

ANEJO Nº 7

SUPERESTRUCTURA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	2
3. SUPERESTRUCTURA.....	2
3.1. BALASTO Y SUBBALASTO	3
3.1.1. <i>Características físicas del balasto</i>	3
3.1.2. <i>Características geométricas del balasto.....</i>	3
3.1.3. <i>Tolerancias geométricas en la capa de subbalasto.....</i>	4
3.2. TRAVIESAS	5
3.2.1. <i>AI-04</i>	5
3.2.2. <i>PR-01</i>	6
3.3. CARRIL.....	7
3.3.1. <i>Carril 60 E1.....</i>	7
3.3.2. <i>Carril 54 E1.....</i>	7
3.4. APARATOS DE VÍA.....	8
3.4.1. <i>Alternativa A.</i>	8
3.4.2. <i>Alternativa C.....</i>	8
3.4.3. <i>Esquemas de los aparatos de vía proyectados.....</i>	9

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto describir las características y especificaciones que deberán cumplir los materiales de la superestructura de vía a emplear, para las obras contenidas en el presente Estudio Informativo.

Los objetivos primordiales de los diferentes elementos que constituyen la superestructura de la vía son:

- En primer lugar, servir de guía a los trenes durante su desplazamiento
- En segundo, transmitir las cargas estáticas y dinámicas que soportan las ruedas a la plataforma, a través del conjunto de sus componentes.

Junto a estas dos funciones principales, debe cumplir con otras de muy diferente condición, como las relacionadas con las instalaciones de seguridad (delimita los cantones en que divide la línea) o con la electrificación (sirve como vehículo para el retorno de la corriente eléctrica).

Su correcta definición y dimensionamiento vienen condicionados por diversos aspectos como son:

- Situación geográfica
- Trazado, tanto en planta como en alzado
- Condiciones geológico-geotécnicas del suelo soporte
- Sistema de explotación previsto para la línea
- Material rodante previsto en las circulaciones (cargas por eje, velocidades máximas y mínimas, etc.)

Los materiales de vía que componen la superestructura y de los que trata el presente anejo son los siguientes:

- Balasto
- Subbalasto.
- Traviesas
- Carril
- Aparatos de vía.

En primer lugar se realizará un análisis de la situación actual para, a continuación, pasar a describir la superestructura que es necesario disponer en la conexión de las Líneas de Alta Velocidad

2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, en el entorno de Almodóvar del Río confluyen las Líneas de Alta Velocidad Madrid-Sevilla y Córdoba-Málaga, uniéndose en una única plataforma y discurriendo sobre la misma hasta la estación de Córdoba.

El objeto del presente Estudio Informativo es el de realizar la conexión de ambas líneas mediante vía única. Además, las obras necesarias para realizar la conexión, requieren de una rectificación del trazado de la línea convencional existente en el ámbito del estudio.

Para diseñar la superestructura a disponer en la conexión ferroviaria y en la rectificación de la línea convencional, es necesario conocer la superestructura existente en las líneas actuales.

En cuanto a la Línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla, hay que señalar que discurre en vía doble sobre balasto con un entreeje de vía de 4,30 m. La línea cuenta con carril 60 E1 (UIC 60) dispuesto sobre traviesa monobloque AI-89.

Por otro lado, la Línea de Alta Velocidad Córdoba-Málaga discurre en vía doble sobre balasto con un entreeje de 4,70 m. La línea cuenta con carril 60 E1 (UIC 60) dispuesto sobre traviesa monobloque AI-99.

Por último, la línea convencional Alcázar de San Juan – Cádiz existente en el ámbito del estudio, discurre en vía única sobre balasto. Cuenta con carril 54 E1 (UIC 54) y traviesa monobloque PR-90

3. SUPERESTRUCTURA

En el presente apartado se mencionan brevemente las características de la sección transversal adoptada en la conexión objeto del Estudio Informativo para, a continuación, pasar a describir los principales elementos que conforman la superestructura.

La conexión entre las Líneas de Alta Velocidad Madrid-Sevilla y Córdoba Málaga objeto del presente estudio se realiza mediante una vía única sobre balasto.

En los extremos de dicha conexión se han dispuesto sendos desvíos para unir la nueva vía con las Líneas de Alta Velocidad.

La sección transversal de la vía está constituida por una capa de forma de 60 cm de espesor sobre la que se asienta una capa de subbalasto de 30 cm, que a su vez sirve de soporte para la capa de balasto, de 35 cm de espesor.

