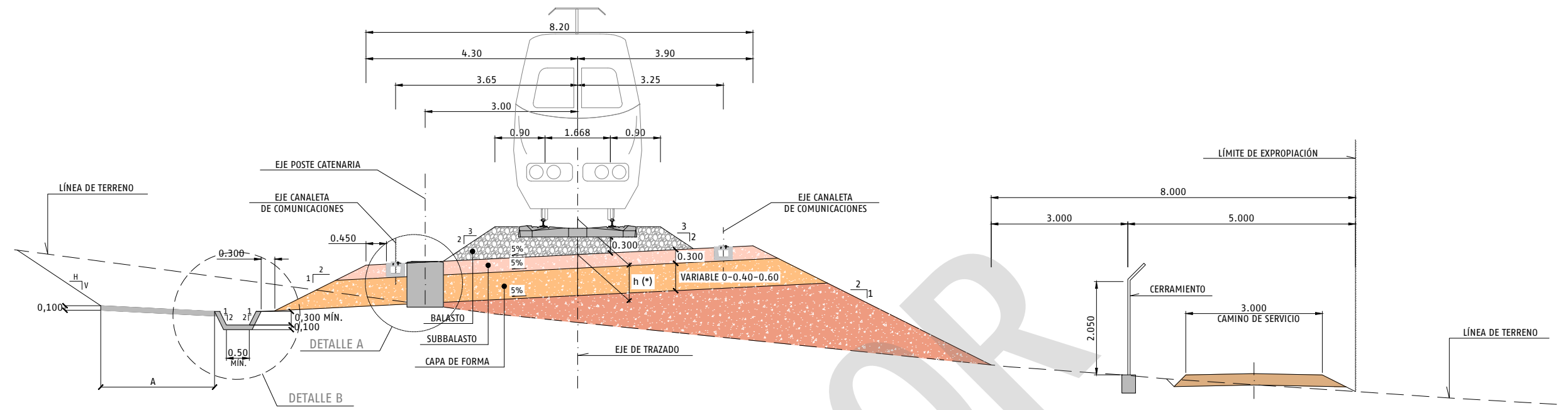
TÍTULO DEL PLANO: ANEJO 2 SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO VÍA ÚNICA ANCHO ESTANDAR EUROPEO



(*) : Sección a adaptar en función del entreje de la vía
 (**) : Calcular según Anejo 2 de la presente norma
 (***) : Ver detalles A y B en plano Nº 1

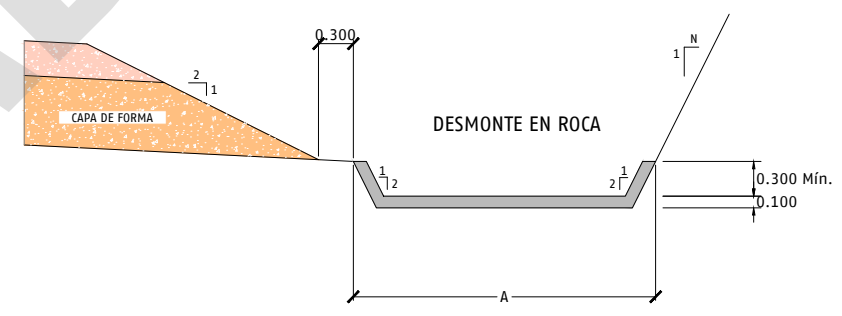
NOTA:
 Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:
 -Canaleta de Comunicaciones: ET 03.305.001.4 "Canaletas prefabricadas de hormigón para cables".
 -Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
 -Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
 -Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
 -Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

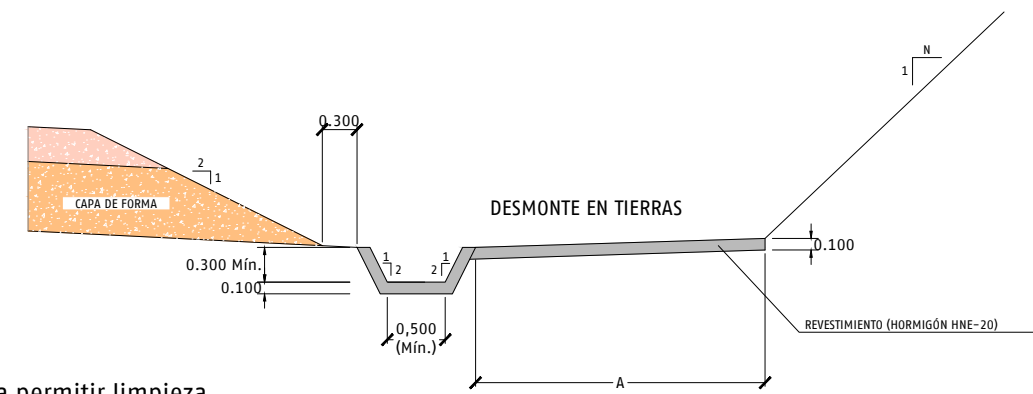


(*) : Calcular según Anejo 2 de la presente norma.

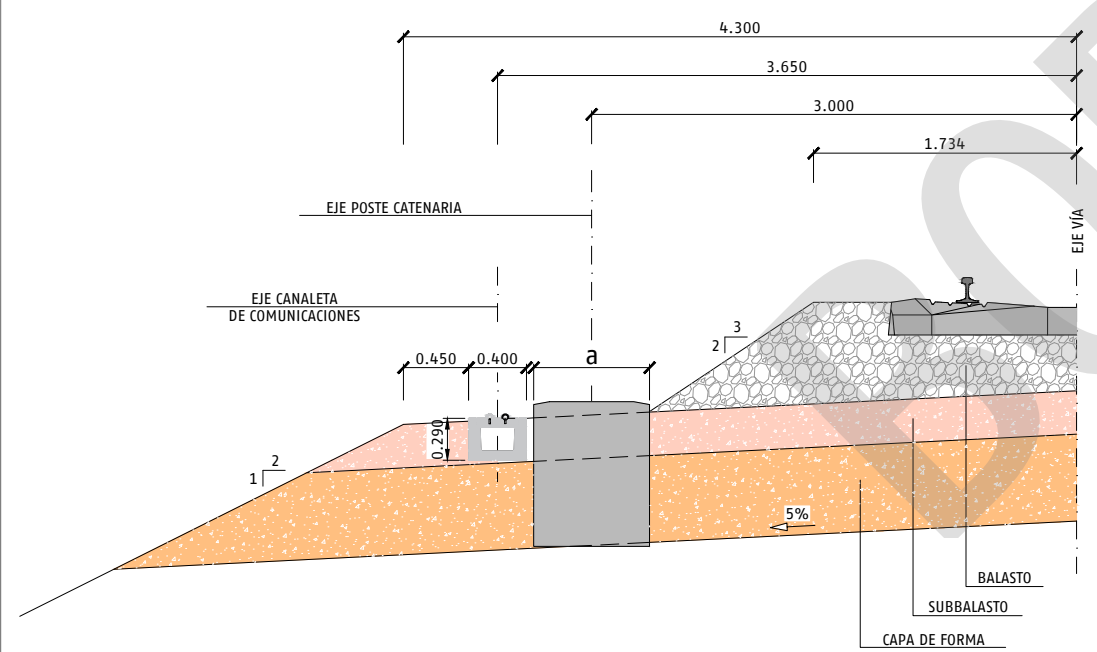
NOTA:
 Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:
 -Canaleta de Comunicaciones: ET 03.305.001.4 "Canaletas prefabricadas de hormigón para cables".
 -Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
 -Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
 -Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
 -Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".



DETALLE B

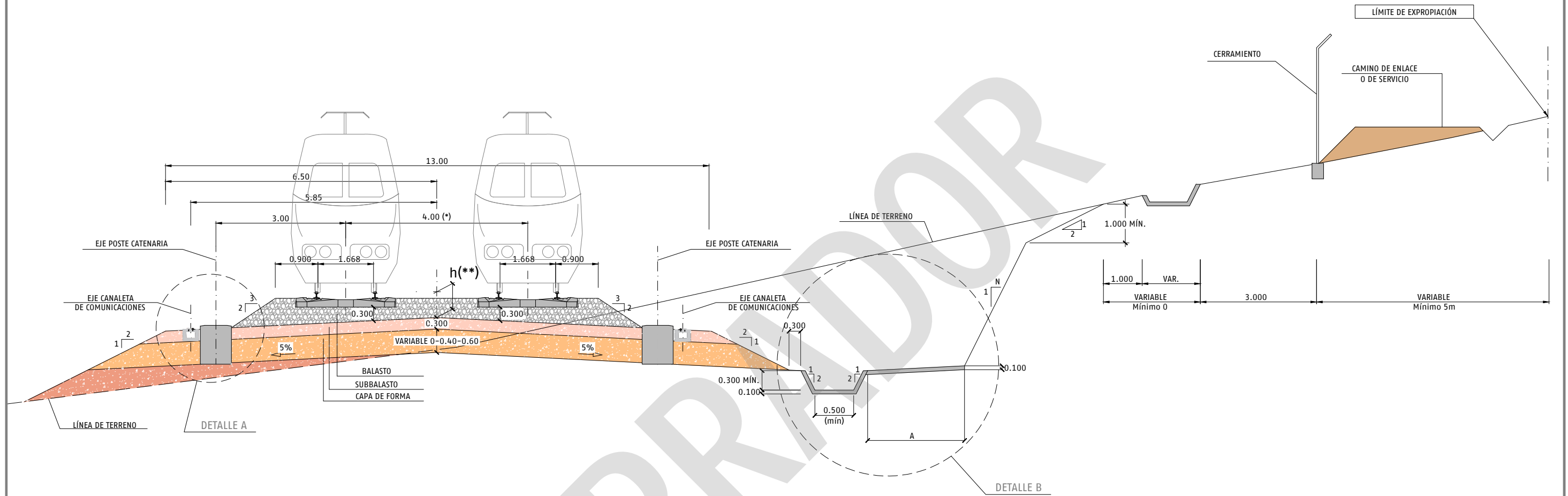


DETALLE B



a : ancho del macizo a establecer según NAE 106 "Ejecución de macizos de cimentación para postes y anclajes de línea aérea de contacto "

A: 2,50 m. mínimo para permitir limpieza con medios mecánicos, salvo que se justifique una dimensión menor.



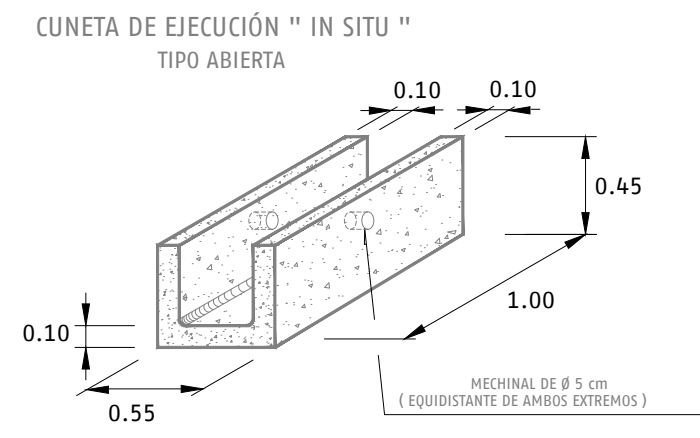
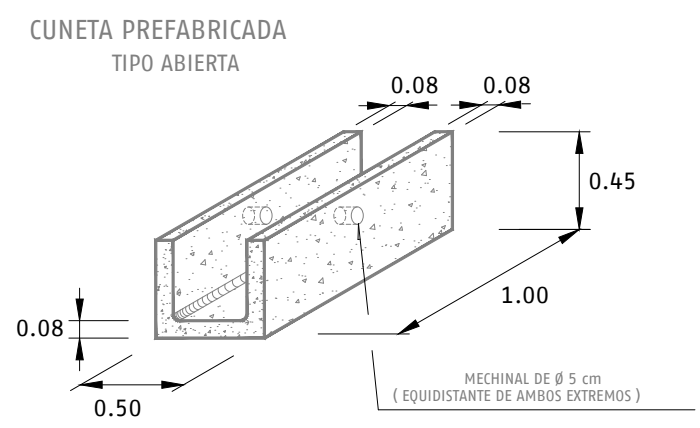
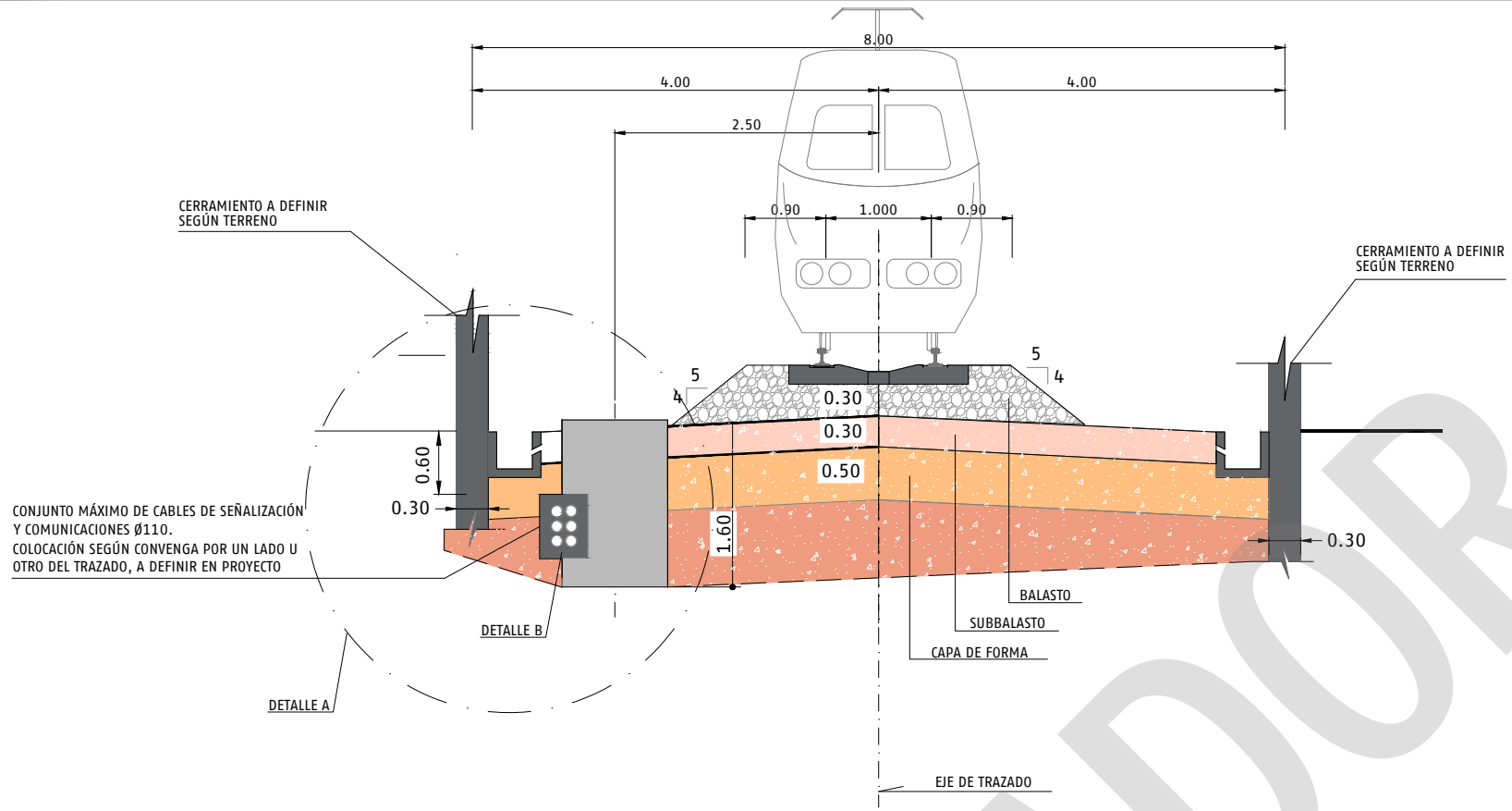
(*) : Sección a adaptar en función del entreje de la vía
 (**) : Calcular según Anejo 2 de la presente norma
 (***) : Ver detalles A y B en plano Nº 3

