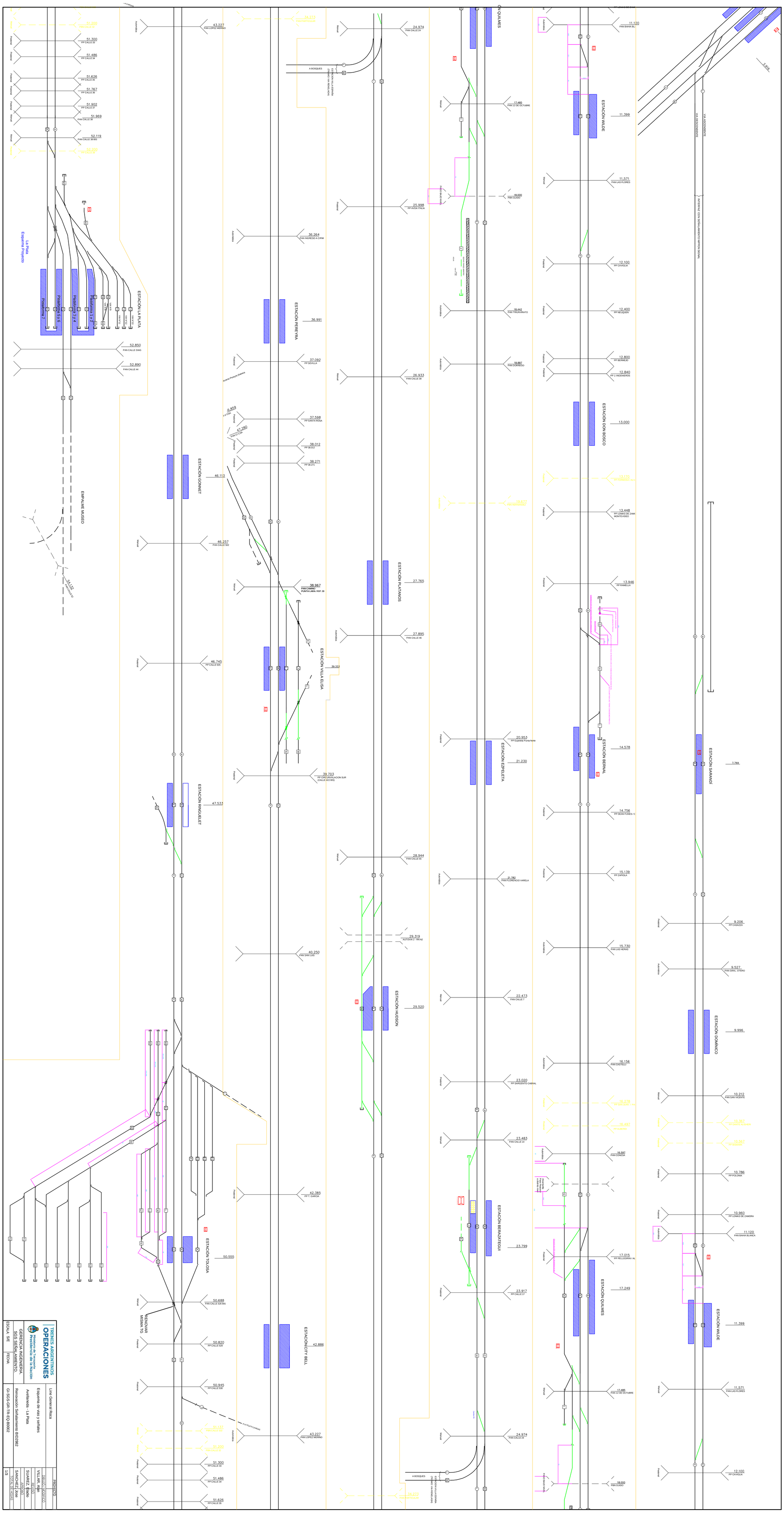
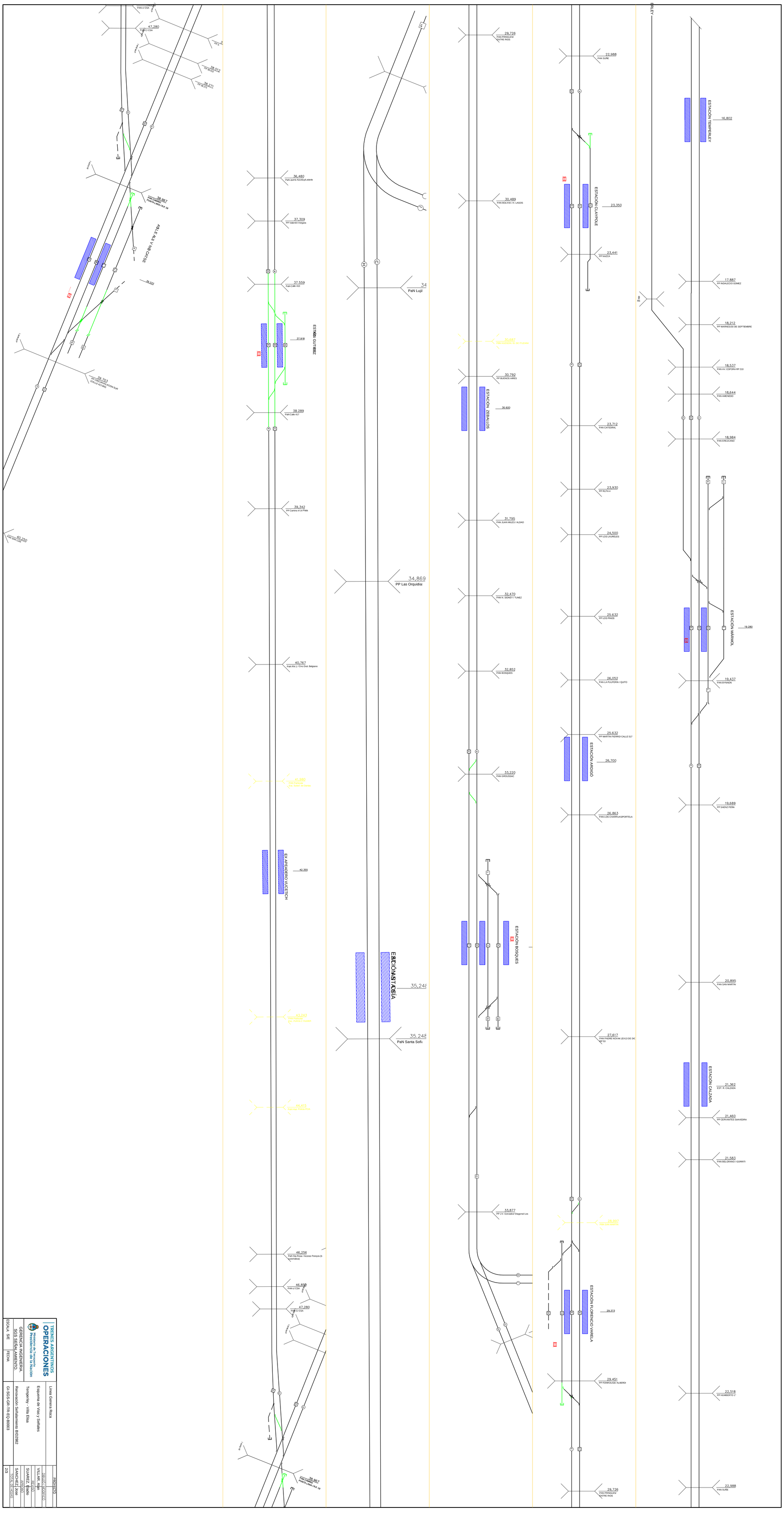
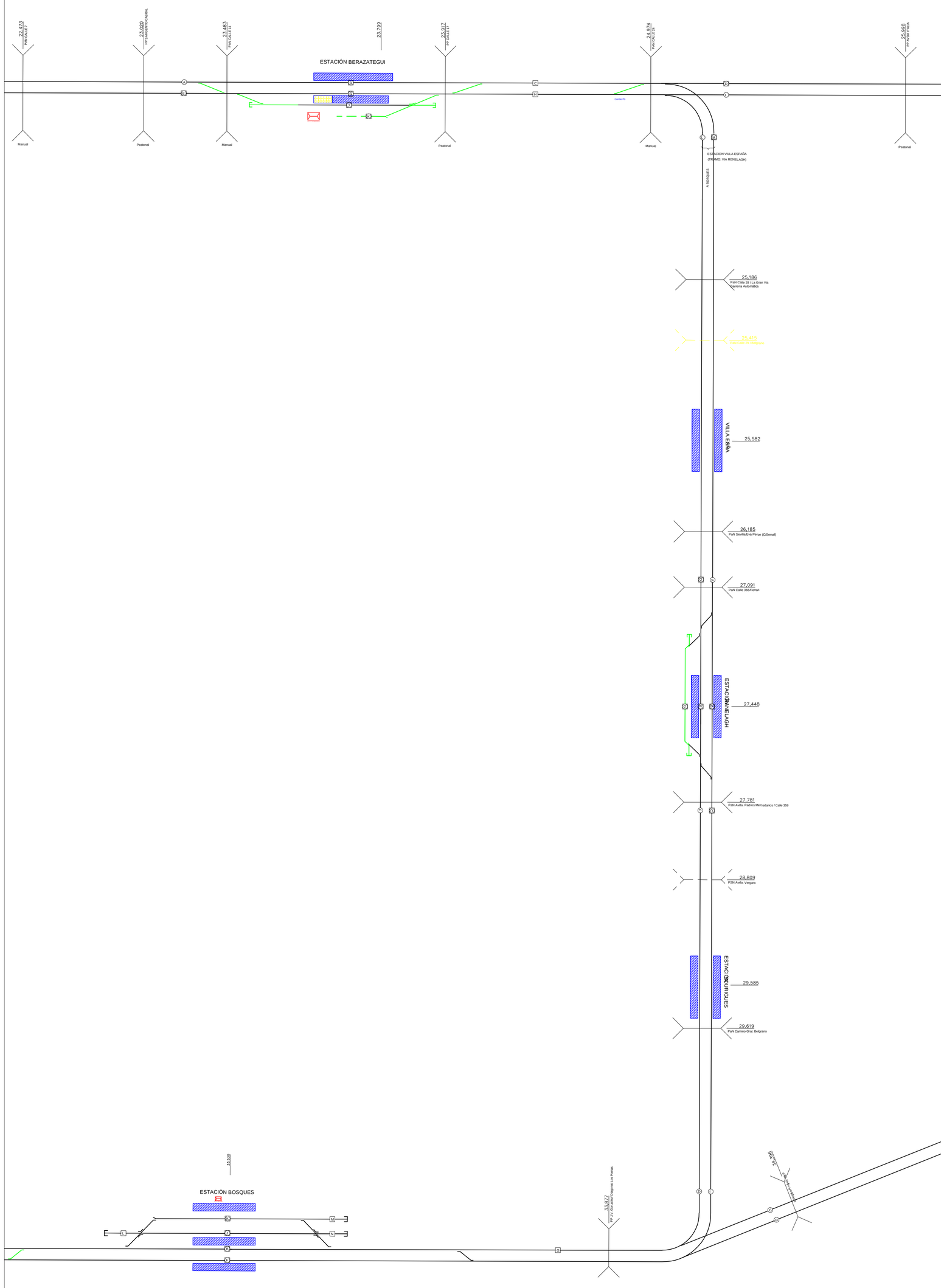
1. Lay out de vías