Sobre las capas de asiento se disponen las traviesas y, sujetos a las mismas, los carriles.

El ancho de vía que se ha considerado es de 1435 mm, siendo los taludes de la banqueta de balasto de 3H:2V, y los del subbalasto y la capa de forma de 2H:1V. El hombro de balasto es de 1,10 m y la pendiente transversal de las capas de asiento es del 5%.

Cabe señalar, que en una de las alternativas es necesario rectificar un tramo de la línea convencional existente Alcázar de San Juan-Cádiz.

Para dicha rectificación se ha considerado la disposición de una vía única de ancho ibérico con una sección transversal compuesta por 25 cm de balasto, 25 de subbalasto y 40 de capa de forma.

Los taludes considerados son de 5H:4V para la banqueta de balasto y de 2H:1V para el subbalasto y la capa de forma. El hombro de balasto es de 0,90 m y la pendiente transversal de las capas de asiento es del 3%.

Las características de los distintos elementos que componen la superestructura se describen a continuación:

3.1. BALASTO Y SUBBALASTO

3.1.1. Características físicas del balasto

La resistencia al desgaste del balasto se mide mediante el coeficiente del Desgaste Los Ángeles (abreviadamente, CLA), y no debe ser superior al catorce (14) por ciento (categoría “1” del Pliego Europeo y la Norma Española de Balasto).

Respecto a la absorción de agua del balasto, si ésta no supera el 0,5%, se considera que el árido es resistente al ataque del hielo - deshielo. Cuando la absorción es superior al 1,5% debe descartarse este material como válido para balasto. Para absorciones intermedias, se somete al balasto a un ensayo de hielo – deshielo o a un ensayo de estabilidad a la acción del sulfato magnésico.

La resistencia a compresión simple del balasto es como mínimo de 1200 kg/cm², medida con probetas cilíndricas de diámetro mínimo 50 mm y esbeltez igual a ½ (relación altura/diámetro).

La resistencia a la fragmentación, para el balasto de categoría “1”, vendrá dada por un valor del ensayo de impacto menor o igual a 14.

El peso del balasto se establece en 4,5 toneladas por metro lineal de vía simple, para una densidad del balasto de 1,5 t/m³ y 3,0 m³ por metro lineal de vía simple.

Característica física	Ensayo	Valor
Resistencia al desgaste	Desgaste Los Ángeles	≤ 14 %
Absorción de agua		≤ 0,5 %
	Ensayo de hielo – deshielo o a un ensayo de estabilidad a la acción del sulfato magnésico	Para valores entre 0,50 % y 1,5 %
Resistencia a compresión simple		1200 kg/cm ²
Resistencia a la fragmentación	Ensayo de impacto	≤ 14
Peso		4,5 toneladas por metro lineal de vía simple

3.1.2. Características geométricas del balasto

El balasto está compuesto fundamentalmente por elementos de piedra partida de tamaño comprendido entre 31,5 mm y 50 mm en su mayor parte, con una curva granulométrica bien graduada para conseguir un mayor número de contactos entre partículas (lo cual origina en las mismas un número menor de roturas por dichos contactos y un inferior asentamiento de la superestructura). La granulometría del balasto cumplirá con los límites expresados en la categoría “1” de la Norma Europea y de acuerdo con la siguiente tabla:

TAMAÑO(mm)	% DE LA MASA QUE PASA
63 mm	100
50 mm	70-99
40 mm	30-65
31,5 mm	0-25
22,4 mm	0-3
31,5-50 mm	≥ 50

La curva granulométrica del balasto se situará dentro del uso granulométrico definido en la tabla anterior.

La piedra partida debe estar limpia de polvo procedente de su machaqueo o de elementos granulares del suelo.

En función de su procedencia, los porcentajes de la masa que pasa por los tamices indicados pueden variar según la siguiente tabla:

Descripción	Valor en cantera	Valor en destino
Pasante por 22,4 mm	3%	5%
Pasante por 0,5 mm	0,6%	1%
Finos < 0,063	0,5%	0,7%

Los elementos pétreos deben tener formas poliédricas de aristas vivas, con la dimensión mayor no superior a 3 veces la dimensión menor, medidas ambas según dos pares de planos perpendiculares y paralelos dos a dos. Se admite un 9% en peso de la muestra comprendida entre los tamices 22,4 y 63 mm que no cumpla la condición anterior (9% de elementos aciculares y lajosos permitido para la fracción de muestra indicada). El índice de lajas no debe sobrepasar el valor de 15.