NOTA:

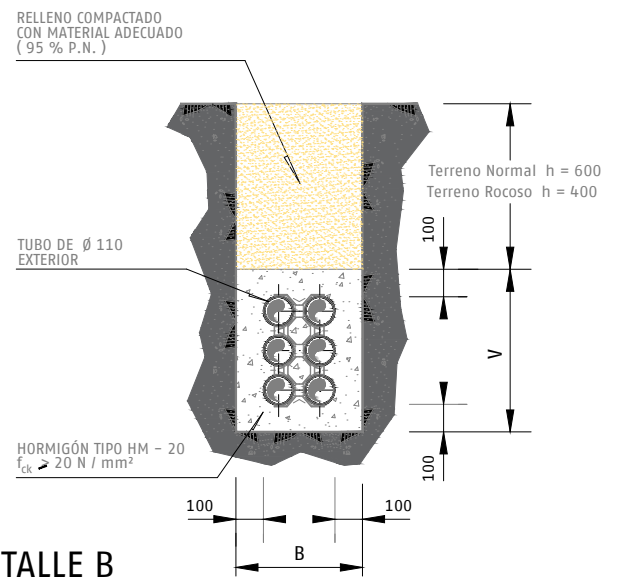
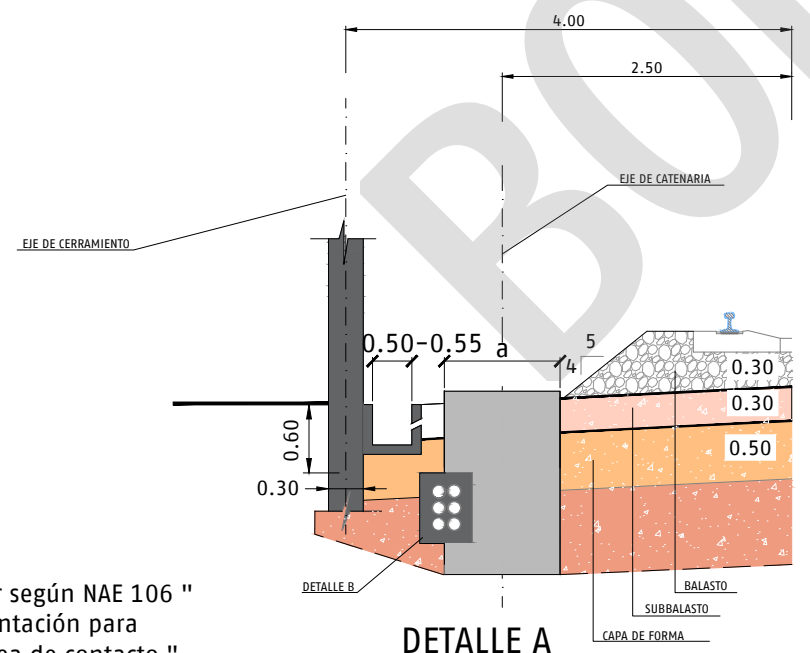
Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:

- Canaleta de Comunicaciones: ET 03.305.001.4 "Canaletas prefabricadas de hormigón para cables".
- Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
- Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
- Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
- Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



NOTA:
 Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:
 - Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
 - Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
 - Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
 - Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".



DETALLE B
 (Zanja tipo con separadores de 6 tubos de Ø 110 mm)

Nº DE TUBOS	B	V
2	450	310
4	450	450
6 (V)	450	590
6 (H)	590	450
8 (V)	450	730
8 (H)	730	450
12	590	730
18 (V)	590	1010
18 (H)	1010	590
24	730	1010

a : ancho del macizo a establecer según NAE 106 "
 Ejecución de macizos de cimentación para
 postes y anclajes de línea aérea de contacto "



TÍTULO:
NAP 1-2-1.0 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO FERROVIARIO

ESCALA ORIGINAL A3:
 S/E
 NUMÉRICA

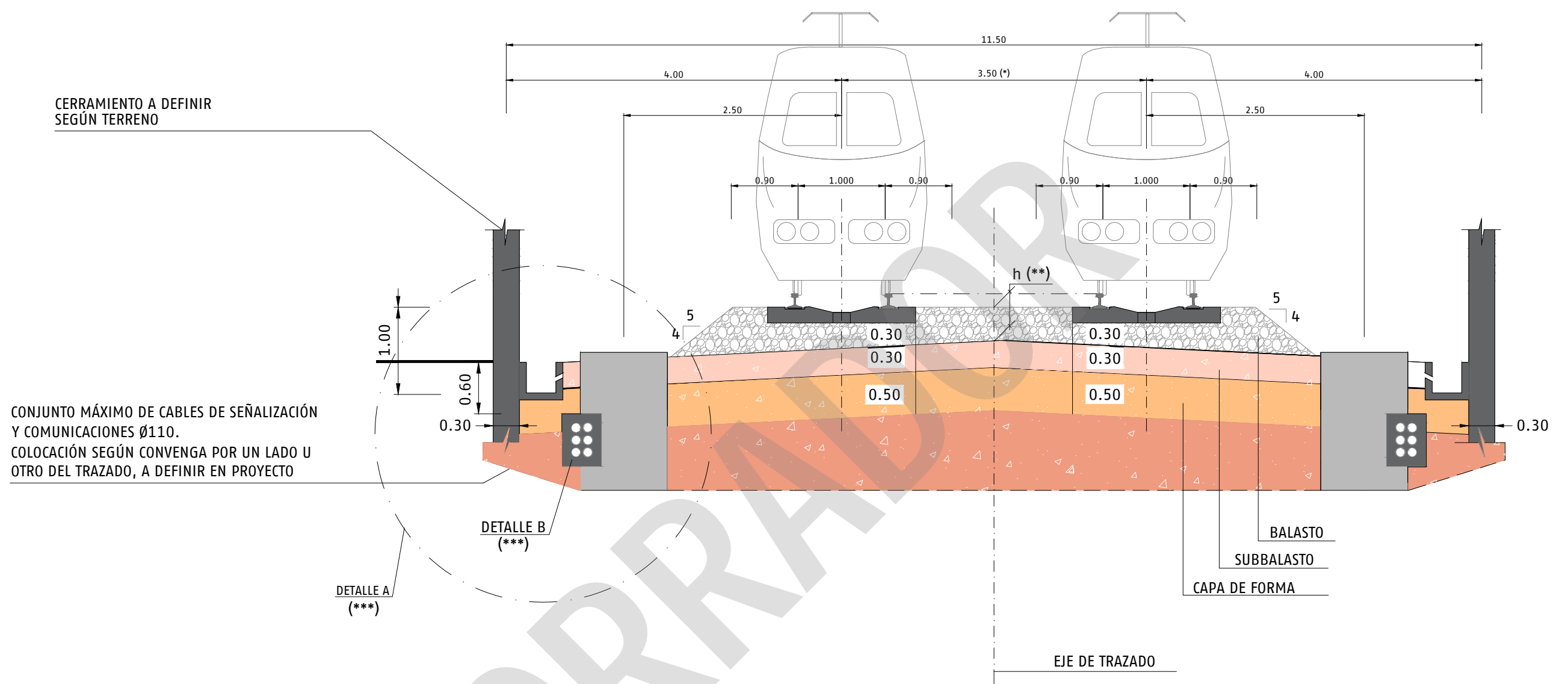
EDICIÓN
 2ª Edición

FECHA
 OCTUBRE 2024

Nº DE PLANO
 6
 HOJA 1 DE 1

TÍTULO DEL PLANO:
 ANEJO 2
 SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN BALASTO
 VÍA ÚNICA
 ANCHO MÉTRICO

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



(*) : Sección a adaptar en función del entreje de la vía
 (**) : Calcular según Anejo 2 de la presente norma
 (***) : Ver detalles A y B en plano Nº 6

NOTA:

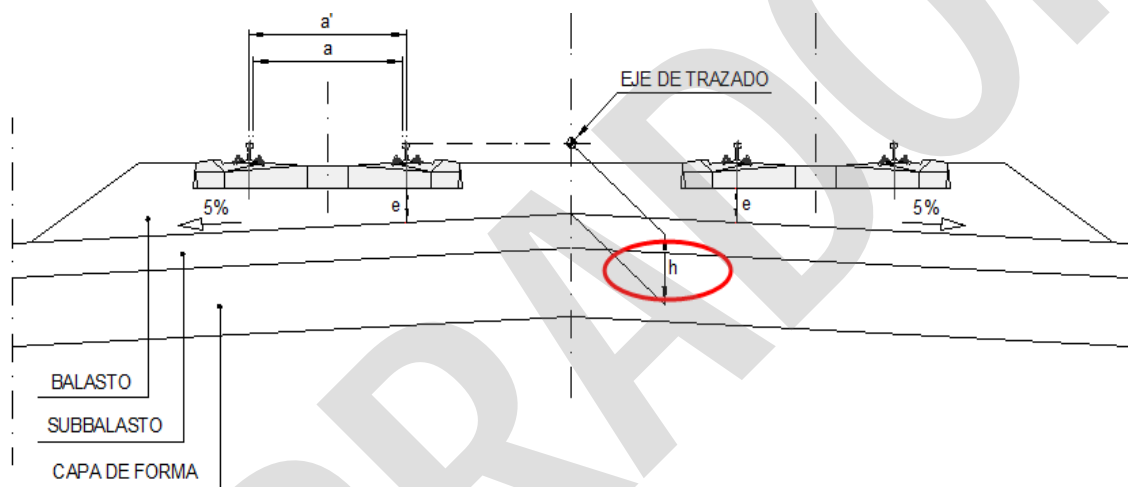
Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:

- Canaleta de Comunicaciones: ET 03.305.001.4 "Canaletas prefabricadas de hormigón para cables".
- Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
- Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
- Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
- Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".

III. Anejo 3: DIFERENCIA DE COTA ENTRE CORONACIÓN DE PLATAFORMA EN LA VERTICAL DEL EJE EL TRAZADO Y LA RASANTE DE LA VÍA

En el caso de vía sobre balasto, teniendo en cuenta que hay que garantizar un espesor mínimo de balasto bajo traviesa, la posición relativa del eje de la plataforma respecto del eje de trazado será diferente dependiendo de la sección tipo que corresponda. Será esencial que en los planos de secciones tipo del proyecto quede definida la diferencia de cota entre la rasante de la vía y la coronación de la plataforma en el eje, denominando este valor como h .

Los espesores de las capas de asiento de la vía sobre balasto (balasto, subbalasto, capa de forma y otros), que constituyen la sección transversal ferroviaria deberán cumplir lo establecido en la IF-3 (Orden FOM/1631/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto y construcción de obras ferroviarias IF-3. Vía sobre balasto. Cálculo de espesores de capas de la sección transversal.)



A continuación se expone la forma de realizar este cálculo con los elementos que se emplean de forma habitual utilizándose el mismo método con otros no incluidos en el presente anejo. Las variables que intervienen son las siguientes:

- Altura de carril

Tipo de carril	h_{carril} (mm)
60E1	172
54E1	159

- Altura de la placa de asiento

$$h_{\text{placa de asiento}} = 7 \text{ mm}$$

- Altura de traviesa bajo carril

Tipo de traviesa	Ancho de vía	$h_{\text{traviesa bajo carril}}$ (mm)
PR-01	1435 mm	230
	1668 mm	236

- Altura de suela bajo traviesa

$$h_{\text{suela traviesa}} = 10 \text{ mm}$$

- Espesor de balasto bajo traviesa

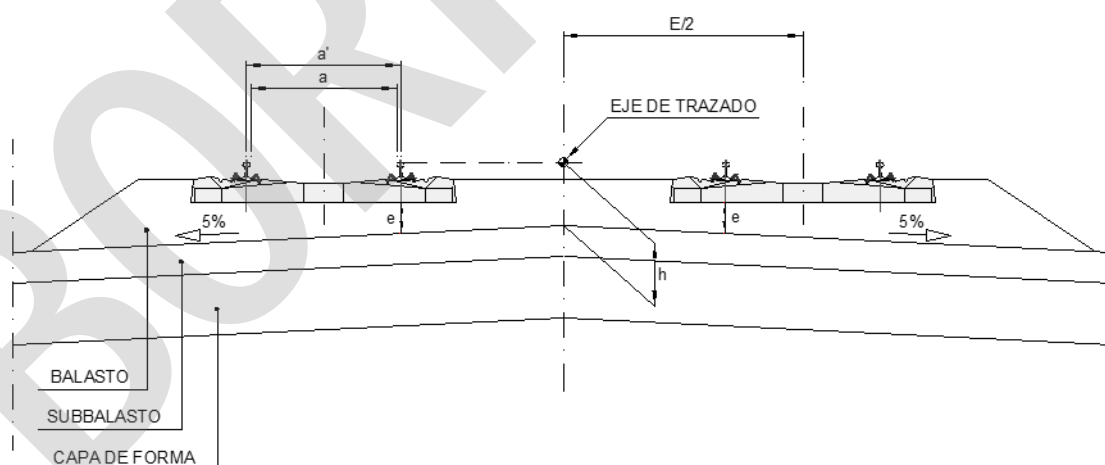
Tipo de plataforma	$e_{\text{balasto bajo traviesa}}$ (mm)
Subbalasto	300
Viaductos	350
Túneles	350

- Ancho de vía entre ejes de carril (en la base del carril)

Ancho de vía	Tipo de carril	a' (mm)
1435 mm	60E1	1523
	54E1	1520
1668 mm	60E1	1756
	54E1	1753

Con todo lo anterior, pueden plantearse los siguientes casos:

- Vía doble en plataforma de subbalasto:



La diferencia de cota entre la rasante de la vía y la coronación de la plataforma en el eje será independiente de que la vía esté en recta o en curva, y tendrá el siguiente valor:

$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} - 0,05 \cdot (E/2 - a'/2)$$

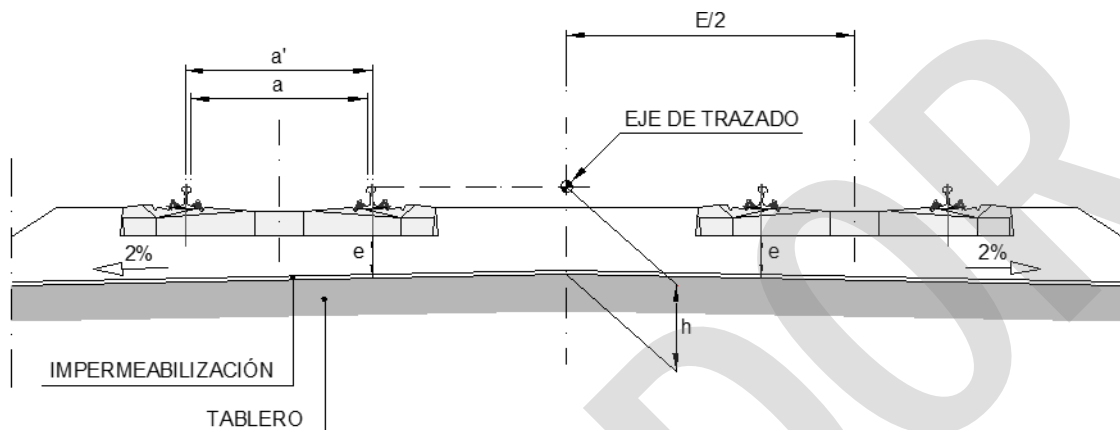
En líneas de ancho estándar (entrevía 4,70 m, ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,300 - 0,05 \cdot (2,35 - 1,520/2) = 0,630 \text{ m}$$