1. Lay out de vías


TEMPERLEY
ESTACIÓN TEMPERLEY
16,802
17,887
PP INDALECIO GOMEZ
18,212
PP WARNES/30 DE SEPTIEMBRE
18,537
PAN AV. ESPORA RP 210
18,644
PAN AMENEDO
18,984
PAN EREZCANO
19,280
ESTACIÓN MÁRMOL
19,437
PAN BYNNON
19,689
PP SAENZ PEÑA
20,895
PAN SAN MARTIN
21,362
EST. R. CALZADA
21,460
PP CERVANTES SAAVEDRA
21,583
PAN BELGRANO / GORRITI
22,518
PP HUMBERTO 1°
22,988
PAN SUÑE
23,350
ESTACIÓN CLAYPOLE
23,441
PP NAZCA
23,712
PAN CATEDRAL
23,930
PP RUTA 4
24,500
PP LOS LAURELES
25,632
PP LOS PINOS
26,052
PAN LA PULPERA / QUITO
26,700
ESTACIÓN ARDIGÓ
26,863
PAN LOS CHARRUAS/PORTELA
27,617
PAN PADRE NOVAK (EX13 DE DIC
RP 53
28,997
PAN SAN MARTIN
29,373
ESTACIÓN FLORENCIO VARELA
29,451
PP FONROUGE/ ALBERDI
29,726
PAN PRINGLES/ ENTRE RIOS
30,489
PAN BOLIVIA / H. LAGOS
30,687
PAN HUERGO/ R. DE ITUZAIN
30,792
PP BUENOS AIRES
30,920
ESTACIÓN ZEBALLOS
31,795
PAN JUAN MILES / ALDAO
32,470
PAN N. SIDNEY / TUNEZ
32,852
PAN BOSQUES
33,220
PAN GROUSSAC
33,877
PP J.V. Gonzalez/ Diagonal Los
34,869
PP Las Orquidias
34
PaN Luján
35,248
PaN Santa Sofía
35,248
ESTACIÓN SANTA SOFÍA
35,248
ESTACIÓN BOSQUES
36,480
PaN Juana Azurduy/Lederle
37,309
PP Valentín Vergara
37,559
PaN Calle 410
37,918
ESTACIÓN GUTIÉRREZ
38,289
PAN Calle 417
39,342
PP Camino a La Plata
40,767
PaN RN 1 / Cno.Gral. Belgrano
41,980
PAN Particular
Esc. Subof. de Dartas
42,355
EX APEADERO VUCETICH
43,243
PAN Particular
Esc. Polícia J.F.Kennedy
44,415
PAN Inst. Policía PCIA
46,256
PaN Sta Rosa / Acceso Pereyra (b
automática)
46,859
PAN cr CSA
47,280
PAN cr CSA
38,867
PAN CAMINO
PUNTA LARA / R.P. 19
39,333
39,703
PP CAMINO A LA ACCESO SUR
(CALLE 417 BIS)
40,250
PAN SAN LUIS
ASIÉ ALU VIA CATISE
PAN cr CSA
36,012
PP 36.012
36,271
PP 36.271
36,967
PAN CAMINO
PUNTA LARA / R.P. 19
PP 36.967 1
PP 36.967 2
PP 36.967 3
PP 36.967 4
PP 36.967 5
PP 36.967 6
PP 36.967 7
PP 36.967 8
PP 36.967 9
PP 36.967 10
PP 36.967 11
PP 36.967 12
PP 36.967 13
PP 36.967

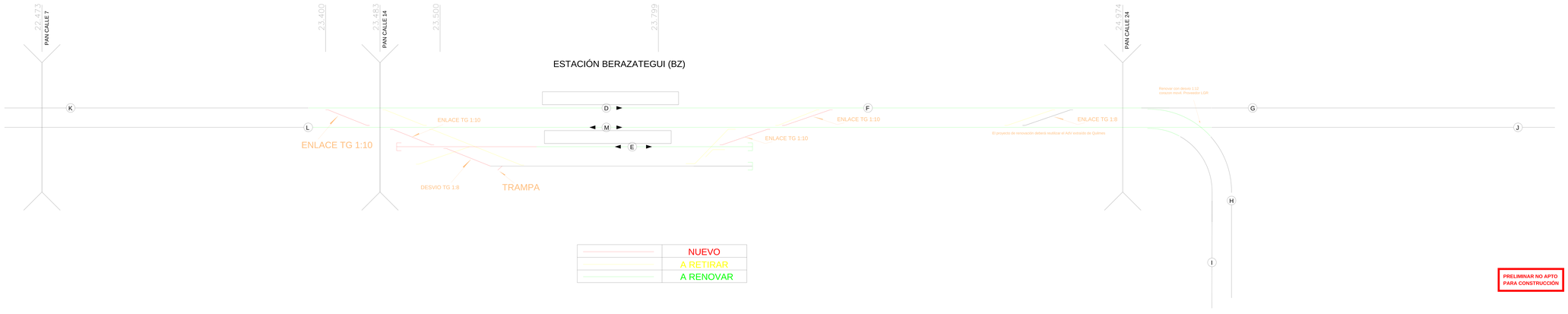
1. Lay out de vías



TRENES ARGENTINOS OPERACIONES	LINEA GENERAL ROCA
Ministerio de Transporte Presidencia de la Nación	Esquema de Vias y Señales
	Berazategui - Bosques
GERENCIA INGENIERIA. SGS SEÑALAMIENTO.	Renovación Señalamiento BID2982
ESCALA: S/E / FECHA:	GI-SGS-GR-TR-EQ-B0004

PROYECTO	
DIBUJO / MODIFICO	
VILLAR, Alan	
SUAREZ, Eduardo	
SANCHEZ, Jose	
TOTAL DE HOJAS	
3/3	

2. Layout de estaciones



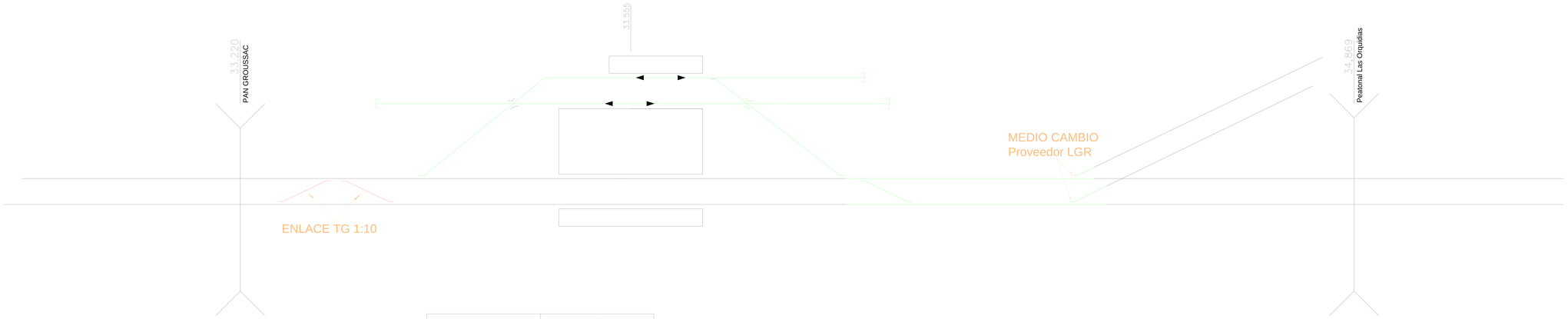
	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

Trenes Argentinos *Operadora Ferroviaria*	Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP	
	Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA	Proyecto: <>> / <>>
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASAJES EST.: BERAZATEGUI	Dibujo/Diseño: <>> / <>> Revisó: <>> / <>> Total de Hojas: 1 / 1
Escala: <>> Fecha: <>>	S RO - 901 003 5 / 11	

2. Layout de estaciones

ESTACIÓN BOSQUES (BQ)



	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

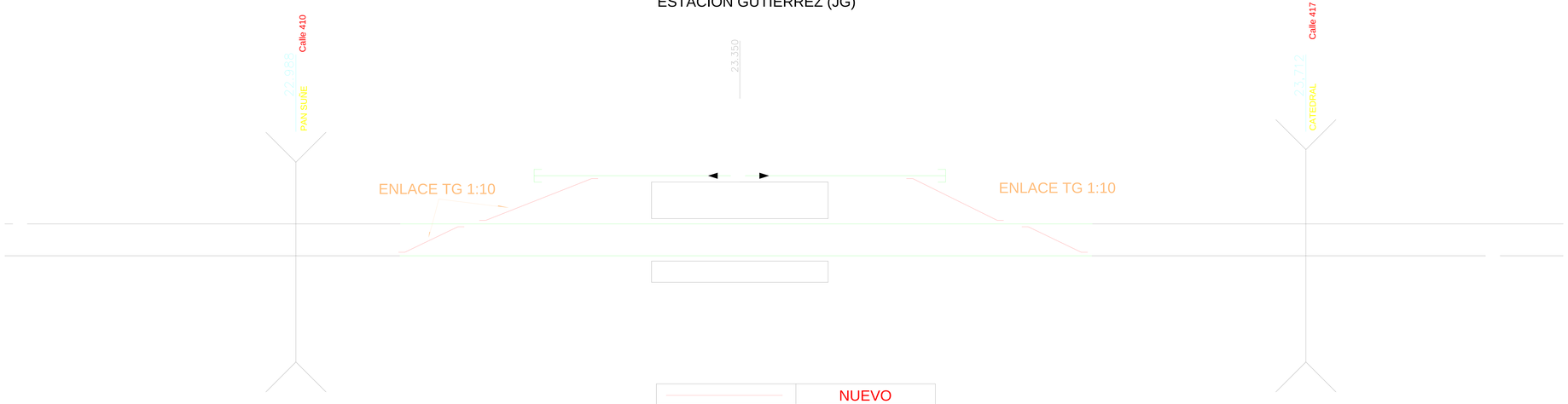
Bosques

	N°	De	A	Señales involucradas			
Pares	1	P	D	BQ1	BQ3		
	2	P	E	BQ1	BQ3A		
	3	P	F	BQ1	BQ3B (1)		
	4	P	G	BQ1	BQ3B (2)		
	5	P	L	BQ1	BQ3	BQ5	
	6	P	N	BQ1	BQ3	BQ5A	
	7	O	L	BQ5			
	8	O	N	BQ5A			
	9	F	L	BQ7			
	10	F	N	BQ7A			
	11	G	L	BQ9			
	12	G	N	BQ9A			
	13	D	D	BQ2	BQ4A (1)		
	14	D	E	BQ2	BQ4		
	15	D	F	BQ2	BQ4A (2)		
	16	D	G	BQ2	BQ4A (3)		
	17	D	Q	BQ2	BQ4	BQ10	
	18	M	D	BQ6	BQ8A (1)		
	19	M	E	BQ6	BQ8		
	20	M	F	BQ6	BQ8A (2)		
	21	M	G	BQ6	BQ8A (3)		
	22	M	Q	BQ6	BQ8	BQ10	
	23	E	Q	BQ10			
	24	F	Q	BQ12			
	25	G	Q	BQ14			

	N°	De	A	Señales involucradas			
Impares	1	Q	D	BQ21 (1)			
	2	Q	E	BQ21 (2)			
	3	Q	F	BQ21 (3)			
	4	Q	G	BQ21 (4)			
	5	H	E	BQ23 (1)			
	6	H	G	BQ23 (2)			
	7	D	K	BQ25			
	8	F	K	BQ27 (1)			
	9	F	J	BQ27 (2)			
	10	G	K	BQ29 (1)			
	11	G	J	BQ29 (2)			
	12	G	I	BQ29 (3)			
	13	K	D	BQ20 (1)			
	14	K	F	BQ20 (2)			
	15	K	G	BQ20 (3)			
	16	J	F	BQ22 (1)			
	17	J	G	BQ22 (2)			
	18	I	G	BQ24			
	19	D	Q	BQ26			
	20	E	Q	BQ28			
	21	F	Q	BQ30 (1)			
	22	F	H	BQ30 (2)			
	23	G	Q	BQ32 (1)			
	24	G	H	BQ32 (2)			

Trenes Argentinos Operadora Ferroviaria	Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP Ubicación: TEMPERLEY - V. ELISA		Proyectó: --- ---
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASAJES EST.: BOSQUES		Dibujó/Modificó: --- ---
			Revisó: --- ---
			Total de Hojas: 1 1
Escala: -:---	Fecha: -:---	S RO - 901 003 1 / 4	