El espesor mínimo de los elementos granulares debe ser de 25 mm. Se admite un tanto por ciento del peso total de la muestra ensayada (≥ 40 kilogramos), comprendido entre esta medida y dieciséis (16) milímetros, que es función del Coeficiente de Desgaste de Los Ángeles y se determina a partir de la fórmula:

$$C \leq 39,5 - \text{CLA} \quad \text{y} \quad C \leq 27$$

Siendo:

C = tanto por ciento admisible de elementos con espesor comprendido entre veinticinco (25) milímetros y dieciséis (16) milímetros.

CLA = coeficiente de Desgaste de Los Ángeles, en tanto por ciento.

El máximo valor admisible de “elementos comprendidos entre el tamiz de barras de 25mm y el de 16 mm (EM₂₅₋₁₆)” no debe exceder del veintisiete (27) por ciento.

Asimismo, solamente se admitirá un peso máximo de elementos que pasan por el tamiz de dieciséis (16) milímetros, del cinco (5) por ciento, respecto al peso total de la muestra ensayada.

El porcentaje de elementos con espesores inferiores a veinticinco (25) milímetros y a dieciséis (16) milímetros, se obtiene mediante tamizado por los tamices de barras según N.R.V. 3-4-0.2.

El valor máximo en tanto por ciento en peso de partículas de longitud ≥ 100 mm, dentro de la muestra de 40 kg (± 100 g), será menor del 4%.

3.1.3. Tolerancias geométricas en la capa de subbalasto

La tolerancia en el nivel de la superficie de la plataforma, previamente al extendido de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo (- 30, + 15 mm).

Las tolerancias para la superficie del subbalasto terminada, serán las siguientes:

- Nivel superior, en cualquier punto: ± 15 mm, respecto al definido en los planos del proyecto y medido según la vertical.
- Las variaciones (irregularidades) al aplicar una regla de 3 m de longitud, tanto paralela como perpendicularmente al eje del ferrocarril, no serán superiores a 10 mm.
- La tolerancia en el espesor de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo (0, +20 mm), medida según la vertical. El espesor mínimo de la capa será de 150 mm. En el caso de capas construidas por tongadas, el espesor mínimo de tongada será también de 150 mm.

- La tolerancia en el semiancho de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo (0, + 50 mm), medida desde el eje hasta el borde según un plano horizontal.
- La tolerancia en la pendiente transversal de la capa de subbalasto, respecto a la definida en los planos del proyecto, será de $\pm 1\%$. En ningún caso la pendiente será inferior al 3%.

3.2. TRAVIESAS

3.2.1. AI-04

La traviesa a instalar en la conexión objeto del Estudio Informativo será la tipo AI-04, para ancho 1435 mm y carril 60 E1.

Esta traviesa es monobloque de hormigón pretensado con armaduras pretesas o postesas, con 4 casquillos o vainas de anclaje modelo V2 para sujeción VM, que se colocan en los moldes antes del hormigonado de la traviesa en cualquiera de las modalidades de fabricación para que queden embutidos en la misma.

La resistencia característica del hormigón a compresión simple a 28 días será superior a 60 N/mm^2 para cualquiera de los métodos de fabricación.

Entre dos ejes de traviesas contiguas la separación es de 0,6 metros.

Las características geométricas más relevantes de la traviesa tipo AI-04 son las siguientes, y se representan el Documento Nº 2. Planos:

- Longitud: 2,6 metros.
- Peso aproximado ~ 320 Kg.
- Anchura máxima en la base: 300 mm.
- Altura en la sección bajo eje de carril ~ 242 mm.
- Altura en la sección central ~ 210 mm.
- Inclinación del plano de apoyo del carril: 1/20.

Entre otras, las características de materiales a utilizar en la fabricación del hormigón, y del propio hormigón, para las traviesas serán:

- Cemento Portland tipo I con resistencia mínima de 42,5 MPa y con contenido del Ion cloro Cl^- limitado a un máximo del 0,03%.
- Contenido medio de trióxido de azufre SO_3 en el cemento menor o igual al 3,2%, tolerándose un máximo en las muestras de fábricas de traviesas de 3,5% previamente justificado.
- Cemento débilmente alcalino, con una tasa de alcalinidad equivalente total inferior al 0,6%. Entendiendo como alcalinidad equivalente: $\% \text{Na}_2\text{O}_{\text{equivalente}} = \% \text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ o masa total de reactivos alcalinos en el hormigón inferior o igual a $3,5 \text{ kg/m}^3$.
- Agua potable con las siguientes limitaciones:
 - $\text{SO}_4 = \leq 500 \text{ mg/l}$.
 - $\text{pH} \geq 5$.
 - Sustancias disueltas $\leq 15.000 \text{ mg/l}$.
 - $\text{Cl}^- \leq 1.000 \text{ mg/l}$.
 - Hidratos de Carbono = 0.
 - Sustancias orgánicas solubles en éter $\leq 15.000 \text{ mg/l}$.
- Tamaño máximo del árido igual a 25 mm.
- Sin aditivos aceleradores de fraguado.
- Dosificación mínima de cemento igual a 350 kg/m^3 .
- Relación agua/cemento inferior a 0,45.

3.2.2. PR-01

Este tipo de traviesa se dispondrá en las rectificaciones de la vía convencional que estén asociadas a la construcción de la nueva conexión de Alta Velocidad.

Estas traviesas son monobloque de hormigón pretensado con armaduras pretesas o postesas, con 4 casquillos o vainas de anclaje, que se colocan en los moldes antes del hormigonado de la traviesa en cualquiera de las modalidades de fabricación para que queden embutidos en la misma.

La resistencia característica del hormigón a compresión simple a 28 días será superior a 50 N/mm² para cualquiera de los métodos de fabricación.

Entre dos ejes de traviesas contiguas la separación será de 0,6 metros.

Las características geométricas más relevantes de la traviesa tipo PR-01 son las siguientes, y quedan representadas en los planos relativos a "Material de vía" incluidos en el Documento Nº 2. Planos.

- Longitud: 2,6 metros.
- Peso aproximado ~ 300 Kg. (Variable en función del fabricante)
- Anchura máxima en la base: 300 mm.
- Altura en la sección bajo eje de carril para ancho 1.668 mm ~ 234 mm. (variable en función del fabricante).
- Altura en la sección central ~ 200 mm. (Variable en función del fabricante).
- Inclinación del plano de apoyo del carril: 1/20.

Entre otras, las características de materiales a utilizar en la fabricación del hormigón para las traviesas serán:

- Cemento Portland tipo I con resistencia mínima de 42,5 MPa y con contenido del Ion cloro Cl⁻ limitado a un máximo del 0,03%.

- Contenido medio de trióxido de azufre SO₃ en el cemento menor o igual al 3,2%, tolerándose un máximo en las muestras de fábricas de traviesas de 3,5% previamente justificado.
- Cemento débilmente alcalino, con una tasa de alcalinidad equivalente total inferior al 0,6%. Entendiendo como alcalinidad equivalente: % Na₂O_{equivalente}=%Na₂O+0,658K₂O o masa total de reactivos alcalinos en el hormigón inferior o igual a 3,5 kg/m³ previamente aceptado por ADIF Alta velocidad.
- Agua potable con las siguientes limitaciones:
 - SO₄⁼ ≤ 500 mg/l.
 - pH ≥ 5.
 - Sustancias disueltas ≤ 15.000 mg/l.
 - Cl⁻ ≤ 1.000 mg/l.
 - Hidratos de Carbono = 0.
 - Sustancias orgánicas solubles en éter ≤ 15.000 mg/l.
- Tamaño máximo del árido igual a 25 mm.
- Sin aditivos aceleradores de fraguado.
- Dosificación mínima de cemento igual a 300 kg/m³.
- Relación agua/cemento inferior a 0,45.

3.3. CARRIL

3.3.1. Carril 60 E1

El carril a disponer en la nueva conexión de Alta Velocidad será del tipo 60 E1 de calidad 260 (antiguo UIC-60 de calidad 900 A). Llegará a obra en forma de barras elementales de 270 metros laminadas. Una vez en vía, se conforman las barras largas soldadas definitivas mediante soldadura aluminotérmica.

Sus características son las siguientes, referidas a la Norma Europea CEN/TC256/WG4 "Flat Bottom symmetrical railway rails 46 kg/m and above" (Carriles simétricos de base plana de 46 kg/m y superiores) de Marzo de 1998:

- Perfil del carril:..... clase X
- Enderezado: clase A
- Grado del acero:260 (Carbono-Manganeso)
- Resistencia a tracción: $R_m \geq 880 \text{ N/mm}^2$
- Dureza: 260/300 HBW
- Alargamiento: $A \geq 10\%$

Otras características geométricas fundamentales que deben cumplir estrictamente las barras elementales procedentes de la acería tienen relación con las tolerancias del acabado del perfil, la rectitud en los extremos, la planitud superficial y la torsión.