En líneas de ancho ibérico (entrevía 4,00 m, ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,300 - 0,05*(2,00 - 1,756/2) = 0,659 \text{ m}$$

- Vía doble en viaducto:



La diferencia de cota entre la rasante de la vía y la coronación del viaducto en el eje será independiente de que la vía esté en recta o en curva, y tendrá el siguiente valor:

$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + h_{\text{suela bajo traviesa}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} - 0,02*(E/2 - a'/2)$$

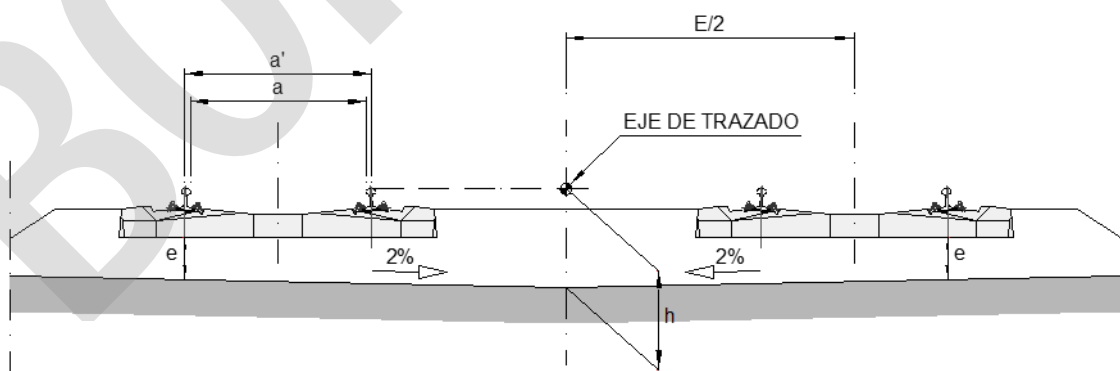
En líneas de ancho estándar (entrevía 4,70 m, ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,010 + 0,350 - 0,02*(2,35 - 1,520 / 2) = 0,737 \text{ m}$$

En líneas de ancho ibérico (entrevía 4,00 m, ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,010 + 0,350 - 0,02*(2,00 - 1,756/2) = 0,753 \text{ m}$$

- Vía doble en túnel:



La diferencia de cota entre la rasante de la vía y la coronación del viaducto en el eje será independiente de que la vía esté en recta o en curva, y tendrá el siguiente valor:

$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + h_{\text{suela traviesa}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} + 0,02*(E/2 + a'/2)$$

En líneas de ancho estándar (entrevía 4,70 m, ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,010 + 0,350 + 0,02 \cdot (2,35 + 1,520 / 2) = 0,831 \text{ m}$$

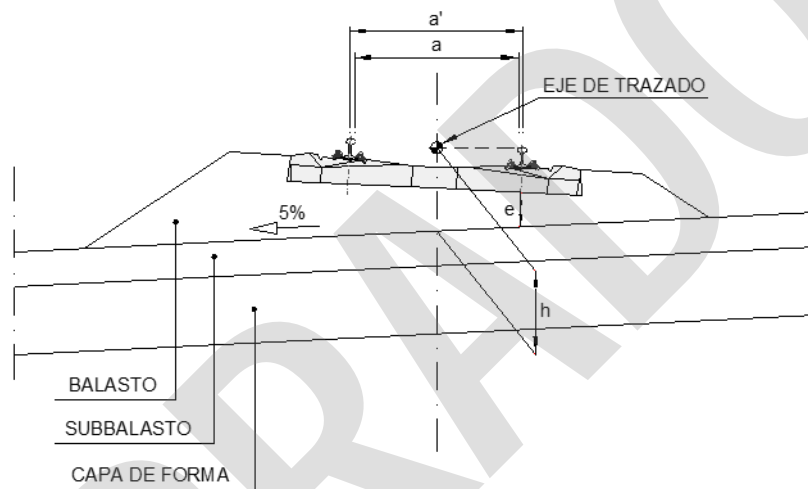
En líneas de ancho ibérico (entrevía 4,00 m, ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,010 + 0,350 + 0,02 \cdot (2,00 + 1,756 / 2) = 0,833 \text{ m}$$

- Vía única en plataforma de subbalasto:

Pueden darse los siguientes casos:

- a) Peralte de la vía de signo contrario a la pendiente de la plataforma:



$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} + 0,05 \cdot (a' / 2)$$

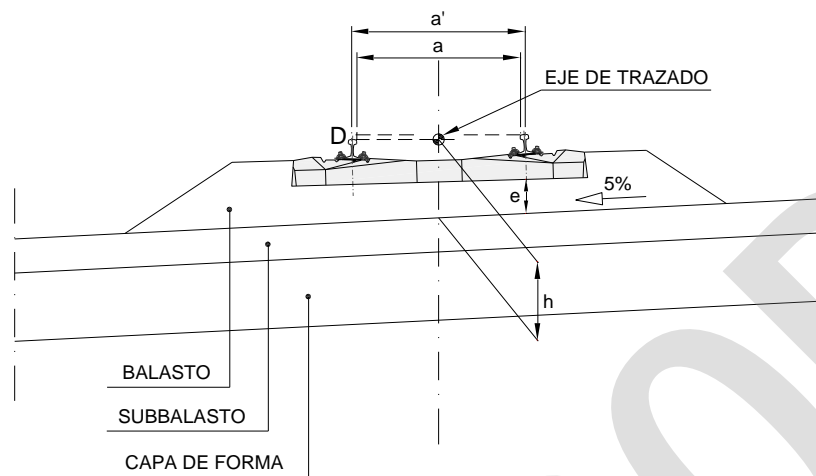
En líneas de ancho estándar (ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,300 + 0,05 \cdot (1,520 / 2) = 0,747 \text{ m}$$

En líneas de ancho ibérico (ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,300 + 0,05 \cdot (1,756 / 2) = 0,759 \text{ m}$$

b) Peralte de la vía $D \leq 5\%$ del mismo sentido que la pendiente de la plataforma:



$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} + 0,05 \cdot (a'/2) - (D/100) \cdot a'$$

En líneas de ancho estándar (ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,300 + 0,05 \cdot (1,520 / 2) - (D / 100) \cdot 1,520 =$$

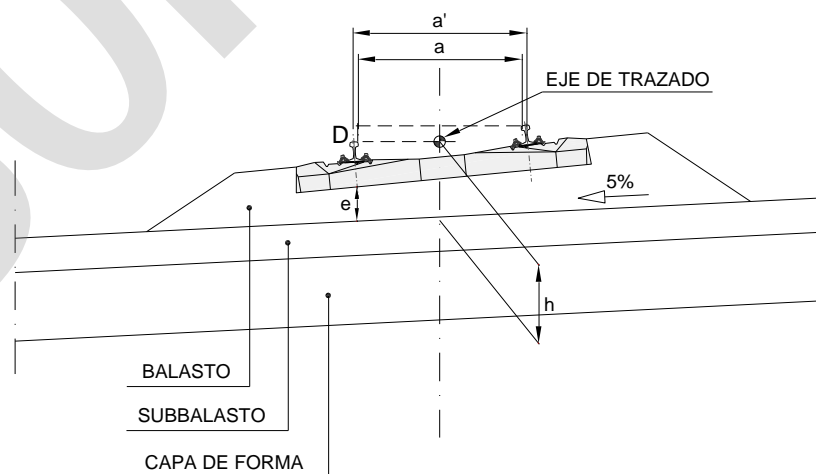
$$= 0,747 - 0,0152 \cdot D \text{ (expresado D en \%)}$$

En líneas de ancho ibérico (ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,300 + 0,05 \cdot (1,756 / 2) - (D / 100) \cdot 1,756 =$$

$$= 0,759 - 0,0176 \cdot D \text{ (expresado D en \%)}$$

c) Peralte de la vía $D > 5\%$ del mismo sentido que la pendiente de la plataforma:



$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} - 0,05 \cdot (a'/2)$$

En líneas de ancho estándar (ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,300 - 0,05 \cdot (1,520 / 2) = 0,671 \text{ m}$$

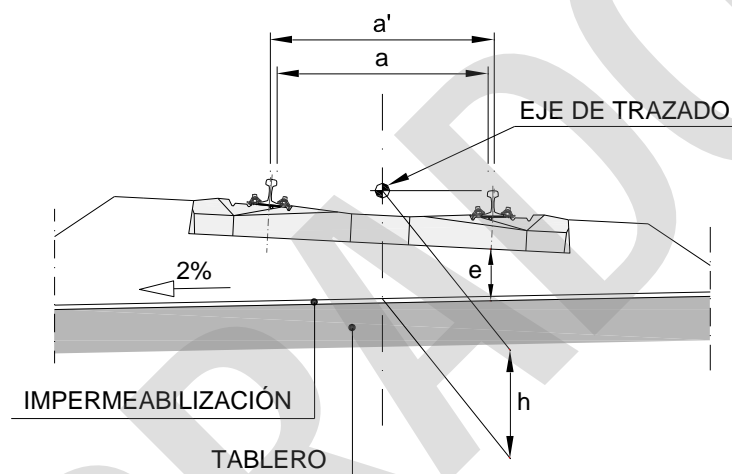
En líneas de ancho ibérico (ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,300 - 0,05 \cdot (1,756 / 2) = 0,671 \text{ m}$$

- Vía única en viaducto:

Pueden darse los siguientes casos:

- a) Peralte de la vía de signo contrario a la pendiente de la plataforma:



$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + h_{\text{suela traviesa}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} + 0,02 \cdot (a'/2)$$

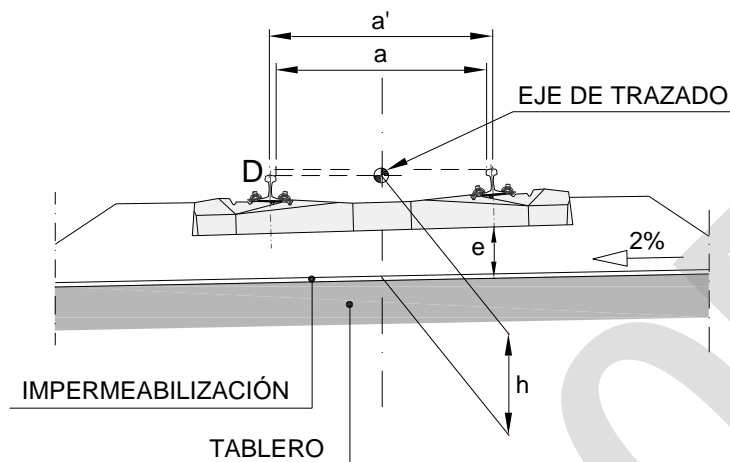
En líneas de ancho estándar (ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,010 + 0,350 + 0,02 \cdot (1,520 / 2) = 0,784 \text{ m}$$

En líneas de ancho ibérico (ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,010 + 0,350 + 0,02 \cdot (1,756 / 2) = 0,793 \text{ m}$$

b) Peralte de la vía $D \leq 2\%$ del mismo sentido que la pendiente de la plataforma:



$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + h_{\text{suela traviesa}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} + 0,02 \cdot (a'/2) - (D/100) \cdot a'$$

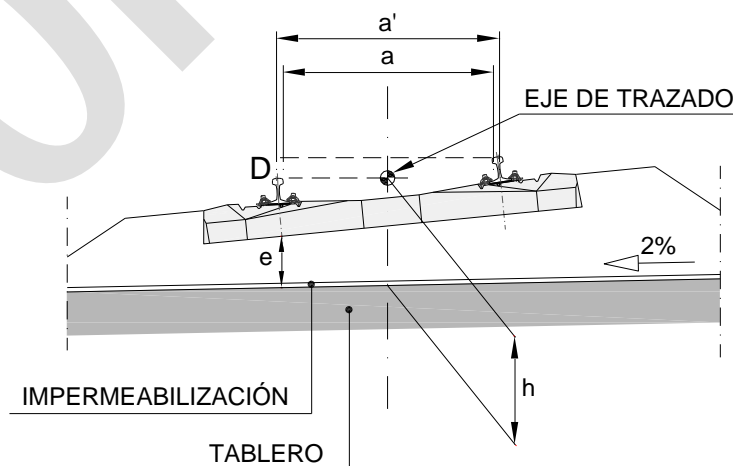
En líneas de ancho estándar (ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,010 + 0,350 + 0,02 \cdot (1,520 / 2) - (D/100) \cdot 1,520 = 0,784 - 0,0152 \cdot D \text{ (expresado D en \%)}$$

En líneas de ancho ibérico (ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,010 + 0,350 + 0,02 \cdot (1,756 / 2) - (D/100) \cdot 1,756 = 0,793 - 0,0176 \cdot D \text{ (expresado D en \%)}$$

c) Peralte de la vía $D > 2\%$ del mismo sentido que la pendiente de la plataforma:



$$h = h_{\text{carril}} + h_{\text{placa de asiento}} + h_{\text{traviesa bajo carril}} + h_{\text{suela traviesa}} + e_{\text{balasto bajo traviesa}} - 0,02 \cdot (a'/2)$$

En líneas de ancho estándar (ancho de vía 1435 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,230 + 0,010 + 0,350 - 0,02 \cdot (1,520 / 2) = 0,754 \text{ m}$$

En líneas de ancho ibérico (ancho de vía 1668 mm, traviesa PR-01 y carril 60E1), esta diferencia de cota será:

$$h = 0,172 + 0,007 + 0,236 + 0,010 + 0,350 - 0,02 \cdot (1,756 / 2) = 0,757 \text{ m}$$