ESTACIÓN GUTIERREZ (JG)



	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

Gutierrez

Principales

N°	De	A	Señales involucradas			
1	F	D	JG1	JG3		
2	F	E	JG1	JG3A		
3	F	H	JG1	JG3	JG5	
4	D	H	JG5			
5	E	H	JG7			
6	I	D	JG2	JG4A (1)		
7	I	J	JG2	JG4		
8	I	E	JG2	JG4A (2)		
9	I	G	JG2	JG4	JG8	
10	D	G	JG6			
11	J	G	JG8			
12	E	G	JG10			

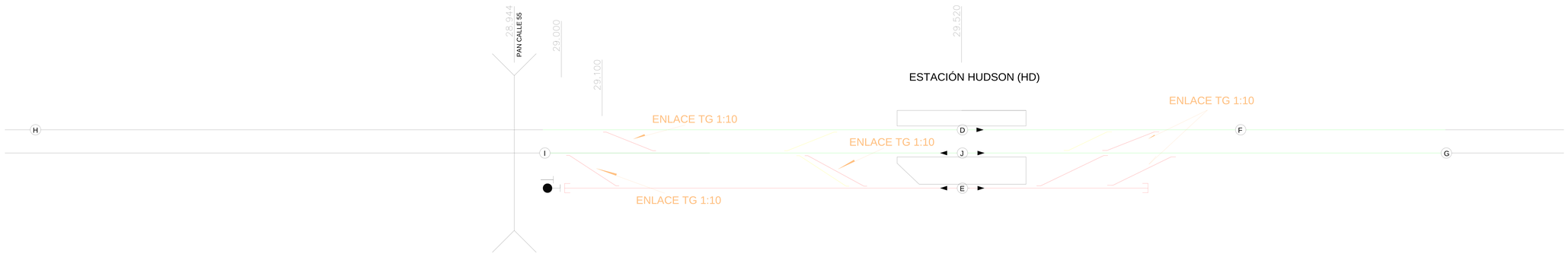
Maniobras

N°	De	A	Señales involucradas
1	G	D	JG21 (2)
2	G	J	JG21 (1)
3	G	E	JG21 (3)
4	D	H	JG23
5	E	H	JG25
6	H	D	JG20 (1)
7	H	E	JG20 (2)
8	D	G	JG22
9	J	G	JG24
10	E	G	JG26

Trenes Argentinos Operadora Ferroviaria	Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP		
	Ubicación: TEMPERLEY - V. ELISA	Proyectó: ----	----
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASAJES EST.: GUTIERREZ	Dibujó/Modificó: ----	----
		Revisó: ----	----
		Total de Hojas: 1	1
Escala: -:--- Fecha: -:---	S RO - 901 003 2 / 4		

2. Lay out de estaciones

2. Lay out de estaciones

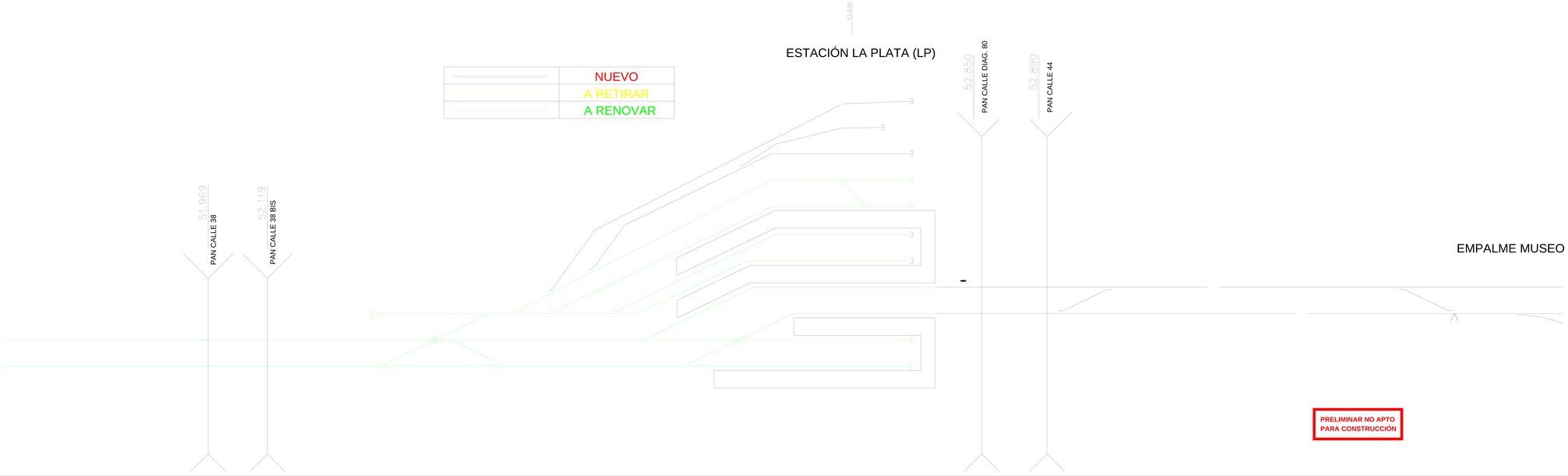


	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

Trenes Argentinos Operadora Ferroviaria	Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP		
	Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA	Proyecto: — —	
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASAJES EST.: HUDSON	Dibujo/Modifico: — —	
		Revisó: — —	
		Total de Hojas: 1 1	
Escala: -:--- Fecha: -:---	S RO - 901 003 6 / 11		

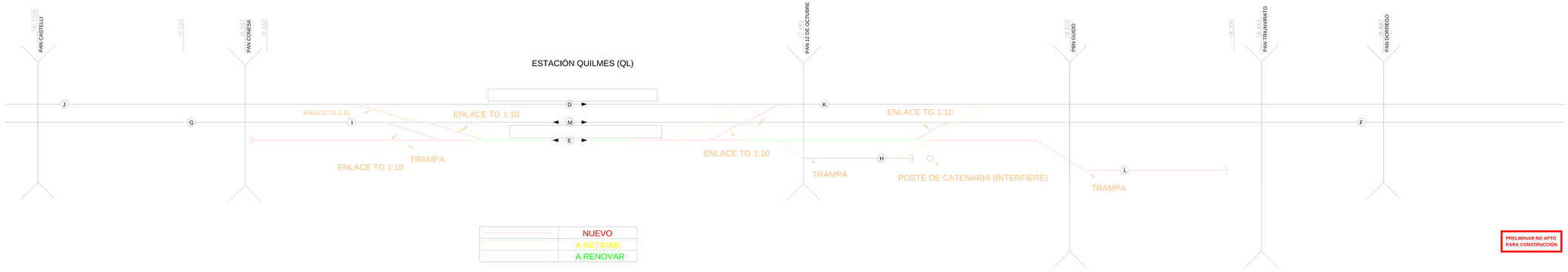
2. Lay out de estaciones



PRELIMINAR NO APTO
PARA CONSTRUCCIÓN

Trenes Argentinos Operadora Ferroviaria	Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA	Proyectó: --- ---
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASAJES EST.: LA PLATA	Dibujó/Modificó: --- --- Revisó: --- --- Total de Hojas: 1 1
Escala: -:--- Fecha: -:---	S RO - 901 003 11 / 11	

2. Layout de estaciones



	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

Trenes Argentinos
Operadora Ferroviaria

GERENCIA DE INGENIERIA
SUBGERENCIA
SEÑALAMIENTO

Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP

Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA

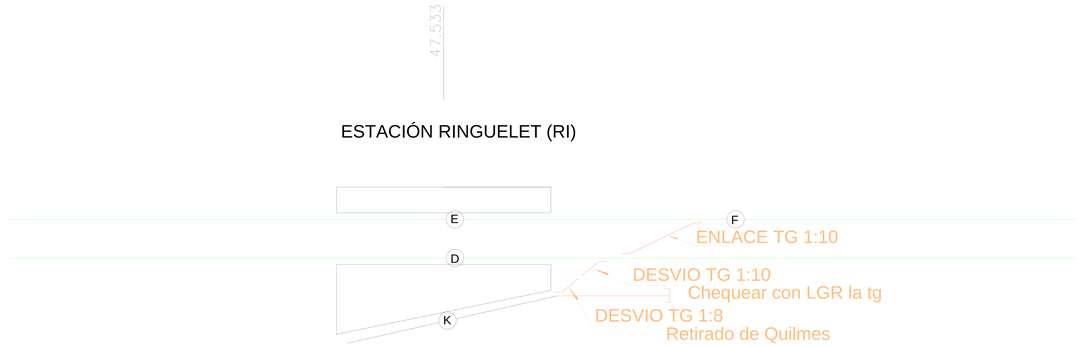
ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES
CON CUADRO DE PASAJES
EST.: QUILMES

Proyecto: ---- ----
Dibujo/Revisión: ---- ----
Revisión: ---- ----
Tipo de Hoja: T 1

Escala: ---- Fecha: ----

S RO - 901 003 4 / 11

2. Lay out de estaciones



	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

Trenes Argentinos *Operadora Ferroviaria*	Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP	
	Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA	Proyectó: ---- ----
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASAJES EST.: RINGUELET	Dibujó/Modificó: ---- ---- Revisó: ---- ---- Total de Hojas: 1 1
Escala: -:--- Fecha: -:---	S RO - 901 003 9 / 11	

2. Lay out de estaciones

	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

PAN GRAL. OTERO

Trenes Argentinos
Operadora Ferroviaria

GERENCIA DE INGENIERIA
SUBGERENCIA
SEÑALAMIENTO

Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP

Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA

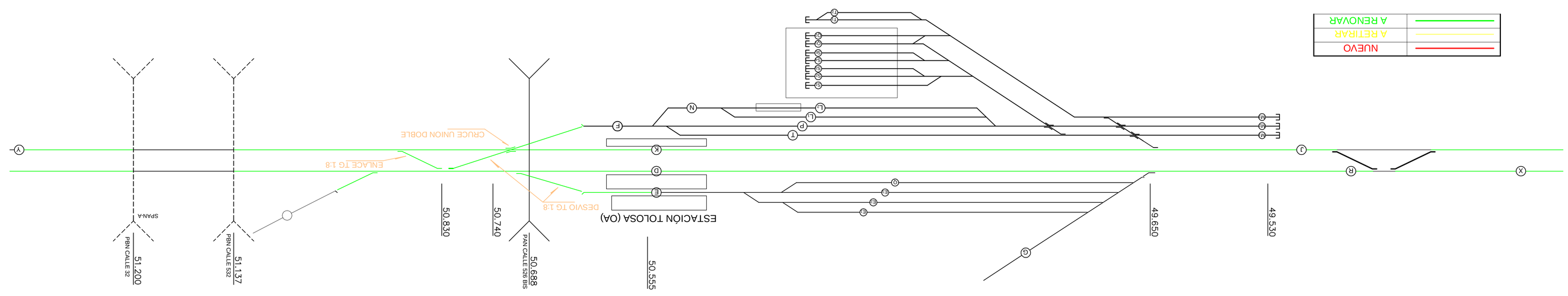
ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES
CON CUADRO DE PASAJES
EST.: SARANDI

Proyecto: ---- ----
Dibujo/Revisó: ---- ----
Revisó: ---- ----
Fecha de Vigencia: / /