3.3.2. Carril 54 E1

El carril del tipo 54 E1 de calidad 260 (antiguo UIC-54 de calidad 900 A) que llegará a la obra en barras de 270 metros para completar el montaje de vía.

Una vez en vía se conforman las barras largas soldadas definitivas mediante soldadura aluminotérmica.

Sus características son las siguientes, referidas a la Norma Europea CEN/TC256/WG4 "Flat Bottom symmetrical railway rails 46 kg/m and above" (Carriles simétricos de base plana de 46 kg/m y superiores) de Marzo de 1998:

- Perfil del carril:..... clase X
- Enderezado: clase A
- Grado del acero: 260 (Carbono-Manganeso)
- Resistencia a tracción: $R_m \geq 880 \text{ N/mm}^2$
- Dureza: 60/300 HBW
- Alargamiento: $A \geq 10\%$

Otras características geométricas fundamentales que deben cumplir estrictamente las barras elementales procedentes de la acería tienen relación con las tolerancias del acabado del perfil, la rectitud en los extremos, la planitud superficial y la torsión.

Las características geométricas más relevantes de los carriles se representan en el Documento nº 2 Planos.

3.4. APARATOS DE VÍA

En el presente Estudio Informativo se han dispuesto una serie de aparatos, que varían dependiendo de la alternativa considerada.

A continuación se recogen los distintos aparatos de vía considerados para cada alternativa:

3.4.1. Alternativa A.

En esta alternativa se ha considerado la disposición de dos desvíos en ambos extremos de la nueva vía para conectarla con las Líneas de Alta Velocidad existentes. Los desvíos proyectados han sido los siguientes:

- DSIH-GAV-60-1500-0,042-CRM-TC-D.

Este desvío se dispone en la conexión con la LAV Madrid-Sevilla. Permite unas velocidades de 300 km/h por vía directa y de 100 km/h por vía desviada.

- DSIH-AV-E-60-3000/1500-1:22-CC-TC-I.

Este desvío se dispone en la conexión con la LAV Córdoba-Málaga. Permite unas velocidades de 350 km/h por vía directa y de 100 km/h por vía desviada.

3.4.2. Alternativa C

En esta alternativa, además de incluirse los desvíos necesarios en las conexiones de la nueva vía con las Líneas de Alta Velocidad, se han dispuesto sendos escapes en dichas líneas.

La función de estos escapes es la de minimizar la longitud de las circulaciones a contravía, ya que sin la inclusión de los mismos, el recorrido a contravía estaría en el entorno de los 20 km.

Las tipologías de los desvíos proyectados son las siguientes:

- DSIH-GAV-60-1500-0,042-CRM-TC-D.

Este tipo de desvío se dispone en la conexión con la LAV Madrid-Sevilla. Permite unas velocidades de 300 km/h por vía directa y de 100 km/h por vía desviada. Se ha considerado la disposición del aparato en recta, para lo que será necesario llevar a cabo un ripado de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla en la zona donde se coloca el aparato.

Además, se han dispuesto dos desvíos de este tipo formando un escape con el fin de que la longitud del tramo a contravía sea el menor posible.

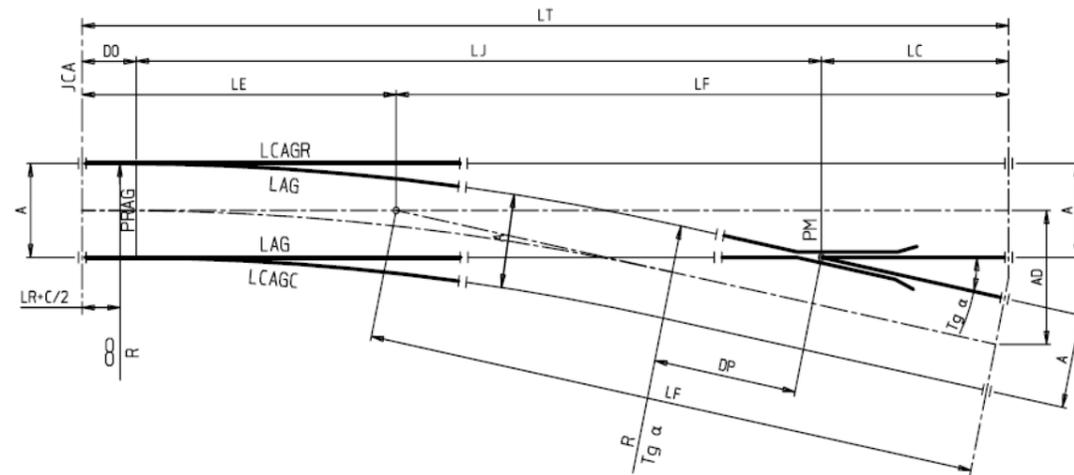
Debido al trazado de la Línea de Alta velocidad Madrid-Sevilla, la ubicación del nuevo escape se sitúa a una distancia de unos 3 km respecto al desvío de conexión proyectado, y para la colocación de dicho escape es necesario realizar un ripado de la vía de Alta Velocidad con el fin de disponer el escape proyectado en una recta.