BORRADOR

IV. Anejo 4.

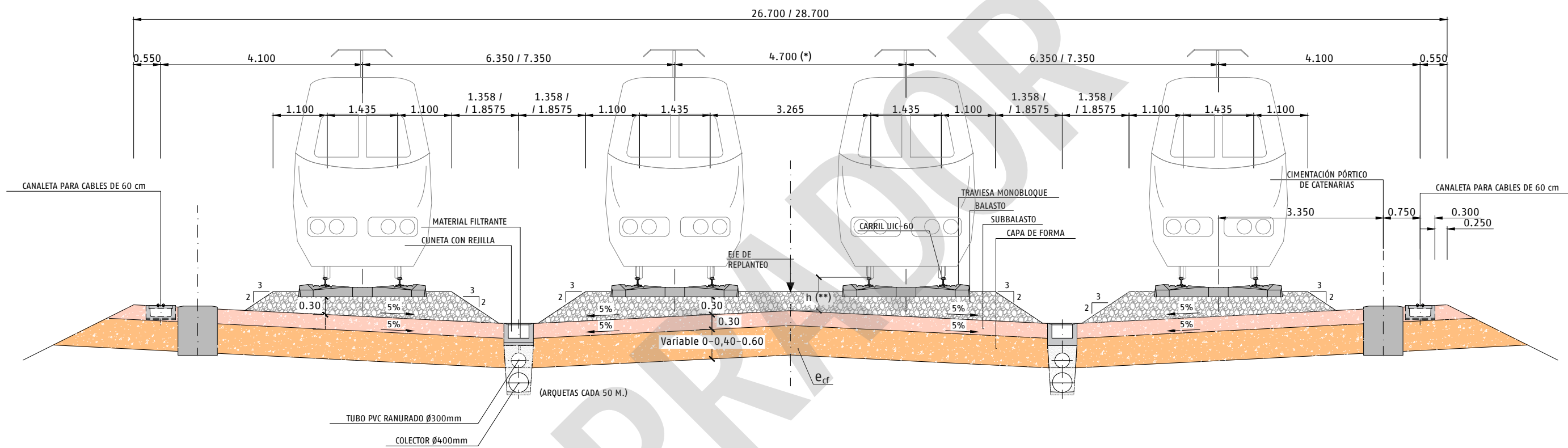
SIN CONTENIDO

BORRADOR

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

V. Anejo 5. ESQUEMAS DE APARTADEROS Y PUESTOS DE BANALIZACIÓN

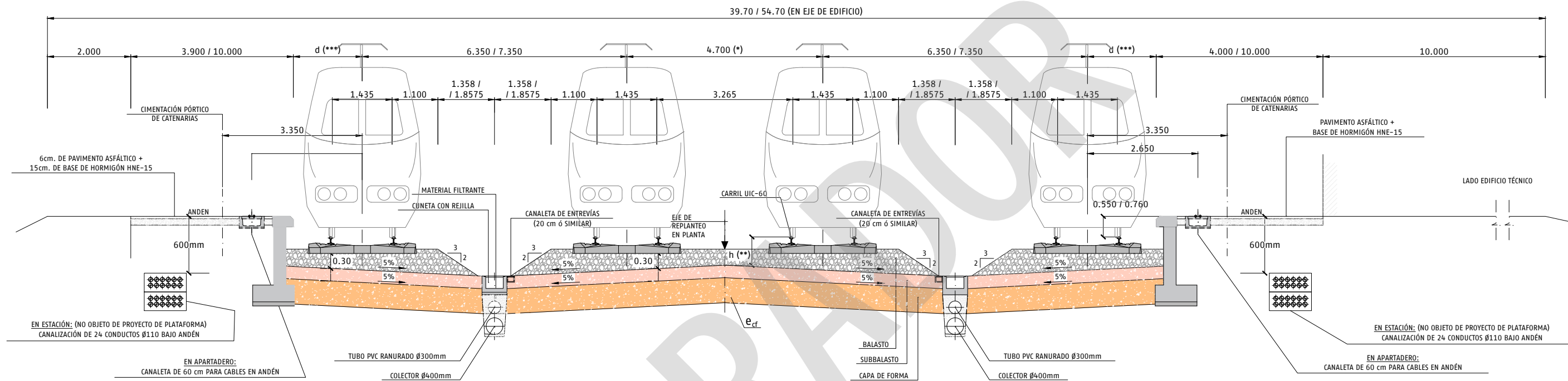
ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
1. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN APARTADERO / ESTACIÓN / VÍAS MANGO. ANCHO ESTÁNDAR EUROPEO	89
2. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN APARTADERO / ESTACIÓN. ANCHO ESTÁNDAR EUROPEO	90
3. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN APARTADERO / ESTACIÓN. ANCHO IBÉRICO	91
4. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN APARTADERO / ESTACIÓN. ANCHO MÉTRICO	92
5. SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN ZONA DE ANDÉN	93



(*) : Sección a adaptar en función del entreje de la vía
 (**) : Calcular según Anejo 2 de la presente norma

NOTA:

- Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:
- Canaleta de Comunicaciones: ET 03.305.001.4 "Canaletas prefabricadas de hormigón para cables".
 - Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
 - Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
 - Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
 - Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".

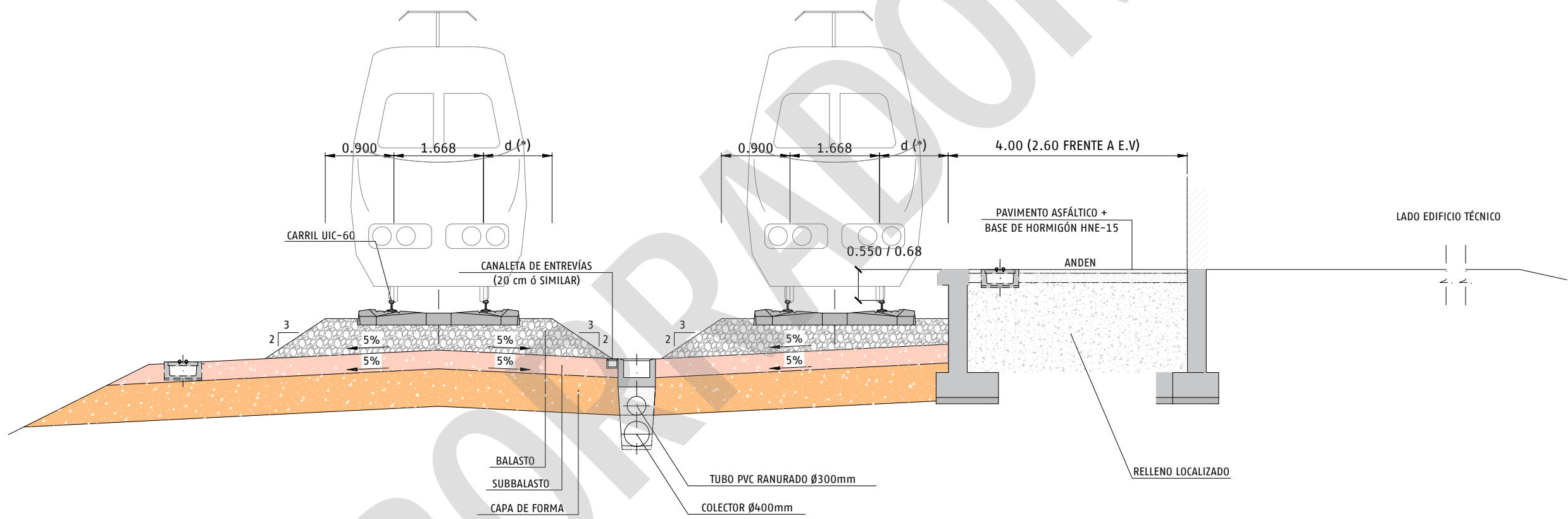


(*) : Sección a adaptar en función del entreje de la vía
 (**) : Calcular según Anejo 2 de la presente norma
 (***) : Distancias fijadas en el plano N°5

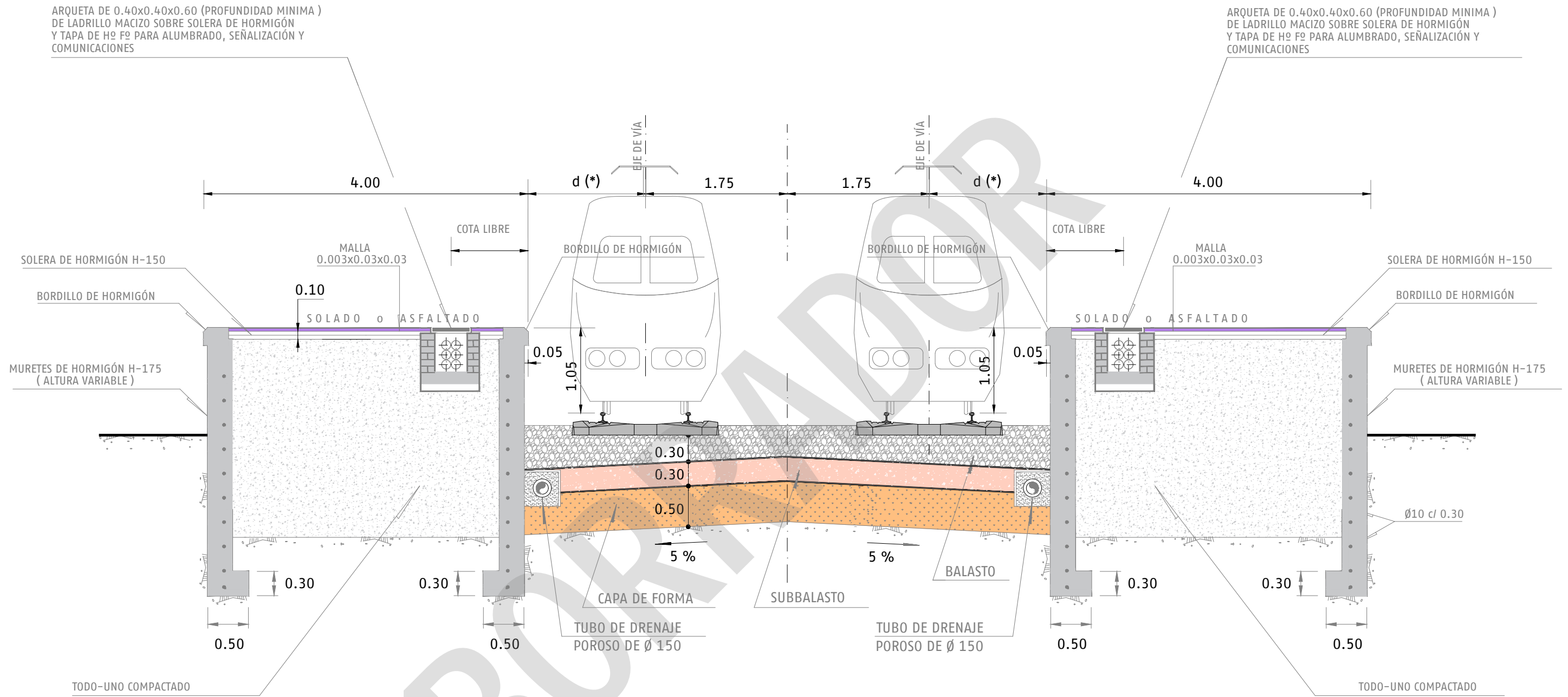
NOTA:
 Para cada uno de los siguientes elementos, se cumplirán las prescripciones fijadas en los documentos referidos:
 -Canaleta de Comunicaciones: ET 03.305.001.4 "Canaletas prefabricadas de hormigón para cables".
 -Poste de Catenaria: NAE 107 "Definición y medida de parámetros geométricos de la línea aérea de contacto".
 -Traviesas: ET 03.360.571.8 "Traviesas monobloque de hormigón pretensado".
 -Cerramiento y caminos de enlace o servicio: NAP 2-3-0.0 "Obras complementarias de la plataforma".
 -Límite de expropiación: NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

SECCIÓN TIPO VÍA GENERAL EN APARTADERO / ESTACIÓN ANCHO IBÉRICO



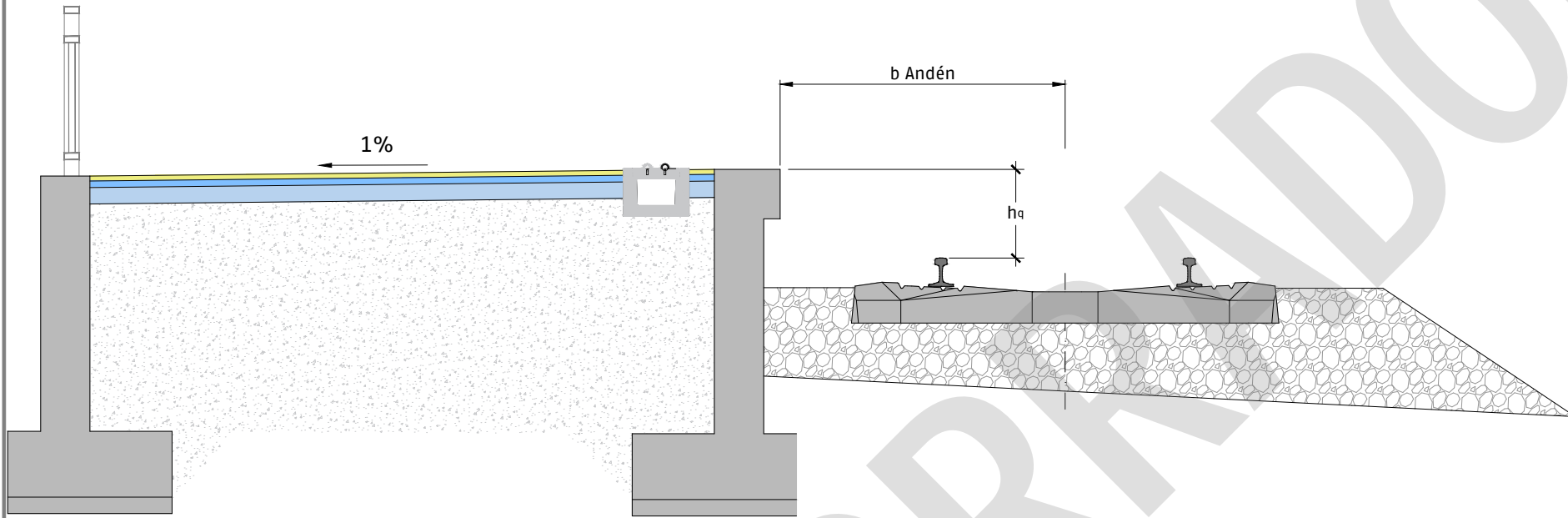
(*) Distancias fijadas en el plano N95



NOTAS:

- LOS ANDENES RESPONDEN A LA NORMA NFI ANDENES 001 DE FEVE CON LA MODIFICACIÓN DEL ASFALTADO PUDIENDO REALIZARSE EL SOLADO DE FORMA OPCIONAL, Y CON LA DISTANCIA DESDE EL EJE DE VÍA AL BORDILLO DE CORONACIÓN DEL ANDÉN DE 1.45 m
- SE REPRESENTA EL ANDÉN DE 4.00 m DE ANCHO EL CUAL SE CONSIDERA DESEABLE SI BIEN SE PUEDE ALCANZAR UN VALOR MÍNIMO DE 2.50 m

(*) Distancias fijadas en el plano Nº5



Líneas de ancho ibérico. Distancia del eje de vía al borde de andén ($b_{andén}$)								
Altura del andén (h_a), en mm	Borde de andén	Radio de la curva (R), en m						
		$R \geq 5.000$ m		$5.000 > R \geq 1.000$ m		$1.000 > R \geq 250$ m		
		Peralte (D), en mm						
		D=0	D=115	D=0	D=115	D=0	D=115	
Andén Comercial	760	Exterior	1750	1750(*)	1755	1755(*)	1765	1765(*)
		Interior	1750	1795	1755	1800	1765	1810
Andén Cercanías	680	Exterior	1745	1745(*)	1750	1750(*)	1760	1760(*)
		Interior	1745	1790	1750	1790	1760	1805
Andén Técnico	550	Exterior	1745	1745(*)	1750	1750(*)	1760	1760(*)
		Interior	1745	1790	1750	1790	1760	1805

(*) Para el caso de andén exterior y vía con peralte conviene utilizar el valor correspondiente a vía sin peralte, en previsión de un posible cambio durante la vida de la vía a peralte cero.

Líneas de ancho ibérico, para el caso del gálibo GHE16, los valores serían:								
Altura del andén (h_a), en mm	Borde de andén	Radio de la curva (R), en m						
		$R \geq 5.000$ m		$5.000 > R \geq 1.000$ m		$1.000 > R \geq 250$ m		
		Peralte (D), en mm						
		D=0	D=115	D=0	D=115	D=0	D=115	
Andén Técnico	550	Exterior	1725	1725(*)	1730	1730(*)	1740	1740(*)
		Interior	1725	1760	1730	1760	1740	1770

(*) Para el caso de andén exterior y vía con peralte conviene utilizar el valor correspondiente a vía sin peralte, en previsión de un posible cambio durante la vida de la vía a peralte cero.