Escala: -/---- Fecha: -/----

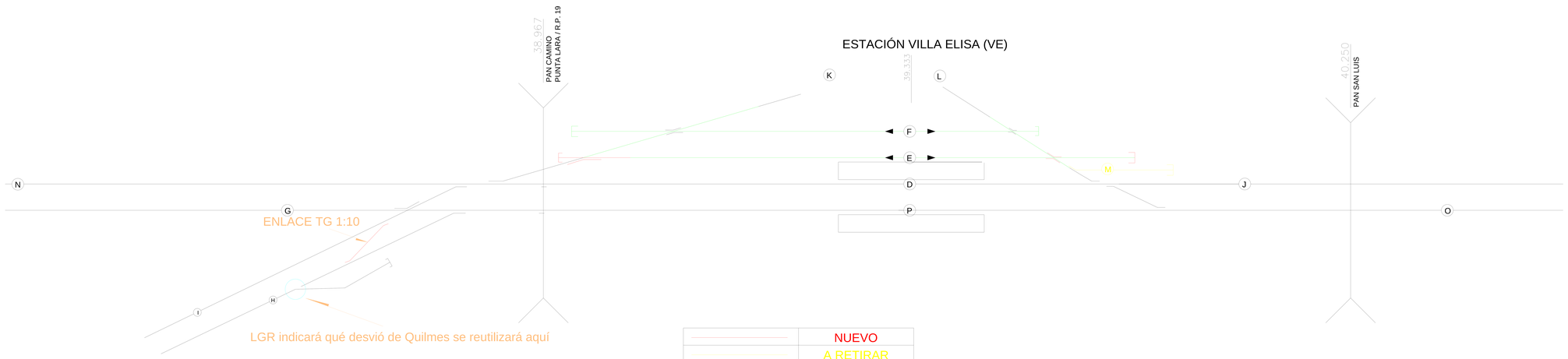
S RO - 901 003 1 / 11

2. Lay out de estaciones



PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCION

Trenes Argentinos Operadora Ferroviaria	Sistema de Señalamiento entre AV - LP		Firma
	AVELLANEDA - LA PLATA		Fecha/Hora
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASALES EST.: TOLOSA		Nivel
			Nivel de Vista
Escala: <--- Fecha: <---	S RO - 901 003 10 / 11		1



	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

Trenes Argentinos
Operadora Ferroviaria

Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP

Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA

GERENCIA DE INGENIERIA
SUBGERENCIA
SEÑALAMIENTO

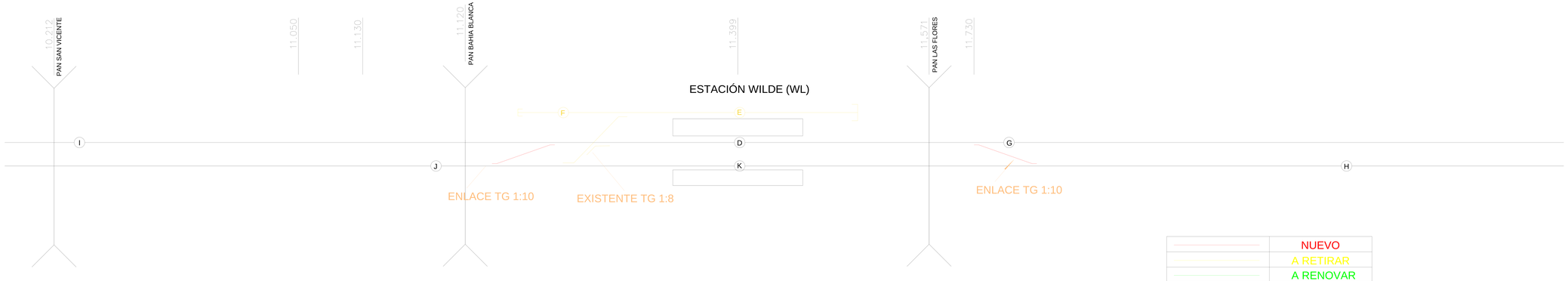
ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES
CON CUADRO DE PASAJES
EST.: VILLA ELISA

Proyectó: --- ---
Dibujó/Modificó: --- ---
Revisó: --- ---
Total de Hojas: 1 1

Escala: -:--- Fecha: -:---

S RO - 901 003 7 / 11

2. Lay out de estaciones



	NUEVO
	A RETIRAR
	A RENOVAR

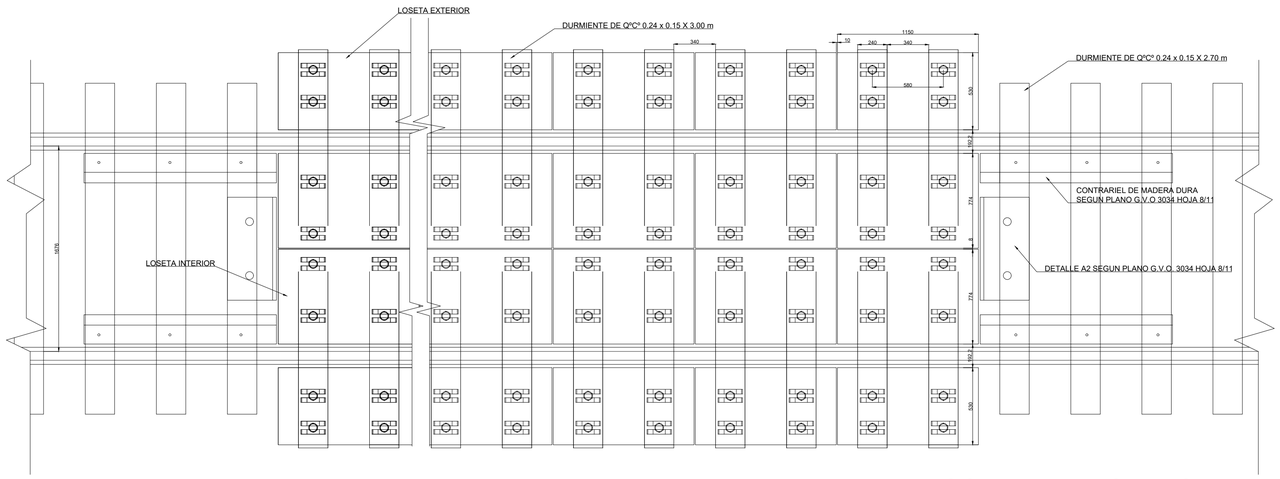
PRELIMINAR NO APTO PARA CONSTRUCCIÓN

Trenes Argentinos Operadora Ferroviaria	Obra: Sistema de Señalamiento entre AV - LP	
	Ubicación: AVELLANEDA - LA PLATA	Proyecto: --- ---
GERENCIA DE INGENIERIA SUBGERENCIA SEÑALAMIENTO	ESQUEMA DE VIAS Y SEÑALES CON CUADRO DE PASAJES EST.: WILDE	Dibujo/Modificó: --- ---
		Revisó: --- ---
		Total de Hojas: 1 1
Escala: -:--- Fecha: -:---	S RO - 901 003 2 / 11	