- DSIH-AV-E-60-3000/1500-1:22-CC-TC-I.

Este tipo de desvío se dispone en la conexión con la LAV Córdoba-Málaga. Permite unas velocidades de 350 km/h por vía directa y de 100 km/h por vía desviada.

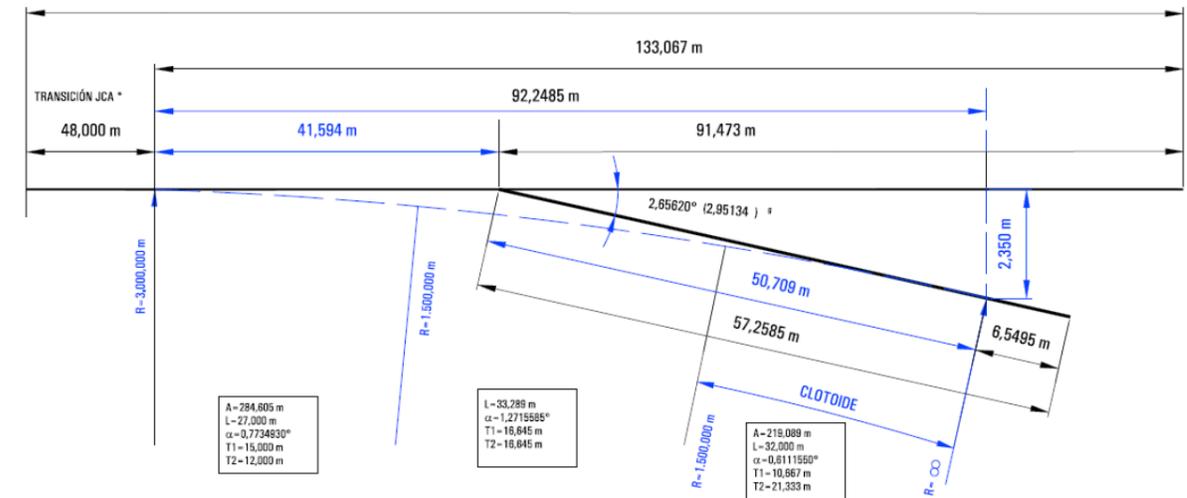
Además, se han dispuesto dos desvíos de este tipo formando un escape junto al desvío de la conexión, con el fin de que la longitud del tramo a contravía sea el menor posible.

3.4.3. Esquemas de los aparatos de vía proyectados



	R	LE	LF	AD	LR+C/2	DO	LJ	LC	LCAGR	LCAGC	LAG	DP	LT	ALFA
DSIH-G-UIC60-318-0,09-CR-D/I-TC	318253,5	14679	21333	1912,2	419,2	1210	29446	5356	16120	16074	14910	1716	36012	5°8'34"
DSIH-G-UIC60-500-0,071-CR-D/I-TC	499883,5	17805	26070	1857	0	702	37218	5955	19170	19134	18470	2311	43875	4°5'8"
DSIH-G-UIC60-1500-0,042-CR-D/I-TC	1499883,5	31469	42845	1798	0	1220	64430	8664	26668	26652	25450	2713	74314	2°24'18"

DSIH-GAV-60-1500-0,042-CRM-TC



- * La transición indicada corresponde al caso general, para casos particulares consultar la tabla de control de transiciones.
- ** La longitud de traviesas del desvío (en negro) está considerada entre centros de vanos de traviesas. (Ver plano)
- *** Los datos geométricos indicados son válidos para los tipos AV1, AV2 y AV3
- **** La transición de talón, tanto por vía directa como por desviada, está integrada en las traviesas del desvío.
- ***** Los parámetros en azul se corresponden con los del semiescape 350/100.

DSIH-AV-E-60-3000/1500-1:22-CC-TC