Líneas de ancho estándar europeo. Distancia del eje de vía al borde de andén ($b_{andén}$)								
Altura del andén (h_a), en mm	Borde de andén	Radio de la curva (R), en m						
		$R \geq 5.000$ m		$5.000 > R \geq 1.000$ m		$1.000 > R \geq 250$ m		
		Peralte (D), en mm						
		D=0	D=115	D=0	D=115	D=0	D=115	
Andén Comercial	760	Exterior	1675	1675(*)	1680	1680(*)	1690	1690(*)
		Interior	1675	1720	1680	1725	1690	1735
Andén Cercanías	680	Exterior	1670	1770(*)	1675	1675(*)	1685	1685(*)
		Interior	1670	1715	1675	1715	1685	1730
Andén Técnico	550	Exterior	1670	1670(*)	1675	1675(*)	1685	1685(*)
		Interior	1670	1715	1675	1715	1685	1730

(*) Para el caso de andén exterior y vía con peralte conviene utilizar el valor correspondiente a vía sin peralte, en previsión de un posible cambio durante la vida de la vía a peralte cero.

NOTA:

Los valores de las tablas son válidos siempre y cuando se cumplan las condiciones que se indican en la IFG

VI. Anejo 6: INSTALACIONES DE CAMBIO DE ANCHO

ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
1.- CONDICIONES GENERALES	95
2.- OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CAMBIO DE ANCHO	95
3.- TIPOLOGÍA DE CAMBIADORES DE ANCHO.....	95
4.- VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN POR EL CAMBIADOR DE ANCHO	96
5.- ZONA DEL CAMBIADOR. INSTALACIONES Y DIMENSIONES	96
5.1.-PLATAFORMA Y FOSO	96
5.2.-NAVE DE CUBIERTA.....	97
5.3.-VÍA SIN BALASTO	97
5.4.-FOSO DE DESCONGELACIÓN	97
6.- ZONA Y ENTORNO DEL CAMBIADOR. TRAZADO	98
7.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES	101

Para facilitar las conexiones internas, así como los tráficos con otras redes, se han desarrollado instalaciones que permiten el cambio automático del ancho de vía en los ejes de ancho variable, denominadas cambiadores de ancho de vía. Otras instalaciones permiten la transición física de ancho, ya sea mediante intercambio de ejes o de bogies, o bien mediante el transbordo físico de pasajeros o mercancías.

Las características principales que presentan estas instalaciones son las siguientes:

1.-CONDICIONES GENERALES

En el paso del material rodante por la instalación de cambio de ancho, se deben cumplir las condiciones siguientes:

- Desbloqueo de los elementos de rodadura, a la entrada.
- Desplazamiento de los elementos de rodadura, en la zona de paso de uno a otro ancho.
- Bloqueo seguro de los elementos de rodadura, en la nueva posición a la salida.

En la instalación de cambio de ancho se controlará, al menos, que se ha efectuado el correcto encerrojamiento de los elementos de rodadura.

La longitud de la zona de paso de un ancho al otro deberá establecerse de forma que los esfuerzos axiales que actúan sobre las ruedas sean tan reducidos como sea posible.

Si se utilizan lubricantes durante el cambio de ancho, éstos no entrarán en contacto ni con las superficies de rodadura, ni con los órganos de freno. En el caso de que el lubricante sea exclusivamente agua, sí se permite que entre en contacto con dichos elementos.

2.-OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CAMBIO DE ANCHO

El cambio de ancho deberá ser posible de una forma continua y sin intervención manual.

Deberá ser posible la detección automática de los elementos de rodadura no encerrojados.

Deberán tenerse en cuenta las particularidades climáticas eventuales (temperaturas, precipitaciones, etc.) para garantizar el funcionamiento correcto de la instalación en caso de acumulación de nieve o hielo.

3.-TIPOLOGÍA DE CAMBIADORES DE ANCHO

Los cambiadores se clasifican en función de la tipología del material rodante que los utilice:

- Material remolcado con locomotoras de ancho fijo.
- Material autopulsado y material remolcado con locomotoras de ancho variable.

Estos tipos de vehículos dan lugar a tres tipos de cambiadores:

- Cambiadores diseñados para material rodante remolcado con locomotoras de ancho fijo.
- Cambiadores diseñados para material rodante autopulsado y material remolcado con locomotoras de ancho variable.
- Cambiadores diseñados para cualquier tipo de material rodante.

4.-VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN POR EL CAMBIADOR DE ANCHO

La velocidad nominal máxima de circulación de un tren por el cambiador es de 15 km/h. Los parámetros de la infraestructura y el trazado, las distancias de frenado, distancias de aislamiento, etc., se calcularán para una velocidad de al menos 20 km/h en la zona del cambiador y para una aceleración/deceleración de $0,6 \text{ m/s}^2$ en el entorno del cambiador.

5.-ZONA DEL CAMBIADOR. INSTALACIONES Y DIMENSIONES

Se definen los siguientes puntos de referencia (Figura 25):

- A: Borde de la plataforma del cambiador: punto donde empieza a apoyarse la estructura del bastidor del bogie, rodal o conjunto de rodadura en el cambiador.
- B: Borde del cambiador: borde interior del foso del cambiador.

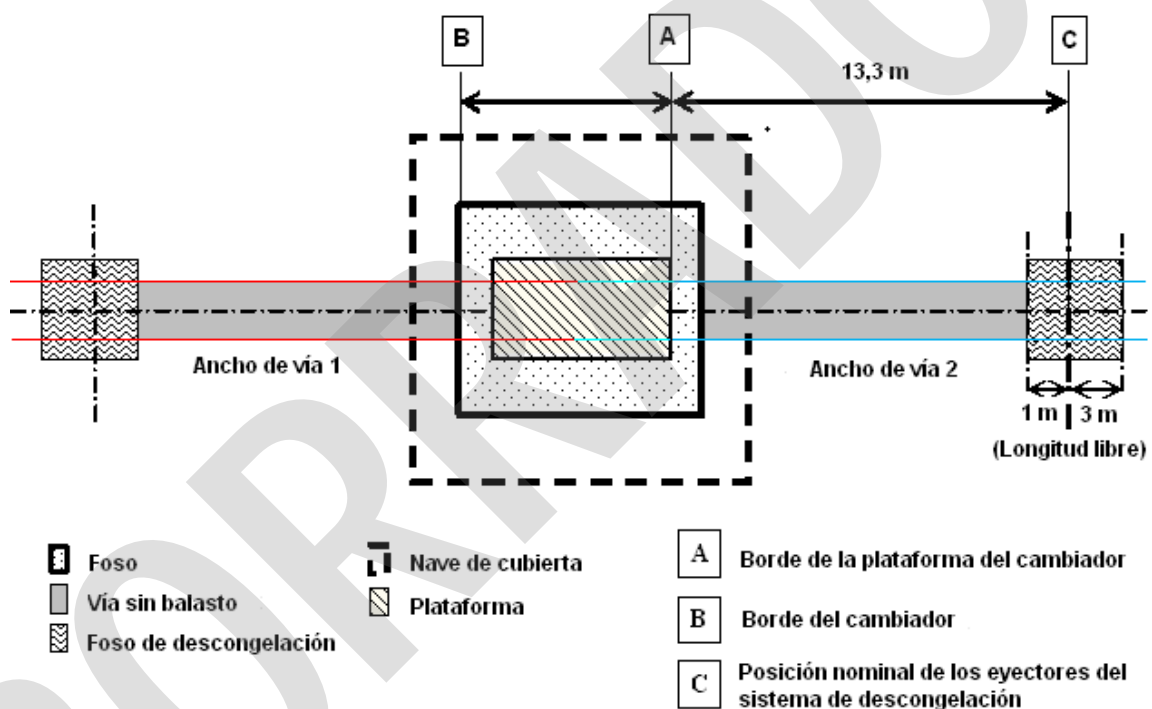


Figura 25. Esquema en planta de las instalaciones de la zona del cambiador y de la ubicación del foso de descongelación.

5.1.-PLATAFORMA Y FOSO

El cambiador dispondrá de un foso que deberá estar diseñado de tal forma que permita el paso de los operarios de manera segura, y que presentará una correcta evacuación mediante pasillos, pasos inferiores y escaleras de acceso, disponiendo de una iluminación de emergencia en las rutas de evacuación del cambiador.

El fondo de los fosos deberá tener una pendiente mínima del 1% para permitir la recogida de aguas a un canal central, con una sección de 1 m x 1 m, y que finalizará en una arqueta donde se ubicará una bomba de recirculación, con una caída del 3%. Sobre el canal se colocará una rejilla metálica.

5.2.-NAVE DE CUBIERTA

Es necesaria la colocación de una nave que cubra el foso del cambiador, disponiendo de un pasillo perimetral en el exterior del foso de al menos un metro de anchura libre, que permita el paso de los operarios de manera segura.

El cambiador estará en todo momento a una temperatura mínima de al menos 10º C en el interior de la nave.

Aledaño a la nave del cambiador, será necesario construir un cuarto técnico para ubicar los equipos auxiliares necesarios para el funcionamiento del cambiador.

5.3.-VÍA SIN BALASTO

A cada lado del foso y desde el final de este, se construirá un mínimo de 7 m de vía sin balasto.

Si la instalación requiere el montaje de fosos de descongelación, se dispondrá de vía sin balasto entre el foso de descongelación y el foso del cambiador.

Para el caso de esta vía sin balasto, la cota superior de la losa de hormigón será la misma que la de la cabeza del carril. En ningún caso se admitirán materiales elastoméricos para la sujeción del carril o asfaltos como elementos resistentes. Para garantizar la unión solidaria del carril a la placa e impedir su movimiento se empleará hormigón.

Para proteger la arista del cajeadado que alberga la pestaña de la rueda se montará una protección en acero estructural, a una distancia de 60 mm de la cara activa del carril.

5.4.-FOSO DE DESCONGELACIÓN

En ciertas condiciones atmosféricas, con frío intenso y humedad o precipitaciones de nieve a lo largo del trayecto, la nieve y el hielo se adhieren a los conjuntos de rodadura, lo que impide el cambio de ancho y hace necesario su eliminación antes de que entre la composición en el cambiador.

En la fase de proyecto de un cambiador de ancho, se deberá realizar un estudio pormenorizado, que determine la idoneidad de la instalación de descongelación de los conjuntos de rodadura.

Si por las condiciones atmosféricas y tipo de material rodante, fuera aconsejable su instalación, se proyectarán instalaciones descongeladoras de los conjuntos de rodadura, situadas en unos fosos antes de la entrada al cambiador por ambos lados o en el sentido que determine el estudio. El tren se descongela eje a eje, avanzando cada vez hasta situar el eje a descongelar encima del foso de descongelación.

El foso de descongelación se construirá a continuación de los tramos de vía sin balasto y tendrá una longitud mínima de 1 m y 3 m a cada lado de la posición nominal de los eyectores del sistema de descongelación, de forma que se permita la correcta descongelación, siendo la distancia entre el borde de la plataforma del cambiador y la posición nominal de los eyectores de 13,3 m⁽¹⁾ (Figura 25).

⁽¹⁾Distancia necesaria para el material rodante con cambio de ancho existente en la actualidad.

La descongelación de los conjuntos de rodadura se realiza proyectando un gran caudal de agua, con una temperatura por encima de los 70º C, por unas toberas que salen de un tubo colector situado en sentido transversal a la vía, dentro del foso. Las toberas estarán dirigidas hacia los distintos puntos del conjunto de rodadura donde interesa proyectar el agua. La batería de eyectores se podrá mover en el sentido de la vía, para que un operario lo sitúe exactamente debajo del conjunto de rodadura sobre el que se va a trabajar. El caudal de agua caliente y su

disponibilidad o reserva dependerán del cálculo de tráfico y su frecuencia, estudio que se deberá de realizar en la fase de proyecto de la instalación.

Es preciso dotar a la instalación de un sistema de seguridad que evite que se active la salida de agua sin estar la composición encima del foso de descongelación, lo que podría provocar que los chorros de agua tocaran el hilo de contacto de la catenaria. Para este propósito se instalarán elementos de detección situados en una posición tal que se garantice que hay un conjunto de rodadura encima del descongelador. Todos los elementos metálicos deberán estar dotados de puestas a tierras independientes e interconectadas con la red de tierra, de acuerdo con la norma UNE-EN 50122-1, para evitar cualquier inducción o diferencia de potencial, por lo que se deberá realizar un estudio específico de la resistividad del terreno donde se va a instalar el foso.

La instalación de agua caliente dispondrá de equipos de producción de agua caliente, consistentes en una caldera, dos intercambiadores de placas, bombas, filtros y un acumulador de agua caliente. El alojamiento de estos elementos se realizará en las proximidades del cambiador.

En los fosos de descongelación se sitúa una bomba de extracción para la recuperación del agua caída en el foso, para su reciclado. La tubería de agua desde la sala de calderas a los fosos y el retorno se colocarán dentro de unas conducciones aisladas, para limitar las pérdidas de calor.

El foso será estanco, de tal modo que permita la completa recogida del agua o de otros fluidos que pudieran emplearse en los procesos de descongelación.

Además, se recomienda disponer de un foso de inspección (o integrar este en el foso de descongelación) entre el cambiador y el foso de descongelación para poder comprobar visualmente que se ha efectuado de forma correcta la descongelación.

Al igual que el foso que alberga el cambiador, los fosos de descongelación deberán estar diseñados de tal forma que se permita el acceso de manera segura de los operarios y se garantice una correcta evacuación.

6.-ZONA Y ENTORNO DEL CAMBIADOR. TRAZADO

Trazado en planta

La vía en el entorno del cambiador debe estar en alineación recta en un mínimo de 51 m desde el borde del cambiador a cada lado del mismo, para garantizar el centrado del material rodante antes de entrar en la plataforma de cambio de ancho. Es recomendable que se amplíe esta zona en recta hasta 65 m.

La vía en el resto del entorno del cambiador puede estar en curva, aunque se recomienda el mayor radio posible.

En el caso de no disponer de espacio suficiente en alineación recta para alcanzar el valor indicado, se podrá reducir hasta un mínimo de 25 m a cada lado del cambiador desde el borde de este, pero en tal caso se deberán instalar dos contracarriles simétricos, para centrar totalmente el tren en el tramo de la vía sin balasto.

En la zona donde exista contracarril (o perfil equivalente en cuanto a funcionalidad) se conservará una distancia entre contracarril y eje de la vía de $678,5_{-2}^0$ mm (para el ancho nominal de 1435 mm) y 795_{-2}^0 mm (para el ancho nominal de 1668 mm) y una distancia entre contracarriles de 1357_{-3}^0 mm y 1590_{-3}^0 mm, respectivamente (Figura 20).

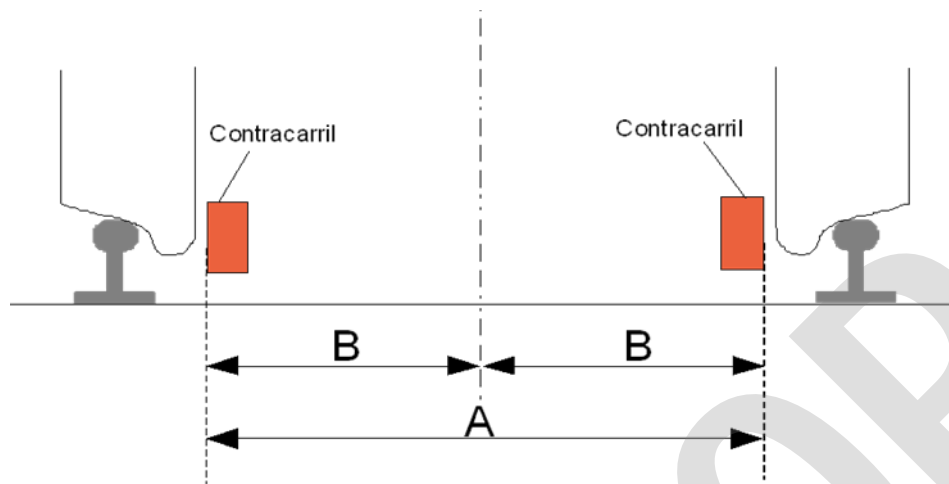


Figura 22. Distancias (mm) en zona de contracarril

Ancho de vía nominal = 1435 mm $A = 1357_{-3}^0$ $B = 678,5_{-2}^0$

Ancho de vía nominal = 1668 mm $A = 1590_{-3}^0$ $B = 795_{-2}^0$

Trazado en alzado en la zona del cambiador

En la zona del cambiador la pendiente será uniforme, no superando la rampa o pendiente máxima de 5 milésimas, siendo recomendable que dicha zona esté en horizontal o con la menor inclinación posible.