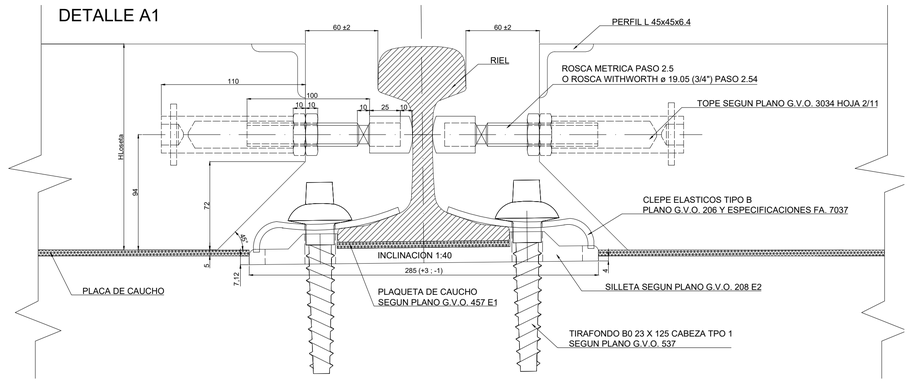
2. Lay out de estaciones

3. Plano de PAN con losetas H°A° anchas

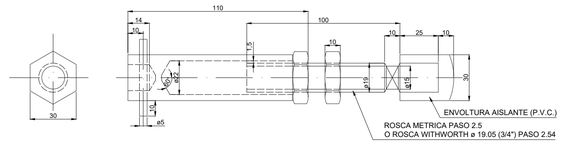
DISTRIBUCIÓN DE LOSETAS - PLANTA



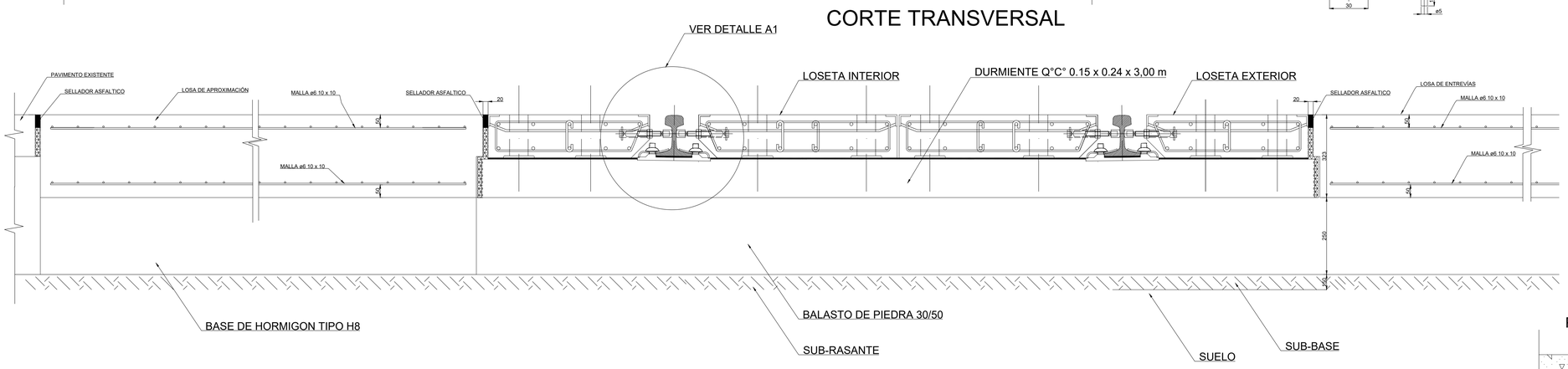
DETALLE A1



TOPE

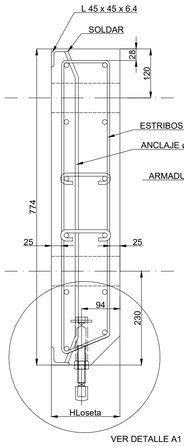


CORTE TRANSVERSAL

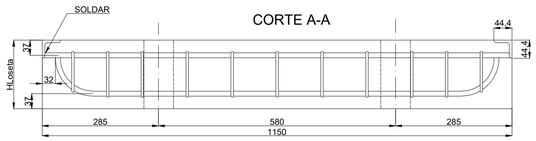


LOSETA INTERIOR

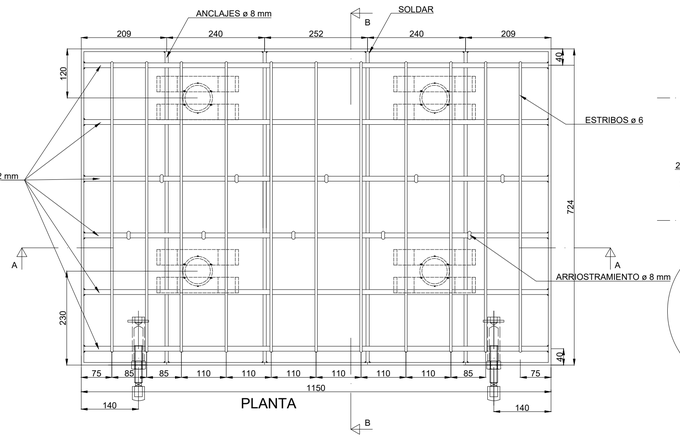
CORTE B-B



CORTE A-A

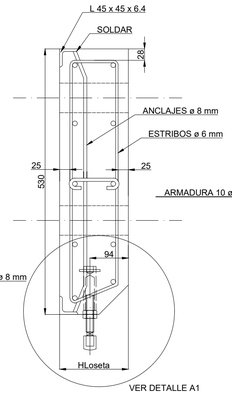


PLANTA

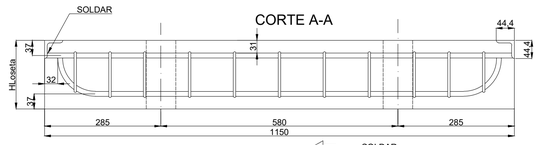


LOSETA EXTERIOR

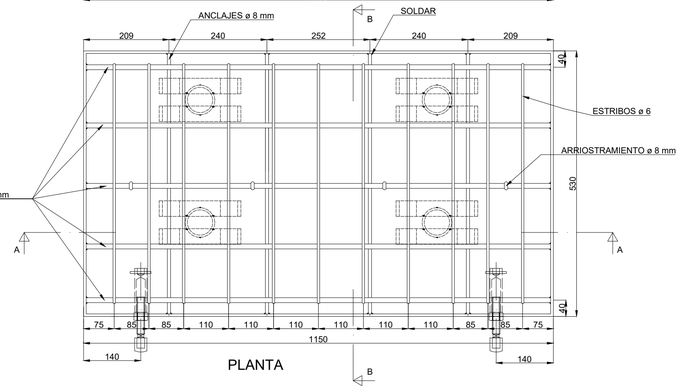
CORTE B-B



CORTE A-A

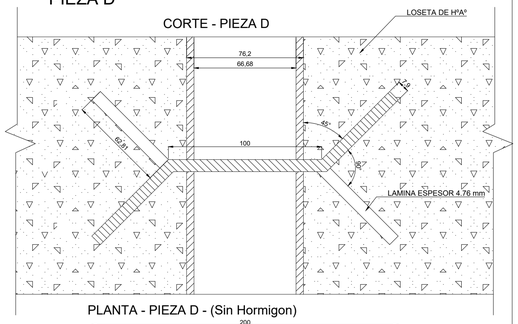


PLANTA

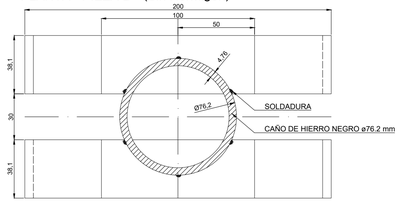


PIEZA D

CORTE - PIEZA D



PLANTA - PIEZA D - (Sin Hormigon)



NOTA: EL PRESENTE PLANO ES MERAMENTE ORIENTATIVO QUEDA EN RESPONSABILIDAD DE LA CONTRATISTA EN REALIZAR EL PLANO DE INGENIERIA DEFINITIVO BAJO APROBACIÓN DE SOFSE

TRENES ARGENTINOS OPERACIONES

Operadora Ferroviaria Sociedad del Estado
Av. Dr. Ramos Mejía 1302, 4°, CABA (CP 1104)
Argentina. Tel. (54-11) 3220-630
www.trenesargentinos.gob.ar

Ministerio de Transporte
Presidencia de la Nación

EJECUTO

PROYECTO

APROBO

DESCRIPCION

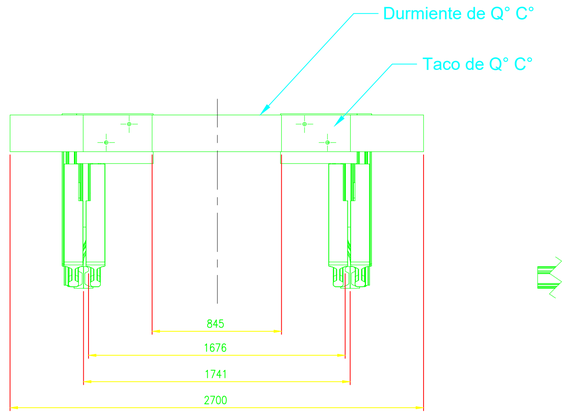
PASO A NIVEL DE H°A°- G.V.O 3034 MODIFICADO

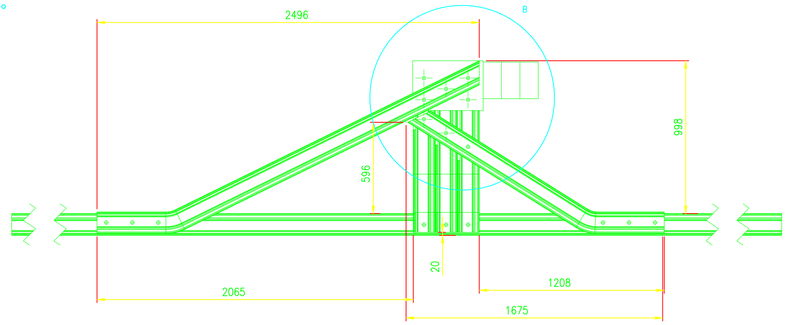
ESCALA: S/E | FECHA: 01/07/2017 | LINEA: ROCA | RAMAL: VARIOS

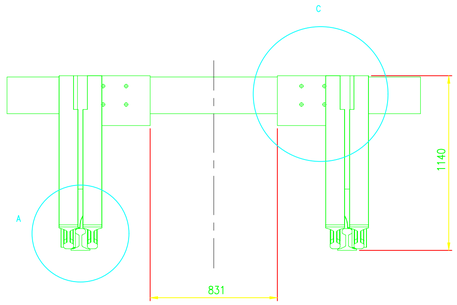
LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION PLANO DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA.

REVISION 1

4. Plano de topes de fin de vía

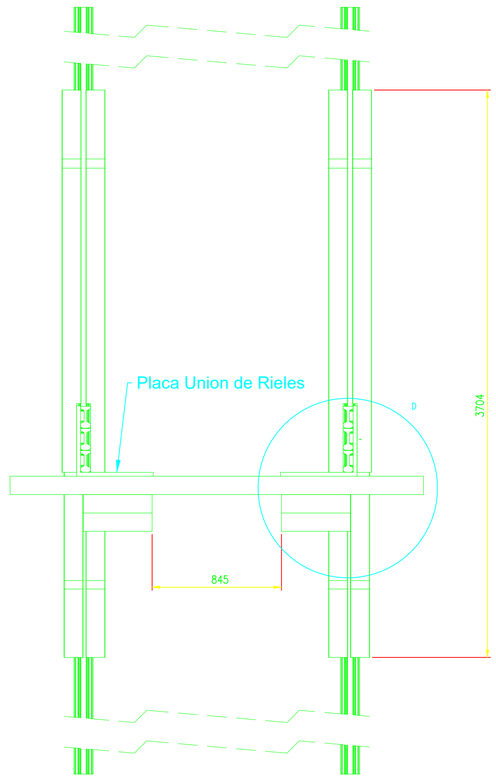


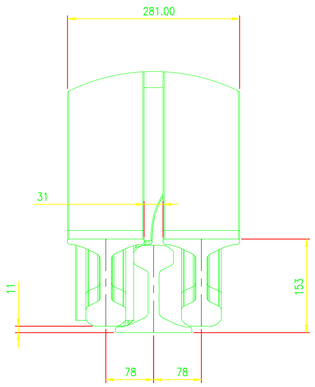




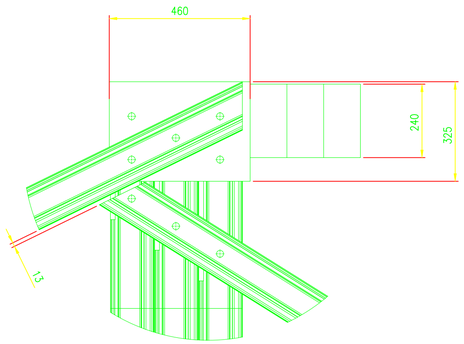
Computo de elementos:		Tope de Vía	
ELEMENTO	Tipo	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
Riel	100 LBS BSR	m	26
Durmientes	Q° C°	u	1
Bulón	M20 p2.5	u	38
Placa unión de Rieles	Acero	u	2

Todos los rieles e
Todos los orificios
El durmiente y lo
En los casos que
Características del
a) Material: Acero
b) Resistencia: 60
c) Alargamiento 1
d) IRAM 20 / 1
e) Rosca M20 p2

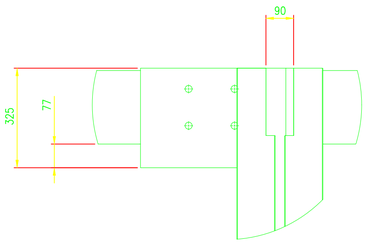




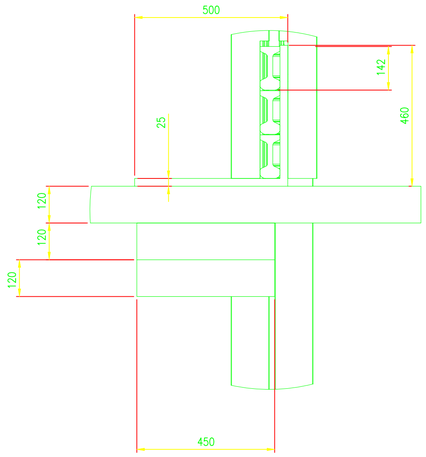
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 10