Trazado en alzado en el entorno del cambiador

La rampa o pendiente máxima de vía en el entorno del cambiador depende del tipo de material rodante que circule por el cambiador. Si las instalaciones se optimizan para el paso de los trenes autopropulsados, es conveniente la ausencia de rampas o pendientes en las proximidades del cambiador, ya que éstas resultan perjudiciales para la maniobra. Además, estos trenes no necesitan de vías mango para su operación.

Por el contrario, en el caso del material remolcado, para facilitar la maniobra de paso por gravedad, es recomendable la declividad favorable por ambos lados hacia el cambiador ("perfil de bañera"), además de facilitar la liberación de determinados piquetes con otros tipos de material en caso de avería.

Trazado en alzado para cambiadores diseñados para trenes autopropulsados y trenes empujados (no dependientes del movimiento por gravedad).

Si el cambio de ancho coincide con el cambio de tensión, el tren no tracciona durante un tiempo. Este es el motivo por el que se diseñarán los perfiles en el entorno del cambiador lo más horizontales posibles, teniendo como valores máximos de referencia de 5 milésimas de rampa o pendiente. No obstante, se aceptarán valores máximos excepcionales de hasta 12,5 milésimas, lo cual requerirá realizar un estudio cinemático que asegure que el material rodante pasa por el cambiador completamente sin detenerse. Se procurará que las zonas de mayor inclinación estén alejadas del cambiador.

La razón de esta limitación es asegurar que el tren puede mantener su movimiento al pasar por inercia por el cambiador (o al menos al pasar sin funcionar algunos de los motores de tracción), mientras tiene que superar la resistencia al avance adicional que le impone el cambiador.

Trazado en alzado para cambiadores optimizados para paso por gravedad.

En el caso de los cambiadores en que se prevea el paso de los trenes por gravedad (porque lleguen al cambiador remolcados por una locomotora que se aparta en las vías mango del propio cambiador), la declividad en el entorno del cambiador se calculará de forma que permita su paso por gravedad, siendo como mínimo de 3,5 milésimas.

En caso de que en la trayectoria del tren, cuando pasa por gravedad, haya una curva (o un paso por vía desviada), la pendiente debe aumentarse (en una longitud equivalente a la de la curva) en $800/R$ milésimas (siendo R el radio de la curva, en metros), para compensar con la mayor fuerza gravitatoria la retención que la curva ejerce sobre el tren. El desvío a vía desviada debe estar fuera de la zona recta.

Trazado en alzado para cambiadores diseñados para cualquier tipo de material rodante.

Se deberán cumplir los requisitos de los dos casos anteriores.

Acuerdos verticales en el entorno del cambiador

Los acuerdos verticales deben proyectarse para que se cumpla la longitud mínima establecida en el apartado 4.4.17.

La longitud mínima de vía en pendiente constante, a cada lado del cambiador, y desde el borde de este, es de 27 m.

Vías mango y desvíos

Un cambiador, en el caso más general, cuenta hasta con cuatro vías mango:

- Dos de ellas (una de cada ancho de vía) están alejadas del cambiador y próximas al punto de conexión con la vía general (se denominarán vías mango de empuje y seguridad), para permitir el estacionamiento de la locomotora antes del cambio de ancho.
- Otras dos vías mango están más próximas al cambiador, y son denominadas vías mango de apartado de locomotoras. Estas vías mango tendrán la longitud suficiente para estacionar dos locomotoras (45 m mínimos útiles). Instalación en la misma línea

Instalación en la misma línea:



Figura 23. Ejemplo de instalaciones de un cambiador de ancho con vías mango

Instalación entre desvíos de dos líneas diferentes paralelas:

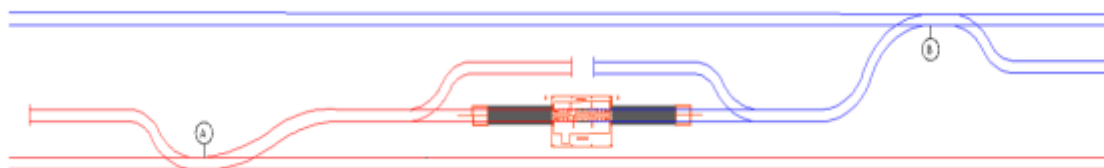


Figura 24. Ejemplo de instalaciones de un cambiador de ancho con vías mango.

7.-INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES

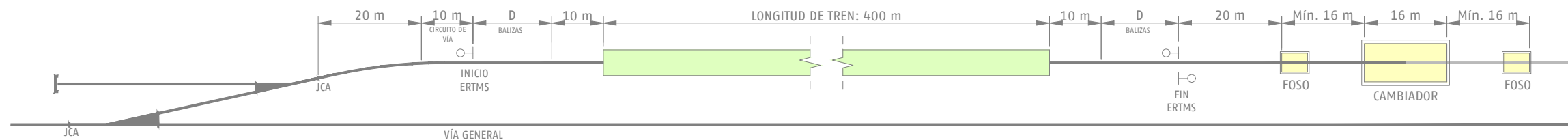
La transición entre puestos de mando o canales de comunicación Tren-Tierra no se debe realizar en el mismo cambiador, sino en una zona próxima a él, de forma que el conjunto del cambiador esté controlado desde un único punto.

Si en las proximidades del cambiador hay transición de dos puestos de mando dotados de control de tráfico centralizado, aquél que no gobierne la instalación debe tener visualización de la misma, a fin de disponer de una mejor coordinación de la circulación.

A continuación se presentan dos planos que establecen las distancias requeridas para disponer la señalización en las zonas de ubicación de los cambiadores de ancho.

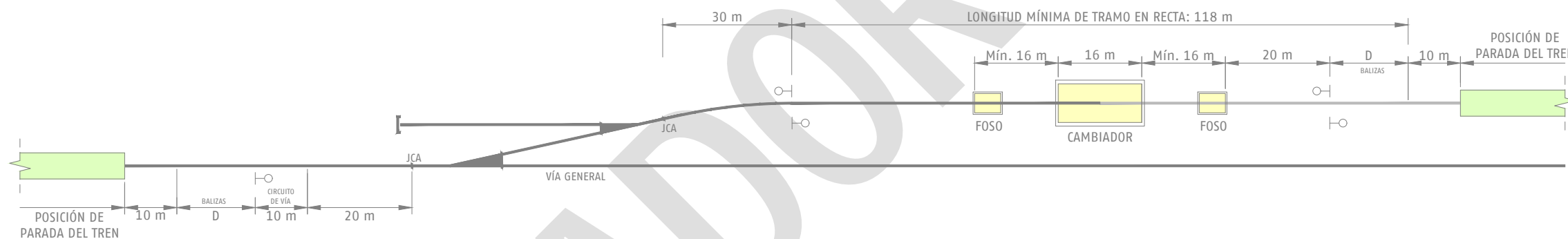
CONFIGURACIÓN 1:

- ACCESO A CAMBIADOR A TRAVÉS DE VÍA DE APARTADO.
- ERTMS HASTA CAMBIADOR DE ANCHO.



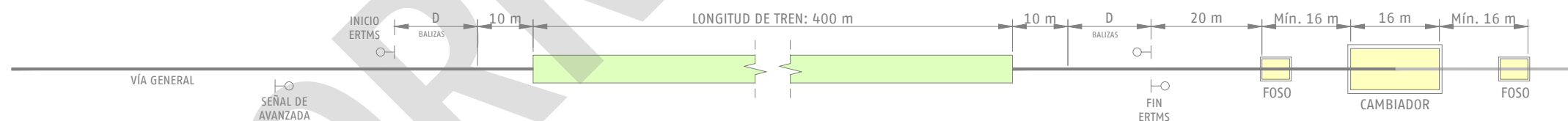
CONFIGURACIÓN 2:

- ACCESO A CAMBIADOR A TRAVÉS DE VÍA DE APARTADO.
- PARADA DE TREN EN VÍA GENERAL.



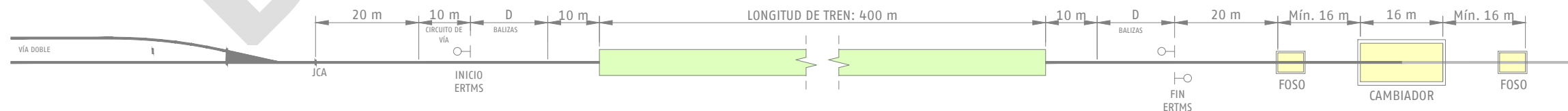
CONFIGURACIÓN 3:

- ACCESO A CAMBIADOR DESDE VÍA GENERAL - VÍA ÚNICA.



CONFIGURACIÓN 4:

- ACCESO A CAMBIADOR DESDE VÍA GENERAL - VÍA DOBLE.
- LA VÍA DOBLE PASA A VÍA ÚNICA ANTES DEL CAMBIADOR.
- ERTMS HASTA CAMBIADOR DE ANCHO.



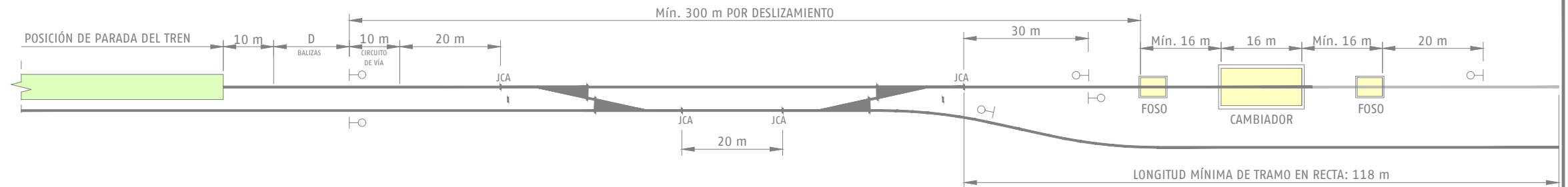
D: Distancia para ubicación de balizas.

Esta distancia dependerá del sistema de señalización a instalar:

- ASFA: 5 m
- ERTMS N2: 15 m
- ERTMS N1: 20 m

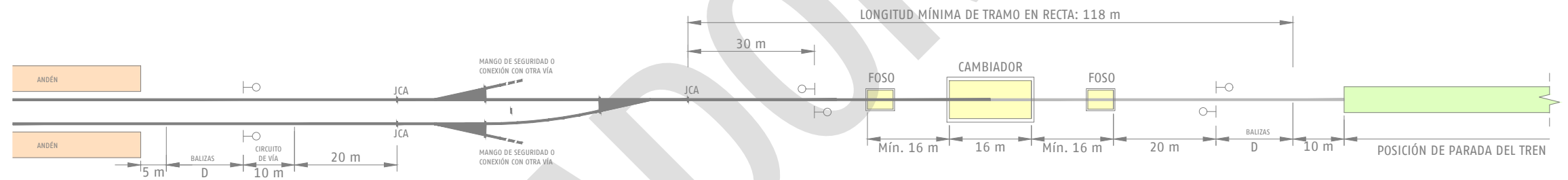
CONFIGURACIÓN 5:

- ACCESO A CAMBIADOR DESDE VÍA GENERAL - VÍA DOBLE.
- VÍA DOBLE: UNA DE LAS VÍAS PASA POR EL CAMBIADOR Y LA OTRA TIENE CONTINUIDAD.
- ERTMS HASTA CAMBIADOR DE ANCHO.



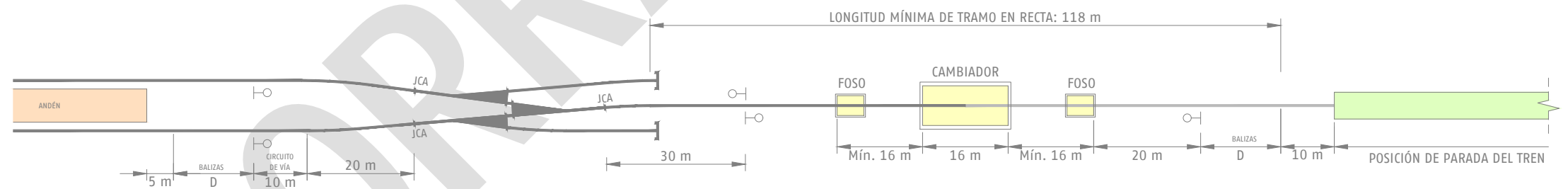
CONFIGURACIÓN 6:

- ACCESO A CAMBIADOR DESDE VÍAS DE ESTACIÓN.



CONFIGURACIÓN 7:

- ACCESO A CAMBIADOR DESDE VÍAS DE ESTACIÓN.



D: Distancia para ubicación de balizas.
 Esta distancia dependerá del sistema de señalización a instalar:

- ASFA: 5 m
- ERTMS N2: 15 m
- ERTMS N1: 20 m

VII. Anejo 7: COMBINACIONES DE CURVAS HORIZONTALES

ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
1. LONGITUD LÍMITE DEL ELEMENTO (O ELEMENTOS) INTERMEDIO(S) (L_{SLIM}) ENTRE DOS VARIACIONES BRUSCAS DE CURVATURA	105
2. VARIACIÓN BRUSCA DE LA INSUFICIENCIA DE PERALTE CUANDO EXISTEN VARIACIONES BRUSCAS DE CURVATURA EN LAS CURVAS COMBINADAS.....	105

Este anejo es conforme al apéndice H de la IFI.

Se añaden las siguientes instrucciones adicionales a las incluidas en el apartado 4.4.12 Radio mínimo de las alineaciones circulares, de la presente norma.

En casos excepcionales, cuando existan variaciones bruscas de curvatura, serán de aplicación los requisitos establecidos en este anejo.

Las curvas horizontales se pueden combinar para formar:

- una curva y contracurva,
- curvas de sentidos contrarios con un elemento intermedio y
- curvas en la misma dirección con un elemento intermedio.

Estos tipos de situaciones se muestran en la Figura 25. Los elementos de vía pueden tener una curvatura constante (como en la figura 25), pero también pueden ser una curva de transición con o sin cambio de curvatura variable. En algunos casos, el elemento intermedio puede ser una curva de transición de una longitud inferior a la normal, es decir una curva de transición que no sea conforme a los requisitos establecidos en el apartado 4.4.13.

En la práctica, estas situaciones se presentan en los casos siguientes:

- Vías desviadas en zonas de aparatos de vía.
- Plenas vías adyacentes a las zonas de aparatos de vía.
- Plenas vías cuando no es práctico instalar curvas de transición completas (generalmente en estaciones y vías de apartado).

1. LONGITUD LÍMITE DEL ELEMENTO (O ELEMENTOS) INTERMEDIO(S) (L_{SLIM}) ENTRE DOS VARIACIONES BRUSCAS DE CURVATURA

Un punto de tangencia con una variación brusca de curvatura genera perturbaciones del comportamiento dinámico del vehículo. Sería conveniente, por lo tanto, que hubiera una longitud mínima hasta el siguiente punto de tangencia con una variación brusca de curvatura.

La longitud límite del elemento intermedio, o de los elementos intermedios, entre dos variaciones bruscas de curvatura respetará los valores fijados en el apartado 4.4.13.3.

2. VARIACIÓN BRUSCA DE LA INSUFICIENCIA DE PERALTE CUANDO EXISTEN VARIACIONES BRUSCAS DE CURVATURA EN LAS CURVAS COMBINADAS

Este apartado es de aplicación a las líneas de ancho estándar, ancho ibérico y ancho métrico.

2.1 Longitud del elemento (o elementos) intermedio(s) igual(es) o superior(es) al valor límite mínimo ($L_s \geq L_{slim}$)

Si la longitud total del elemento (o los elementos) intermedio(s) es superior al valor límite ($L_s \geq L_{slim}$), los puntos de tangencia con variación brusca de curvatura deben ser considerados independientemente, y la variación brusca de la insuficiencia de peralte (ΔI) para cada punto de tangencia debe verificar el valor límite establecido en el apartado 4.4.5).

2.2 Elemento(s) intermedio(s) de longitud inferior a la estándar ($L_s < L_{slim}$), o cuando no hay ningún elemento intermedio ($L_s = 0$).

Si la longitud total del o de los elementos intermedios no es conforme a lo indicado en el apartado 4.4.13, la velocidad máxima autorizada debe estar basada en las variaciones bruscas de la insuficiencia de peralte siguientes (véase la Figura 25):

- Para una curva y contracurva: $\Delta l = l_1 + l_2$;
- Para dos curvas de dirección contraria con una zona recta intermedia: $\Delta l = l_1 + l_2$;

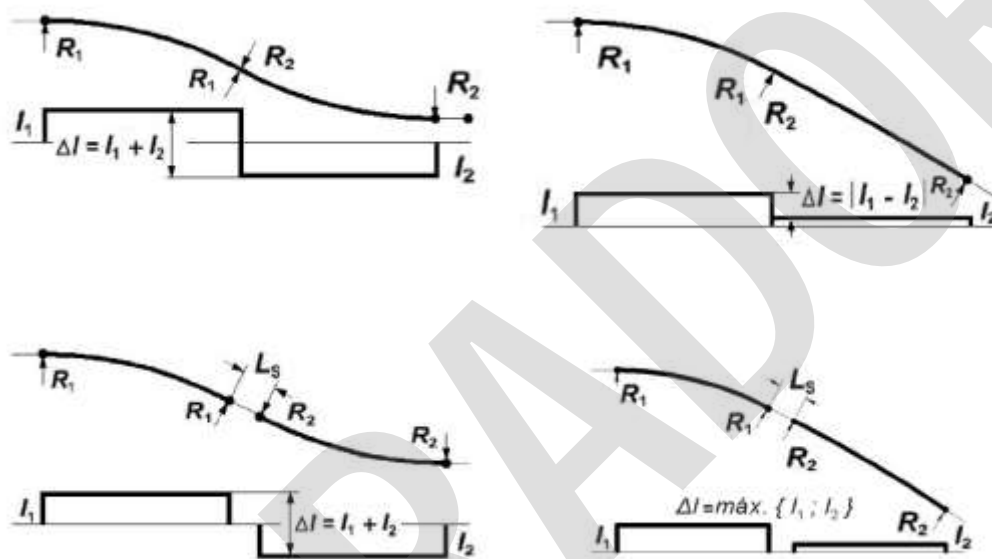


Figura 25. Combinaciones de los elementos del trazado en planta.

Casos de trazados equivalentes se producen cuando dos variaciones bruscas de curvatura están separadas por una longitud inferior al valor L_{slim} , y la segunda variación brusca de curvatura interactúa con la primera dando lugar un aumento de la variación total de curvatura entre los dos puntos de tangencia. Estos casos deben ser evaluados utilizando la ecuación $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$:

- Para las curvas de distintos radios: $\Delta l = |l_1 - l_2|$
- Para dos curvas de la misma dirección, con una zona recta intermedia sin peralte: $\Delta l = \text{máx. } \{l_1; l_2\}$

Se debería evitar, en la medida de lo posible, esta combinación, debiendo utilizarse una curva de distintos radios con $L_s = 0$.

2.3 Requisitos para prevenir el encaballamiento o bloqueo de los topes

Los requisitos para el cálculo de la longitud mínima de la alineación recta intermedia, para prevenir el encaballamiento de los topes entre curvas de direcciones contrarias, están basados en la limitación del desplazamiento relativo por inscripción en curva, en secciones externas a la altura de los topes, a un valor máximo de 0,395 m, con el fin de centrar las cabezas de los topes a baja velocidad en las composiciones del material rodante, sin esfuerzos longitudinales. Algunas de las características del vehículo de referencia, utilizadas para este análisis, son las siguientes:

- a : Distancia entre pivotes de bogies o entre ejes extremos de vehículos sin bogies: 19 m
- n : Distancia entre los platos de topes y los ejes extremos o pivotes de bogies: 3,7 m
- Δ : Ancho del plato del tope: 635 mm
- w : Holgura lateral del vehículo: ± 60 mm

En las tablas 49 y 50 se recogen, respectivamente, las fórmulas para el cálculo de los valores mínimos de longitud de tramo recto intermedio entre curvas de direcciones contrarias, y los valores para las combinaciones de radios habituales. La representación gráfica del valor mínimo de la longitud del tramo recto intermedio entre curvas de direcciones contrarias, en función de sus radios, se muestra en la Figura 30.

$R_{eq} \geq 106,4$ $R_{eq} \geq$	$L = 0$
$R_{eq} < 106,4$ $R_{eq} < 106,4$	$R_{eq} \geq 106,4 - 17,34 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)$ $L = (R_1 + R_2) \cdot \sqrt{\frac{0,79}{R_1 \cdot R_2} \cdot (106,4 - R_{eq})}$ $R_{eq} \geq 106,4 - 17,33 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)$ $L = (R_1 + R_2) \cdot \sqrt{\frac{0,79}{R_1 \cdot R_2} (106,4 - R_{eq}) + 0,016}$
$R_{eq} < 106,4$ $R_{eq} < 106,4$	$R_{eq} < 106,4 - 17,33 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)$ $L = 22,7 - \sqrt{\left(5,135 \cdot \frac{R_2}{R_1} - 1\right) \cdot (0,79) \cdot (R_1 - 106,4) + 0,017}$ $R_{eq} < 106,4 - 17,33 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)$ $L = 22,7 - \sqrt{\left(5,135 \cdot \frac{R_2}{R_1} - 1\right) \cdot (0,79) \cdot (R_1 - 106,4)}$

Tabla 52. Fórmulas para el cálculo del valor límite para la longitud L (m) del tramo recto intermedio, entre dos curvas circulares de dirección contraria.

en donde:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ [m]}, \quad \text{y} \quad R_2 \geq R_1.$$

R_1 : Radio en metros de la curva de menor radio.

R_2 : Radio en metros de la curva de mayor radio.

R_{eq} : Radio equivalente, en metros.

L : longitud mínima de tramo recto intermedio, en metros.

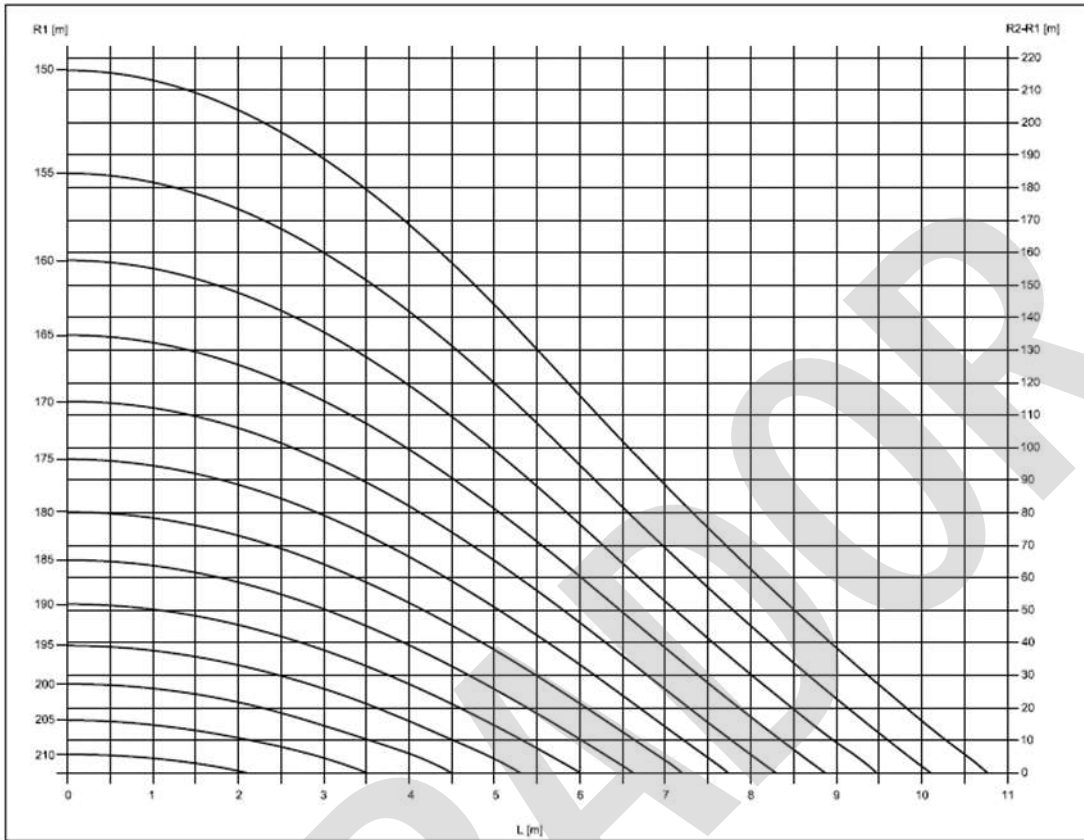


Figura 30. Representación gráfica de la mínima longitud de tramo recto entre dos curvas circulares, en función de los radios de las curvas.

en donde:

$$R_2 \geq R_1$$

R_1 : Radio de la curva de menor radio, en metros.

R_2 : Radio de la curva de mayor radio, en metros.

L: Longitud mínima del tramo recto intermedio, en metros.

R1 R2	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220
150	10,78	10,53	10,29	10,06	9,83	9,6	9,38	9,16	8,94	8,73	8,52	8,31	8,11	7,91	7,71
160	10,29	9,86	9,48	9,22	8,97	8,73	8,49	8,25	8,02	7,79	7,56	7,34	7,12	6,91	6,69
170	9,83	9,37	8,97	8,62	8,3	8,04	7,78	7,53	7,28	7,04	6,8	6,55	6,31	6,06	5,81
180	9,38	8,91	8,49	8,12	7,78	7,48	7,2	6,93	6,65	6,37	6,08	5,79	5,49	5,18	4,86
190	8,94	8,45	8,02	7,63	7,28	6,96	6,65	6,33	6	5,67	5,33	4,97	4,59	4,19	3,76
200	8,52	8,01	7,56	7,16	6,8	6,44	6,08	5,71	5,33	4,93	4,5	4,04	3,54	2,97	2,28
210	8,11	7,59	7,12	6,7	6,31	5,91	5,49	5,06	4,59	4,09	3,54	2,91	2,11	0,73	0
220	7,71	7,17	6,69	6,25	5,81	5,35	4,86	4,34	3,76	3,1	2,28	0,95	0	0	0
230	7,32	6,77	6,27	5,79	5,29	4,76	4,18	3,52	2,74	1,67	0	0	0	0	0
240	6,95	6,38	5,85	5,32	4,74	4,11	3,38	2,5	1,07	0	0	0	0	0	0
250	6,58	5,99	5,42	4,81	4,14	3,36	2,39	0,51	0	0	0	0	0	0	0
260	6,22	5,6	4,97	4,26	3,46	2,44	0,36	0	0	0	0	0	0	0	0
270	5,86	5,2	4,48	3,66	2,64	0,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	5,51	4,78	3,96	2,96	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	5,15	4,33	3,37	2,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	4,77	3,85	2,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310	4,37	3,31	1,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
320	3,95	2,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330	3,47	1,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	2,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	1,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 53. Valores límite para la longitud mínima del tramo recto intermedio entre dos curvas circulares de dirección contraria, para las combinaciones de radios habituales.

Quando el elemento intermedio no sea una alineación recta, deberá llevarse a cabo un cálculo a fin de comprobar que la magnitud del desplazamiento relativo entre los topes, por inscripción del vehículo de referencia a lo largo del trazado, no es mayor de 0,395 m.

VIII. Anejo 8. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA RAMPA CARACTERÍSTICA

ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
1.- RAMPA FICTICIA (I)	111
2.- RAMPA CARACTERÍSTICA. MÉTODO GENERAL DE CÁLCULO	112

BORRADOR

En tanto en cuanto, no se modifique el documento de referencia para el cálculo de la rampa característica NGC-06 (nombre completo), este anejo será de aplicación a la hora de determinar la rampa característica.

1.- RAMPA FICTICIA (I)

Se define como rampa ficticia de un tramo de rampa física R_F (en milésimas) y radio de curva R (en metros) al valor que resulta de sumar las siguientes componentes:

- Rampa física (R_F). Es el valor de la declividad real de la vía.
- Un factor corrector debido a la resistencia por inscripción en curva (W_{BO}).

Por la tanto, la rampa ficticia se calcula de la siguiente manera:

$$I = R_F + W_{BO}$$

El efecto de la resistencia al avance de un tren al circular en curva puede asimilarse a una rampa ficticia, es decir, a un incremento positivo de la declividad, lo que se traduce en una deceleración adicional del tren respecto a la situación de vía recta.

Existen diferentes fórmulas empíricas para cuantificar este defecto (Desdoutis, Röckl, etc). a partir de ellas se obtienen las expresiones siguientes:

Para ancho de vía 1.668 mm; $W_{BO} = \frac{800}{r} \left[\frac{N}{kN} \text{ ó } \text{‰} \right]$
Para ancho de vía 1.435 mm; $W_{BO} = \frac{700}{r} \left[\frac{N}{kN} \text{ ó } \text{‰} \right]$
Para ancho de vía 1.000 mm; $W_{BO} = \frac{500}{r} \left[\frac{N}{kN} \text{ ó } \text{‰} \right]$

Alternativamente, para ancho de vía 1.435 mm, pueden emplearse las expresiones de Röckl, aplicando un valor de interpolación redondeado para curvas de entre 250 y 350 m, cuya formulación es:

Para $r < 250$ m: $W_{BO} = \frac{500}{r-30} \left[\frac{N}{kN} \text{ ó } \text{‰} \right]$
Para $250 \text{ m} \leq r \leq 350$ m: $W_{BO} = 2,2 \left[\frac{N}{kN} \text{ ó } \text{‰} \right]$
Para $r > 350$ m; $W_{BO} = \frac{650}{r-55} \left[\frac{N}{kN} \text{ ó } \text{‰} \right]$

No se tendrá en cuenta esta resistencia al avance en curvas de radios superiores a 5.000 metros, dado que su efecto se considera despreciable.

Dicho valor se suma siempre con signo positivo a la declividad media real de la vía en el tramo de frenado, obteniéndose como valor resultante una declividad ficticia, que corresponde al valor que debe considerarse y que debería seleccionarse en las tablas de distancias de frenado.