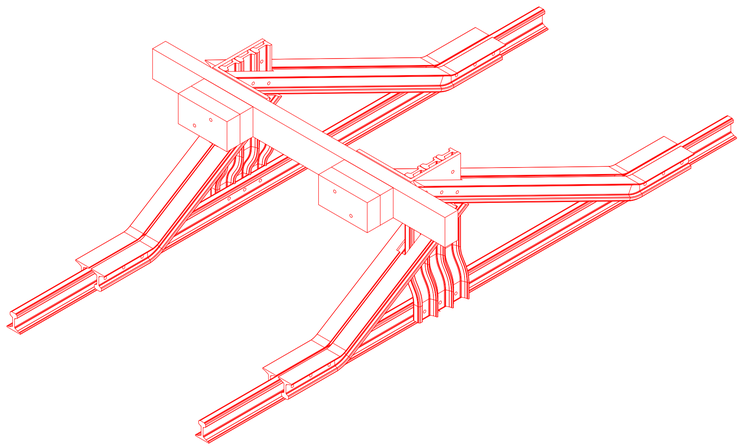


DETALLE C
ESCALA 1 : 10



DETALLE D
ESCALA 1 : 10

VISTA ISOMETRICA



CI-TOL-PL-VIA-0
CI-TOL-PL-VIA-0

CONFORM
MINIS
TRAN
AS-B

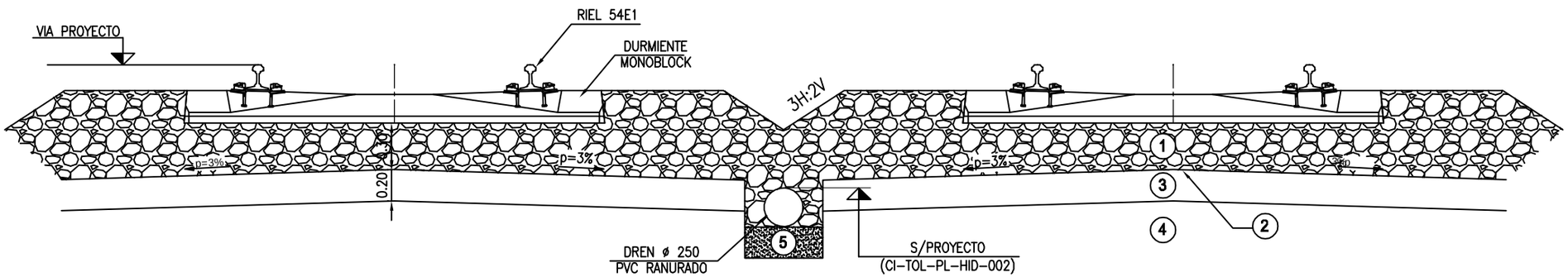
1 20/12/2019

CI-TOL-PL-VIA-029 - RI - CAO- Topes de via.dwg

5. Detalle de drenaje en zona vías

SECCIÓN TÍPICA EN VÌA – DURMIENTE MONOBLOCK

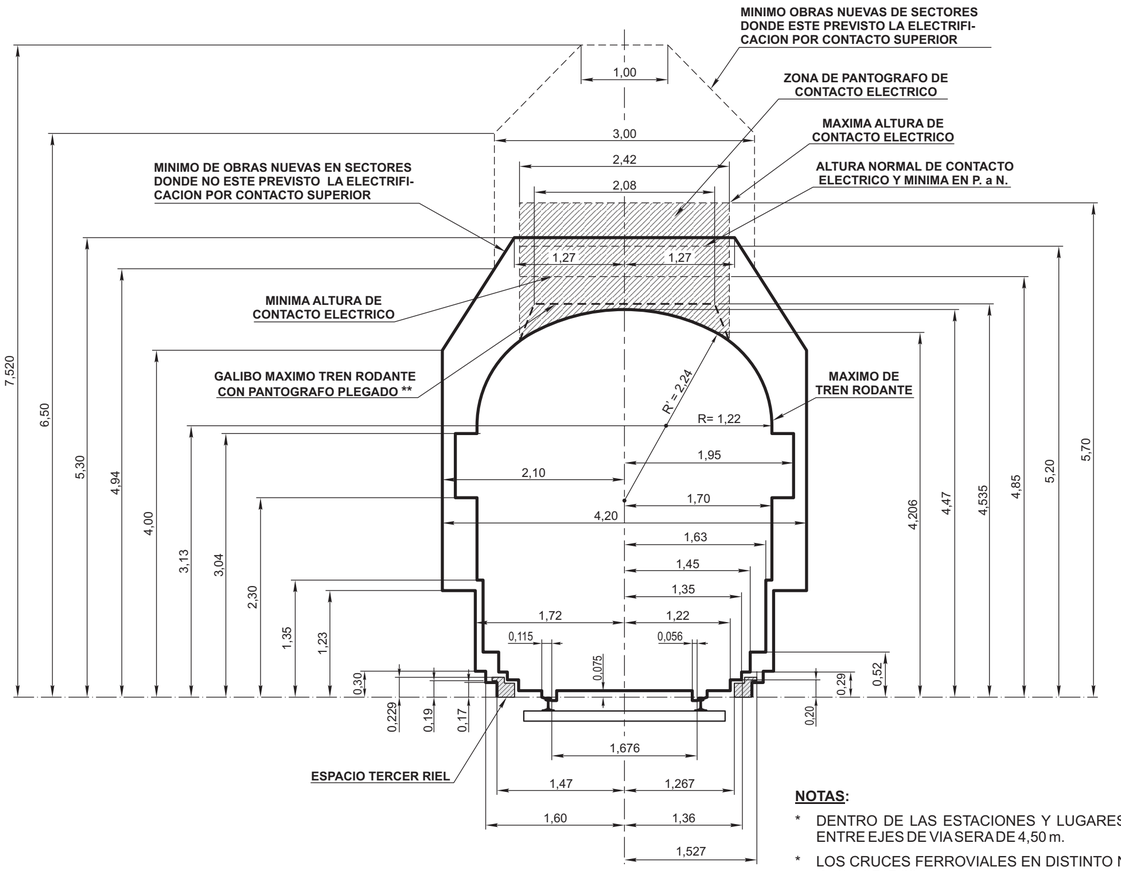
ESC: 1:25



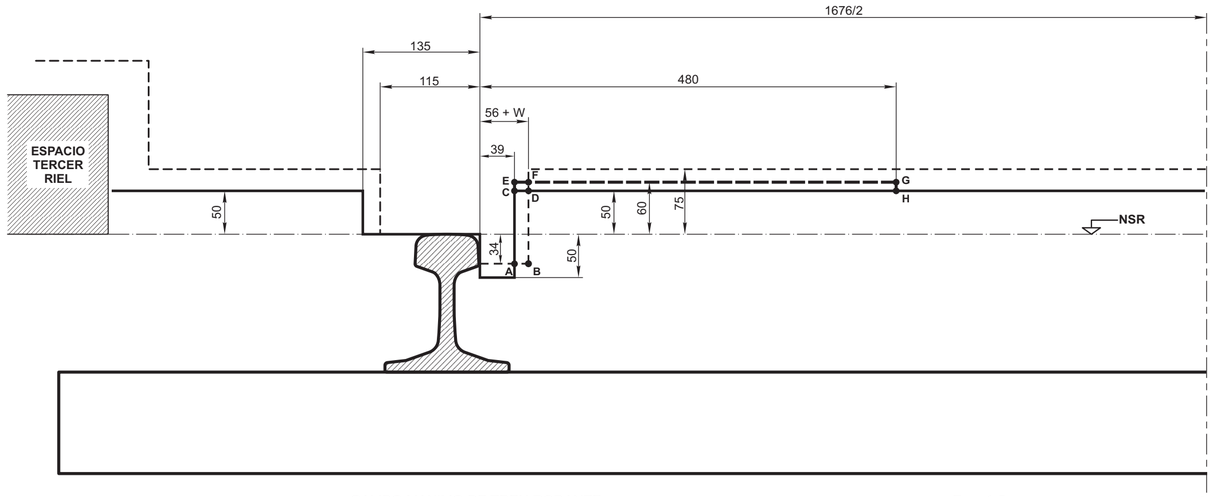
1. BALASTO
2. GEOTEXTIL REGULAR
3. CAPA FORMA CBR10
4. BASE ASIENTO REGULARIZADA
5. CAPA DE ARENA PARA ASIENTO

6. Detalle Gálibos Trocha Ancha.

ES COPIA DEL PLANO G.V.O. 3234
M. BELLOCCHIO - GERENCIA DE SEGURIDAD - C.N.R.T.



GALIBO INFERIOR OBRA FIJA



- - - - - - - -	GALIBO MAXIMO DE TREN RODANTE
————	GALIBO DE OBRA FIJA INFERIOR
- C.E.G.H. -	SUPLEMENTO A CONSIDERAR EN CRUCES SIMPLES Y DOBLES DEBIDO AL CORAZON MONOBLOCK OBTUSO
- A.C.D.B. -	INTERFERENCIA DE GALIBOS PERMITIDA SOLO A LOS CONTRARRIELES DE LOS CRUZAMIENTOS
- A.E.F.B. -	INTERFERENCIA DE GALIBOS PERMITIDA SOLO A LOS CORAZONES MONOBLOCK OBTUSOS
W	SOBREANCHO DE TROCHA (DE ACUERDO A N.T.V.O. N° 14)

Esc. 1:5

NOTAS:

* DENTRO DE LAS ESTACIONES Y LUGARES CON SEÑALAMIENTO ELECTRICO PREVISTO, LA SEPARACION MINIMA ENTRE EJES DE VIA SERA DE 4,50 m.
* LOS CRUCES FERROVIALES EN DISTINTO NIVEL SE RIGEN POR LAS NORMAS DE LA RESOLUCION S.E.T.O.P. N° 7/81 DEC. N° 747/88.
* LOS CRUCES O INSTALACIONES DE PARTICULARES PARA CONDUCCION DE ENERGIA ELECTRICA O DE COMUNICACIONES SE RIGEN POR LAS NORMAS ESTABLECIDAS EN EL DECRETO N° 9254/72.
* LOS GALIBOS ESTABLECIDOS CORRESPONDEN A VIA RECTA. PARA VIA EN CURVA PARA CADA CASO PARTICULAR SE DEBERA ESTUDIAR EL GALIBO MINIMO DE OBRA QUE CORRESPONDAN A LAS CARACTERISTICAS DE LA CURVA Y VEHICULOS.
* ANCHO MAXIMO DEL PANTOGRAFO: 1,880 m.
** EL GALIBO MAXIMO DE TREN RODANTE CON PANTOGRAFO PLEGADO ES VALIDO, ESTÉ O NO LA VIA ELECTRIFICADA.
* EN CASO DE PUENTE DE USO PEATONAL ESCLUSIVO SE RESPETARA LA NORMA DE LA RESOLUCION S.E.T.O.P. 7/81 CUANDO LA VIA SEA ELECTRIFICADA Y CUANDO NO LO SEA SE RESPETARA EL GALIBO DE OBRA FIJA.
+ EL MAXIMO DE TREN RODANTE NO DEBE EXCEDERSE CUALQUIERA SEA EL ESTADO DE MOVIMIENTO DEL VEHICULO.

ANTECEDENTES:

* SUBCOMISION TECNICA - FERROCARRILES - VIA Y OBRAS. - ACTA N° 2/55 Y 7/55 - PLANO N° FFAA/10 Y 10A. - ACTA N° 6/58. PLANO N° FFAA 10B - PLANO NEFA 604/1 - PLANO C.1326/1A DEL F.C. MITRE REEMPLAZADO LUEGO POR EL PLANO G.V.O. 560 SEGUN DECRETO N° 2380 DEL 27/3/63.
* EL PRESENTE PLANO ANULA Y REEMPLAZA AL G.V.O. 3048.

GALIBOS MAXIMO DE TRENES Y MINIMO DE OBRAS EN VIAS COMUNES Y ELECTRIFICADAS					FERROCARRILES ARGENTINOS AREA: VIA Y OBRAS
ESCALA 1:50		TROCHA 1676	LINEAS:	UTILIZACION GENERAL	EMISION 1 2 3
FIRMA Y FECHA APROB.		N° DE PLANO G.V.O. 3234			

VARIACIONES DE LA RIGIDEZ VERTICAL DE LA VIA
TRANSICIONES ENTRE OBRAS DE ARTE Y TERRAPLENES

En relación a la infraestructura de vía se analizarán los efectos que producen en la misma las variaciones longitudinales de su rigidez vertical y en particular las transiciones entre obras de arte y terraplenes adyacentes.

Por
Ing. Civil Alberto J. Rosujovsky[i], Ing. Civil Fabián Cinalli*[ii]
Ing. Caminos, Canales y Puertos Meritxell Segarra[iii], Ing. Civil Patricia L. Anzil[iv]

INTRODUCCIÓN

El diseño de la vía contempla la continuidad en la rodadura, conformando su emparrillado a partir de elementos discontinuos como son los rieles unidos por eclisas o continuos soldados integrando barras largas. En pasos a nivel se garantiza la circulación compatibilizando la continuidad longitudinal con la circulación vial transversal y los aparatos de vía se diseñan para que la llanta tenga siempre un punto de apoyo. Pero no resultan suficientes estas premisas, ni admisible un trazado geométrico sin curvas de transición con sus rampas de peralte a la entrada y salida de cada curva circular que brinde adecuado confort al pasajero. Su diseño, además, deberá contemplar una homogeneidad en la respuesta de la plataforma al paso de las cargas en toda su extensión. Dicho parámetro se define como ***"rigidez vertical de la vía"*** la que al presentar discontinuidades longitudinales deberán resolverse adecuadamente.

En una renovación de vía las mayores actuaciones se centran en la superestructura resultando las mejoras en su rigidez vertical mínimas. La bibliografía pone de manifiesto que es **el estado de la plataforma** el elemento de mayor incidencia en la heterogeneidad de dicha rigidez, resaltando que esta ***magnitud está influenciada principalmente por la infraestructura de la vía.*** El balasto tiene un papel relevante en el valor de la rigidez vertical, pero es la plataforma la que comparativamente presenta una influencia determinante en su variación según los últimos estudios. Nuevas líneas diseñadas con idénticos materiales y geometría presentan diferencias de rigidez vertical, llevando a

pensar que si la superestructura y las capas de asiento son las mismas, la infraestructura será la causante de dicha variación. Resulta así imprescindible que en las renovaciones se planifique la realización de los trabajos que garanticen una marcha sin sobresaltos por dichas variaciones mediante transiciones adecuadamente estudiadas en los puntos singulares que las provocan.