Ejemplo de aplicación (ancho de vía 1.668 mm)

Rampa de 8‰ en 250 metros de longitud y pendiente de 14‰ con curva de radio 400 m en 500 metros.

$$\text{Declividad resultante} = \frac{8 \cdot 250 + \left(-14 + \frac{800}{400}\right) \cdot 500}{250 + 500} = -5,33\text{‰}$$

$$\text{Declividad resultante} = -5,33 \text{‰} \sim -6 \text{‰}$$

2.- RAMPA CARACTERÍSTICA. MÉTODO GENERAL DE CÁLCULO

Lo primero a realizar será subdividir la línea en trayectos diferenciados en los que se establecerá una rampa característica única.

Dicha subdivisión se realizará con los siguientes criterios:

- Los límites de los trayectos coincidirán con estaciones, bifurcaciones o cargaderos.
- Se procurará el aprovechamiento máximo de la carga en función de la lógica de los tráfico que puedan discurrir por la línea; en este sentido, se valorará especialmente la situación más favorable para las estaciones que sean origen de trenes y las bifurcaciones.

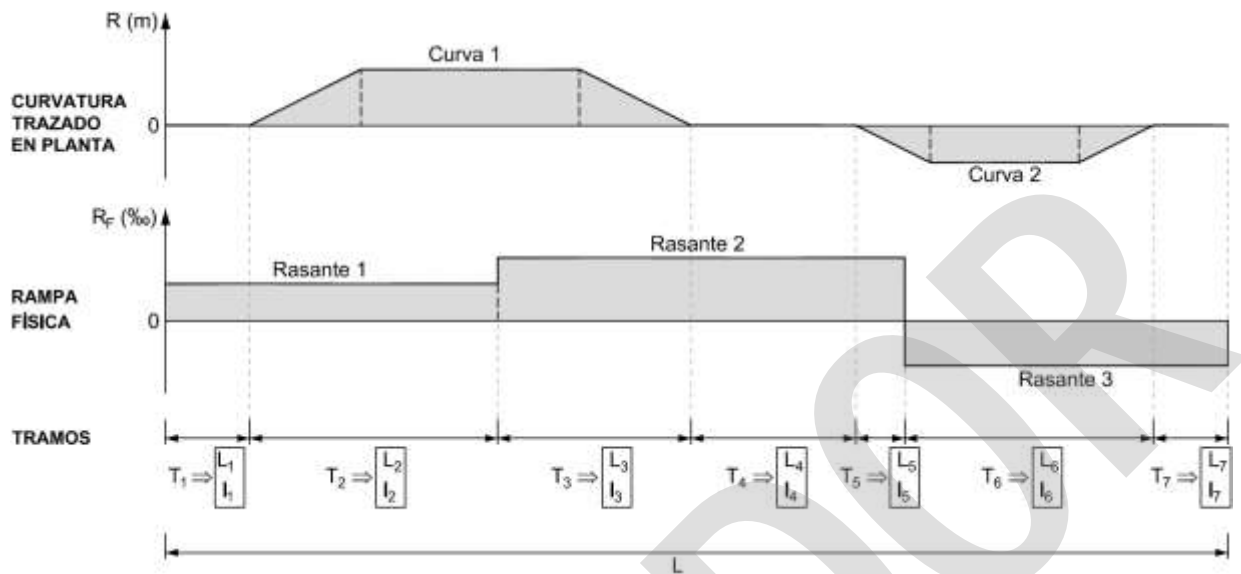
Una vez definidos los trayectos a los que se pretende asignar una rampa característica, se procederá a tramificarlo. Cada uno de estos trayectos, de longitud L, se subdividirá en n tramos homogéneos (**T1, T2, ..., Tn**) para su tratamiento de forma independiente, según el valor de la rampa ficticia.

Cada tramo (**T1, T2, ..., Tn**) tendrá asociado los respectivos valores de rampa ficticia (**I1, I2, ..., In**) y sus correspondientes longitudes (**L1, L2, ..., Ln**).

Para realizar esta tramificación en un trazado ferroviario, se considerarán las siguientes simplificaciones:

- En planta, se considerará que el tramo correspondiente a una curva de radio R incluye las correspondientes clotoides de entrada y de salida.
- En alzado, se considerarán las distintas rasantes entre vértices, sin tener en cuenta los correspondientes acuerdos verticales.

Ejemplo:



Una vez tramificado el trayecto, se iniciará un proceso iterativo para el cálculo de la rampa característica I^* .

Inicialmente se toma como valor inicial para la rampa característica la máxima rampa ficticia que haya en todo el trayecto. Reduciendo gradualmente ese valor inicial, la rampa característica I^* será el valor menor que cumpla las siguientes condiciones:

1º) No puede haber tramos cuya rampa ficticia sea 3‰ mayor que la rampa característica del trayecto. Se hace la siguiente comprobación:

$$\forall i = 1, \dots, n \quad I^* \geq I_i - 3$$

2º) Aquellos tramos en los que la rampa ficticia sea mayor que la rampa característica no podrán tener una longitud superior a 1.000 m. Se hace la siguiente comprobación:

$$\forall i = 1, \dots, n \quad \text{tal que } I^* < I_i, \text{ se tiene que } L_i \leq 1000 \text{ m}$$

3º) La suma de la longitud de los tramos cuya rampa ficticia sea mayor que la rampa característica no puede superar el 10% de la longitud total del trayecto.

Se hace la siguiente comprobación para los tramos que se cumplan las dos condiciones anteriores:

$$\sum L_i < L \times 0,1$$

La suma de longitudes de varios tramos consecutivos con rampa ficticia superior a la característica no podrá ser superior a 1000 m.

La rampa característica obtenida se redondeará a un valor en ‰ sin decimales.

Se calculará la rampa característica para cada uno de los sentidos de circulación. En estas condiciones, se garantiza generalmente:

- Un punto de arranque cada 1.000 m.
- Una pérdida de velocidad inferior al 35 % respecto de la velocidad con la que se aborda las rampas con declividad superior a la rampa característica.

- Un tiempo de eventual sobreesfuerzo limitado a 1 minuto en locomotoras eléctricas y a 3 minutos en locomotoras diésel.

Para conseguir el arranque en todo punto de la línea, la rampa característica será igual a la rampa más restrictiva del trayecto.

El método desarrollado en la presente Norma Técnica ha de contemplarse como un procedimiento general de cálculo, el cual estará abierto a una aplicación matizada en determinados casos específicos.

Independientemente, siempre sería aconsejable hacer una simulación de marcha tipo con la rampa característica y carga máxima para locomotoras de línea de tracción eléctrica y diesel con baja velocidad de régimen continuo como son:

- Locomotora eléctrica serie 269.0
- Locomotora diésel serie 319.4

En la marcha tipo, se debería comprobar que la pérdida de velocidad que se produce por efecto de las rampas superiores a la característica es admisible.

IX. Anejo 9: CONFIGURACIÓN DE UNA VÍA DE APARTADO EN UNA ESTACIÓN/PAET (EJEMPLO)

La configuración habitual de una vía de apartado en una estación sencilla de viajeros responde al esquema de PAET (v.g. Cuenca, Requena, Calatayud, Medina del Campo o Antequera) y es del tipo que muestra la figura:

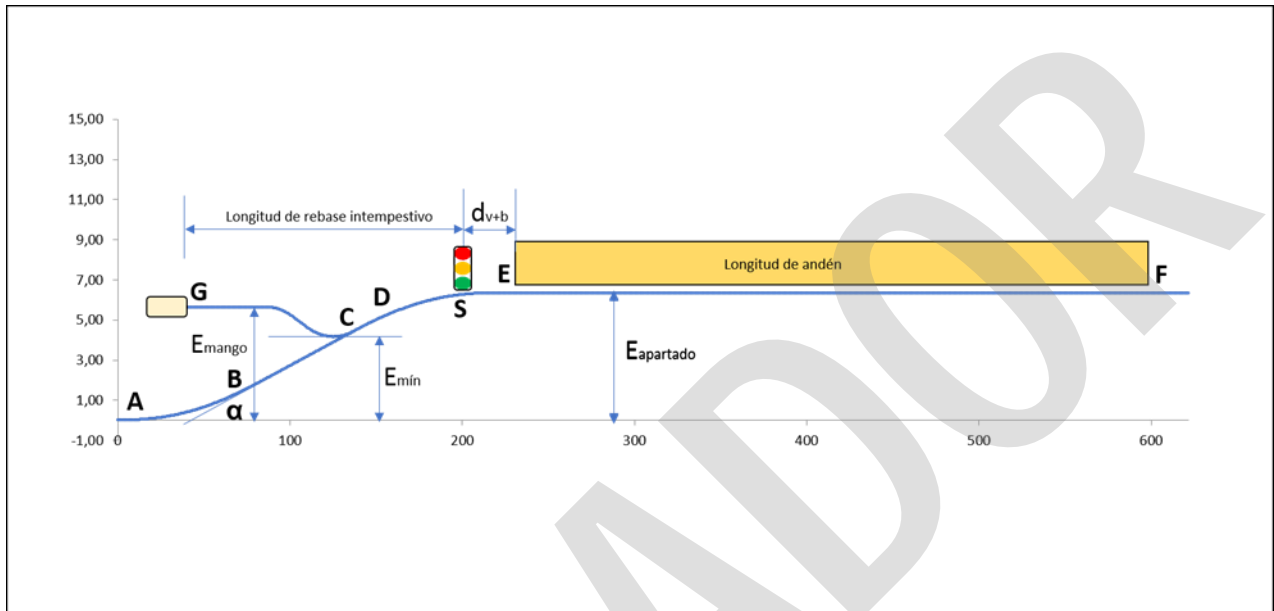


Figura 31. Esquema de la vía de apartado de una estación de viajeros AV.

Los datos para una estación de viajeros serían los del cuadro adjunto. El caso general es que el entreje sea de 6,35 metros. La longitud de la vía mango puede ampliarse (sobre las longitudes mínimas descritas en el anexo 4) en caso de necesidad de apartado de trenes o material rodante de mantenimiento.

Apartado AV viajeros.			
Radios de las curvas de la vía desviada: 3.000/1.500/ ∞		X	Y
A	JCA	0,000	0,000
B	Final curva. Inicio de recta	92,248	2,350
C	JCA desvío mango	133,642	4,269
D	Final recta. Inicio contracurva ($\infty/1.200/\infty$)	140,717	4,597
E	Final contracurva. Inicio de Andén	216,348	6,350
F	Punto de parada	626,348	1,924
S	Señal	191,348	6,242
G	Topera o lecho de frenado	12,710	5,485
α	Ángulo (rad)	0,046359549	

Apartado AV viajeros.			
Radios de las curvas de la vía desviada: 3.000/1.500/∞		X	Y
E _{apartado}	Entreeje vía de apartado	6,350	
E _{mín}	Entreeje mínima vía mango	4,000 (valor a determinar en el apto.entreeje mín. en función de la veloc.)	
EF	Longitud de andén	410,000	
AF	Longitud de frenado en apartado	626,348	
SG	Longitud rebase intempestivo	178,638	
SE	Distancia de visibilidad y balizas	25,000	
SC	Distancia Técnica	53,068	

Tabla 52. Parámetros de la vía de apartado de una estación de viajeros de Alta Velocidad.

La contracurva tiene 2 clotoides de 20 metros y un tramo central de radio 1.200 m. Esto proporciona unos valores muy moderados para la aceleración sin compensar y la variación brusca de la aceleración sin compensar. No es necesario dotar de peralte a esta curva. El tramo recto supera con creces los valores mínimos de longitud para calma del vehículo tras la primera curva (40 metros). En todo el recorrido no se superan los 0,38 m/s² de aceleración por insuficiencia de peralte.

La variación brusca de la aceleración se da en la JCA del desvío, donde la velocidad es 80 km/h y el radio 3.000 m. Así, se da un incremento brusco de aceleración de 0,17 m/s².

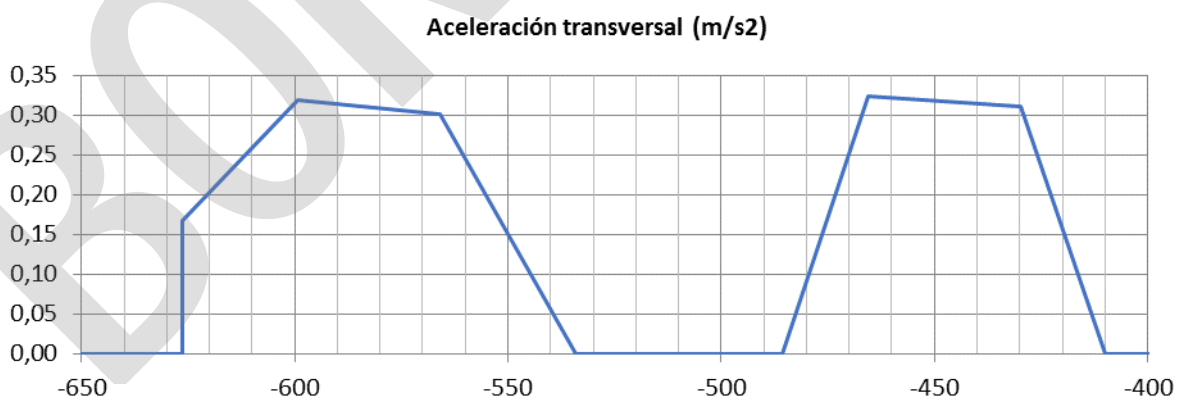


Figura 32 . Aceleración por insuficiencia en el acceso a la vía de apartado

En líneas nuevas, este tipo de instalaciones dispondrán siempre de vías mango de seguridad. Las vías de mango de seguridad podrán diseñarse con lecho de frenado o con topera. En cada caso concreto se consultará con el departamento responsable de Adif la necesidad o no de dotar de longitud mayor a los mangos de las estaciones, PAET o PAT, para poder estacionar material rodante de cualquier índole. En este caso, se dispondrá topera y no lecho de frenado. A la rasante del

mango se la dotará de pendiente entre 0 y $-2,5$ mm/m (hacia topera). Sólo se considerará longitud útil el tramo de vía de estacionamiento entre ese rango de pendientes.

Los desvíos de acceso a las vías de mango se dispondrán preferiblemente con vía desviada hacia el mango, salvo en los casos en los que la vía de mango tenga continuidad o vaya a tenerla en el futuro, en cuyo caso podrá disponerse vía directa hacia el mango. En este caso, será obligatorio que las velocidades (100km/h) de paso por desviada sean iguales en los dos desvíos que forman escape.

Se debe procurar establecer la rasante con pendiente 0 mm/m. De no ser posible se cumplirá lo establecido en el apartado 4.4.15. Los aparatos de vía se dispondrán siempre en pendiente uniforme (ver apartado 5.5.6).

En caso de gran dificultad para inscribir la estación en el espacio disponible en la dirección transversal al eje de las vías, se pueden estudiar otras posibles soluciones, tales como:

- Escape de radio 760: Sería de punta móvil el situado en vía general, el conjugado de punta fija. Exige un tramo recto intermedio de al menos 8 metros, lo que proporciona una entreeje mínima de 4,25 m. Permitiría velocidad de paso de 80 km/h.
- Escape de 760 y 500: Ambos tienen tangente 1/14, por lo que se pueden disponer como escape, La velocidad de paso quedaría limitada a 60 km/h y la entreeje puede ser de 4 metros, pues el radio 500 tiene un tramo recto suficiente en su talón. Esta solución solo tiene sentido por la necesidad de disponer un desvío de punta móvil en la general.

Salvo por necesidades de servicio, solo se dispondrán mangos de seguridad en el itinerario de acceso a las vías generales.

En el caso de vías de apartado de cercanías, el punto de parada de una composición en doble está aproximadamente a 400 metros de la JCA del desvío de acceso. Según la curva de frenado, con deceleración de $0,6$ m/s², la velocidad de paso por la JCA es inferior a 80 km/h.

BORRADOR