Las administraciones ferroviarias europeas han realizado estudios sobre la reducción de las variaciones de rigidez vertical, estableciendo criterios de diseño de vía y programas de control de estas variaciones, han elaborado catálogos de secciones estructurales y también han especificado medidas de mantenimiento para homogeneizar la rigidez en líneas en explotación. El estudio de la transición de la rigidez vertical en una obra ferroviaria no constituye un planteo novedoso ni específico de nuestro país; otras administraciones lo analizaron e incorporaron en sus diseños, resultando impensable proyectar una obra de arte sin prever la resolución de dicha transición.

Rescataremos algunos fundamentos para que todo proyecto contemple en su alcance la continuidad de la rigidez vertical, con identificación de las singularidades donde puedan presentar discontinuidades y recopilando alternativas que den solución a dicha problemática, en particular, entre las obras de arte y los terraplenes adyacentes. En la **Figura 1** se representa la simulación de un tramo longitudinal de vía con una obra de arte a partir de resortes de rigidez y en la **Figura 2**, se compara la rigidez vertical de la vía en un tramo longitudinal con una obra de arte.

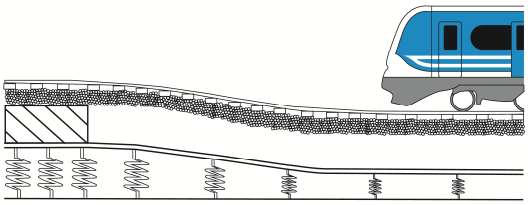


Figura 1.- *Representación de la rigidez vertical de la vía mediante resortes más rígidos en la obra de arte.*

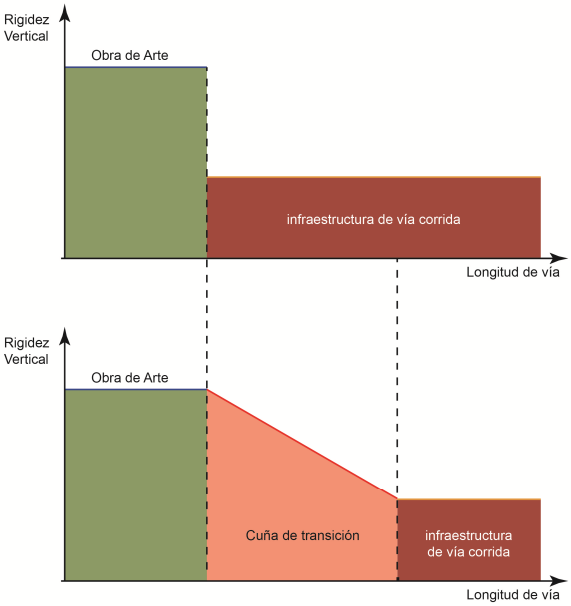


Figura 2.- *Comparación de la rigidez vertical de la vía sin y con cuña de transición en el terraplén próximo a la obra de arte.*

RIGIDEZ VERTICAL DE LA VÍA

El parámetro ***rigidez vertical de la vía*** se expresa como la relación entre la carga aplicada sobre la vía y el asiento elástico del riel. Una rigidez vertical de 80 KN/mm informaría que dicha vía precisa de una carga de 160KN para que se produzca un asentamiento elástico de 2mm:

$$r = \frac{Q}{y}$$

siendo los parámetros de la expresión:

r: Rigidez de la vía [KN/mm]
Q: Carga por rueda [KN]
y: Asentamiento elástico bajo el punto de aplicación de la carga [mm]

En las **Figuras 3 y 4** se representan los esquemas de cargas y deformaciones en la vía, a partir de cuyos valores se infiere su rigidez.

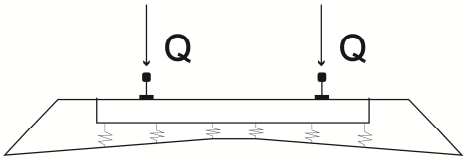


Figura 3.- *Esquema de cargas y estructura resistente de la vias.*

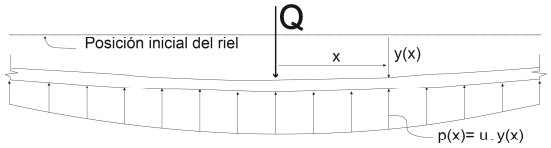


Figura 4.- *Deformaciones producidas pro las solicitaciones en la vía.*

Existe consenso en que hay una rigidez vertical óptima: vías con rigideces menores experimentarán excesivas deformaciones geométricas y aquéllas con una rigidez mayor sufrirán un mayor deterioro estructural.

VARIACIÓN LONGITUDINAL DE LA RIGIDEZ VERTICAL

Definida la rigidez vertical de la vía cabe preguntarse si la misma se mantendrá constante en todo un trazado longitudinal. Y la respuesta es no. A lo largo del mismo se producen variaciones abruptas de rigidez, unas aleatorias y otras ante la presencia de puntos singulares tales como puentes de tablero abierto y cerrado, alcantarillas, túneles, materiales de características diferentes que integran la estructura de vía, aparatos de vía, pasos a nivel, etc. En la mayoría de estos puntos la rigidez vertical experimenta alteraciones, básicamente por distintas composiciones estructurales como por ejemplo diferencias en el espesor de las capas de asiento. En el ingreso o salida de los puentes y viaductos, especialmente en aquéllos que poseen fundaciones indirectas, se genera un salto considerable en la rigidez vertical de la vía. En muchos túneles, al encontrarse la superestructura de la vía sobre el macizo rocoso, la rigidez varía con respecto a las zonas donde está en contacto directo con el terraplén. En las obras de arte menores como alcantarillas, también se observan distintas condiciones en cuanto a la rigidez vertical de la vía dependiendo de la tapada existente .

Otro punto singular es el constituido por los aparatos de vía que presentan en su conformación elementos más rígidos a la flexión que en la vía común. Por ejemplo el sector del cruzamiento tiene componentes con momentos de inercia superiores al resto de la vía, al igual que los rieles especiales utilizados para agujas y contraagujas de los aparatos modernos, sumándose además otro factor de aumento de la rigidez debido a que los durmientes tienen mayor sección, presentan distintas longitudes y se disponen con menor distancia entre ellos. Todos estos factores aumentarán la rigidez vertical en toda la extensión de un aparato de vía.

También se producirán variaciones de rigidez en una vía con superestructura conformada con capas de balasto y sub-balasto, dado que con el tiempo se originan asientos verticales proporcionales a los millones de toneladas circuladas, producto de la compactación de sus elementos granulares, la generación de finos por la fricción entre las aristas vivas de dichos elementos y la modificación de su

granulometría por fragmentaciones, fenómenos que inevitablemente contribuirán a la disminución de sus propiedades elásticas.

Resulta menester que en todos estos puntos singulares se logre una variación progresiva de la rigidez vertical .

Centrando el análisis en la solución para lograr una variación progresiva de la rigidez vertical entre una obra de arte y el terraplén contiguo, se destaca que los factores que influyen en el comportamiento estructural de la vía en estas transiciones se agrupan en: **factores externos:** carga y velocidad de los trenes, vibraciones producidas por los mismos e influencias ambientales como el agua y variaciones de temperatura; **factores geotécnicos y estructurales:** naturaleza de las cimentaciones, núcleo de los terraplenes y capas de asiento, tipología estructural, rigidez, etc.; **factores de la vía:** características del emparrillado (riel, durmientes, fijaciones, enrieladura con juntas o rieles largos soldados), balasto - sub balasto y limitaciones impuestas a la calidad geométrica.

Descripto el parámetro de la rigidez y la identificación de los diferentes elementos que confieren variaciones de la misma, debe preguntarse ¿cuál es el interés en estudiar el efecto de esta variación? El carácter "brusco" genera alteraciones en la marcha del tren afectando el confort de los pasajeros, pero vemos que incluso en líneas con servicios de carga se deben evitar estas variaciones. El motivo es que estos gradientes producen deformaciones en el paquete estructural de la vía obligando a intensificar las tareas de mantenimiento para garantizar los parámetros de explotación.

PARÁMETROS RRELACIONADOS CON LA VARIACIÓN DE RIGIDEZ

El ingeniero francés ***André Prud'homme*** en las décadas del 60 y del 70, cuantificó la desviación estándar de las sobrecargas verticales dinámicas en la vía (variación esperada con respecto a la media aritmética) diferenciando entre las provocadas por el peso suspendido (todo peso que para llegar al riel está amortiguado) y las provocadas por el peso no suspendido del material rodante (ejes, cajas de grasa, motores y transmisiones) sin amortiguar.

Asimismo estableció que cuanto mayor sea el peso no suspendido de un vehículo, más agresivo será el vehículo con la vía ya que las sobrecargas dinámicas incidirán sobre ella bruscamente. La calidad geométrica de la vía **(b)** y su rigidez vertical **(r ó k)** son los parámetros que inciden en mayor medida para evitar las sobrecargas dinámicas.

FORMULA DEL COMPORTAMIENTO ELASTICO DE LA VIA:

$$\sigma_{(\Delta QNS)} = 0{,}45 \cdot \frac{V}{100} \cdot b \cdot \sqrt{m_{NS} \cdot k \cdot \gamma(\varepsilon)}$$

donde:

$\sigma_{(\Delta QNS)}$: desviación estándar de las sobrecargas dinámicas debidas a las masas no suspendidas del material rodante.
V : Velocidad de circulación [Km/h]
B : Variable relacionada con los defectos de la vía y de las ruedas del vehículo
m_{NS} : masa no suspendida del vehículo [t]
k : rigidez vertical de la vía [t/mm]
ϒ(ε) : Amortiguación del emparrillado de vía

Esta fórmula permite considerar, además de la velocidad y la calidad geométrica de la vía, la influencia directa de sus características estructurales a través de su rigidez vertical. En el cálculo de las sobrecargas dinámicas del vehículo éstas pueden alcanzar más del doble de la carga estática cuando la rigidez es elevada y la geometría de vía deficiente.

EFECTOS PRODUCIDOS POR VARIACIONES LONGITUDINALES DE LA RIGIDEZ

Por la propia definición de rigidez vertical, su variación incide de forma significativa en el asiento de la vía; a medida que este se produce, las fuerzas de interacción entre vía y vehículo aumentan, se vuelve a incrementar el asiento y con ello las fuerzas, repitiéndose otra vez el proceso. Se genera así uno un efecto de espiral creciente entre las fuerzas de interacción y los asientos verticales.

Una variación de rigidez indica que se ha producido o se producirá un deterioro, tanto en la infraestructura o superestructura como en el material rodante, pues, dicha variación implica una respuesta diferente en los elementos receptores ante las solicitaciones recibidas. En un punto singular de mayor rigidez el conjunto de la vía experimentará deformaciones permanentes por encontrarse fuera del campo elástico.

¿Cuál es por lo tanto el mecanismo de deterioro? Los cambios en la rigidez, tal y como cuantificó ***Prud'homme***, causarán variaciones en las sobrecargas dinámicas, cuyo incremento dará lugar a nuevos asentamientos diferenciales debido a la permanente deformación del balasto y de la estructura subyacente. El hecho se produce por la repetición de las cargas y la gravedad de la acción dependerá de la calidad y comportamiento del balasto, de la subestructura y de la fundación. Estas variaciones de la rigidez conducen también a la aparición de vibraciones entre el vehículo y la vía, provocando problemas locales de deterioro como fatiga, desgastes prematuros o roturas de riel, deformaciones plásticas, durmientes bailarines, etc.

Diferentes estudios coinciden en que la variación de la rigidez vertical lleva al deterioro de la vía, produciendo modificaciones de los parámetros geométricos por los asientos diferenciales sucesivos. Su deterioro es perjudicial ya que se modifican las condiciones para las cuales fue diseñada, pero el mayor problema es que los asientos continúan aumentando a lo largo del tiempo por las acciones del tráfico y las variaciones longitudinales de la rigidez vertical conducen a la degradación de la nivelación de la vía.

Al pasar de una zona de mayor a menor rigidez, como la salida de un puente, se produce un aumento del asentamiento caracterizado por el deterioro de la geometría, la degradación del balasto y el movimiento de los durmientes en la vía de menor rigidez. En el caso contrario, cuando se ingresa a zonas de mayor rigidez la fuerza de contacto rueda riel varía de forma más acusada ya que el aumento de la carga se produce en el lado de alta rigidez en una distancia corta produciendo cargas de mayor impacto. En esta situación, los problemas típicos son la fatiga de la superficie del riel y el deterioro en durmientes y almohadillas de apoyo.

En todo lo analizado, se hizo referencia a puntos que presentan una tipología previsible ante cierta característica, pero las variaciones de rigidez a lo largo de la vía también se dan de forma aleatoria, por fallas en las capas de asiento, sin que exista alguna tipología determinada como la de un punto singular. Estas variaciones aleatorias se presentarían distanciadas entre sí pudiendo originar oscilaciones de baja frecuencia en el material rodante, lo que supondría falta de confort para los pasajeros y la transmisión de vibraciones en los edificios cercanos a la infraestructura ferroviaria.

Desde el punto de vista económico **¿cuál es el efecto que tiene la variación longitudinal de la rigidez vertical?**

Dichas variaciones generan incrementos en los trabajos de mantenimiento en aquellas zonas donde aparecen, pues la velocidad de deterioro en la calidad geométrica de la vía viene condicionada por su rigidez vertical. Estudios realizados en este sentido ponen de manifiesto que la magnitud de la rigidez vertical incide de forma significativa en los costos de mantenimiento y además suponen un aumento de la energía necesaria para la tracción de los trenes.

Otro efecto que se produce a raíz de esta diferencia de asientos es que se puede provocar el descalce de los durmiente conocido como "durmientes bailarines", incrementando las cargas sobre la plataforma y la formación de desalineaciones al paso de los trenes. Por lo tanto, los efectos producidos por irregularidades de la rigidez vertical generará el desafío de **diseñar** una infraestructura capaz de resistir los efectos y acciones del tráfico, la climatología (protegiendo adecuadamente a la plataforma) y **mantener** dentro de límites aceptables los costos de operación, de conservación y seguridad, además del confort de los pasajeros.

SOLUCIONES DE ADMINISTRACIONES FERROVIARIAS A VARIACIONES LONGITUDINALES DE RIGIDEZ VERTICAL PROXIMAS A OBRAS DE ARTE

Como se ha mencionado, entre el terreno natural y un punto singular como una obra de arte se producen variaciones longitudinales de la rigidez vertical generándose asientos en las cercanías de los estribos. En las **Figuras 5, 6 y 7** se reproducen los efectos de deterioro esperados en la infraestructura en caso de no solucionarse dichas variaciones entre obras de arte y sus terraplenes adyacentes.

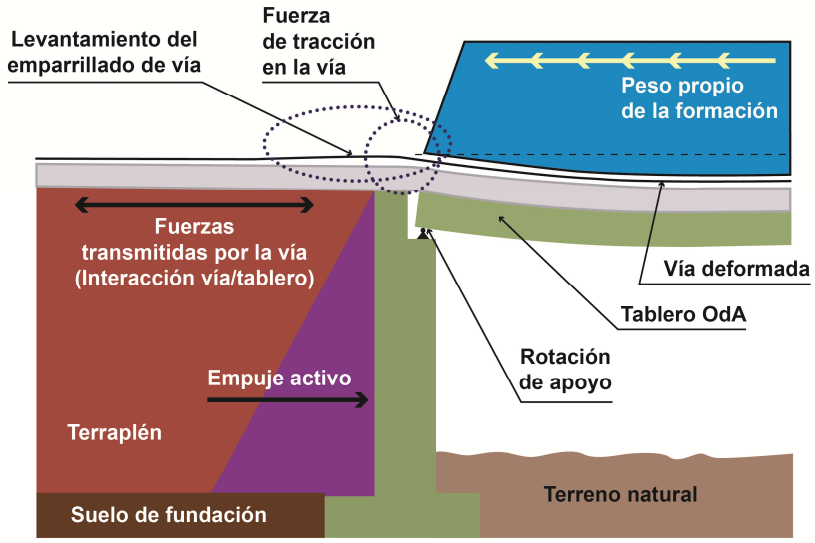


***Figura 5**.- Interacción con el material rodante en la obra de arte y fuera del terraplén.*

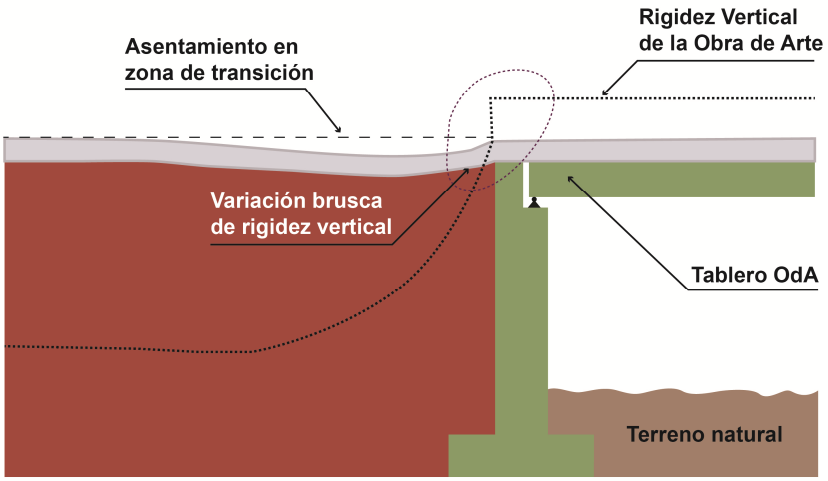


***Figura 6**.- Asiento en el espaldón del estribo en caso de no solucionar las variaciones de rigidez. Se observan deformaciones permanentes originadas por el reiterado paso del tren.*

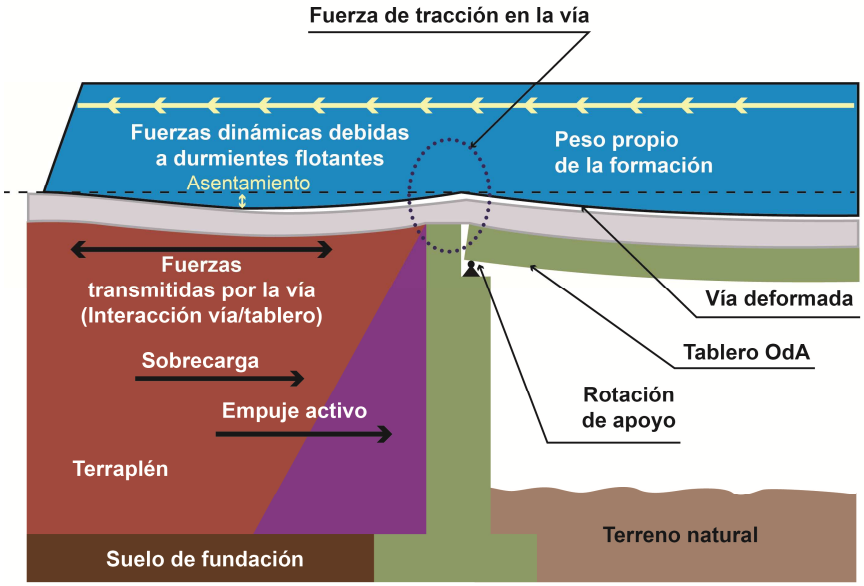


***Figura 7**.- Situación con el material rodante en el terraplén y en la obra de arte.*

En las primeras soluciones encontradas para que el salto de rigidez resulte más suave, se propuso la reducción de los asientos pensando en un diseño cuidadoso de las transiciones, proveyendo para ello al terraplén de cuñas invertidas realizadas con materiales que ofrezcan una mayor rigidez que el constitutivo del terraplén y diseñando una geometría que presente una transición suave entre los valores del terraplén y la obra de arte.

A continuación se describen diferentes soluciones puestas en práctica por diversas administraciones ferroviarias:

✓ ***Aumento de la sección de contacto de los durmientes con el balasto***: se logra disminuyendo la separación entre durmientes, o incrementando su superficie de apoyo, rigidizando de esta manera en mayor medida la vía. Una de las formas, en el caso de obras de arte existentes, es mediante el empleo de durmientes de mayores dimensiones en su longitud, variando su largo escalonadamente en

la zona de la transición. También si se incorporan 4 rieles, 2 exteriores y dos interiores a los de rodadura, unidos a durmientes especiales, también se aumenta la resistencia a la flexión del emparrillado de vía **(Figura 8)**.

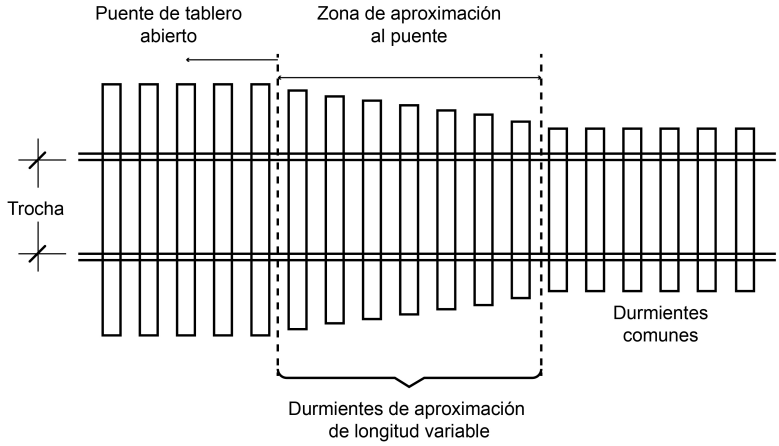


Figura 8.- *Disposición de durmientes próximos una obra de arte para aumentar la rigidez.*

✓ ***Refuerzo de la zona de transición con pilotes en su basamento***: esta solución propone colocar pilotes debajo de la plataforma en cercanías de los estribos aumentado progresivamente su longitud. Se ha comprobado que es una solución fácilmente ejecutable.

✓ ***Uso de losas de transición***: colocadas entre el balasto y el sub-balasto con una pendiente de 1:200. Hay estudios que no aconsejan esta solución ya que rigidiza en demasía la zona de aproximación. Debido a esta causa las experiencias con losas de transición, usadas habitualmente como solución vial, no brindan resultados satisfactorios en el ferrocarril dado que se generan con frecuencia roturas de las mismas en donde éstas se asientan de manera creciente y diferencial en el terraplén favoreciendo la penetración del agua por las grietas generadas provocando el colapso de la zona de apoyo del emparrillado.

✓ ***Por medio de una capa de mezcla bituminosa:*** colocada entre la plataforma y el balasto, permite una mejor distribución de tensiones en la plataforma, especialmente cuando se funda en suelos blandos. Se verificó que no se deteriora la geometría de la vía.

✓ ***Geogrillas*****:** consiste en una solución de celdas tridimensionales rellenas de materiales granulares que estando confinados en la misma, aumentan la capacidad de carga, la rigidez, la estabilidad de la vía y reducen los asentamientos en esa zona. Se han realizado investigaciones mediante la simulación del comportamiento del balasto con un refuerzo tipo malla, verificando el potencial de este tipo de refuerzos para disminuir el asiento de la vía, especialmente en líneas construidas sobre plataformas de baja calidad.

✓ ***Uso de plantillas en las zonas de vía rígida****:* se trata de disminuir la rigidez vertical al ingreso de la obra de arte colocando almohadillas de distinta flexibilidad y variados espesores bajo el riel y sobre el durmiente, o bien suelas elastoméricas adosadas a la cara inferior de los durmientes de hormigón. Otra manera es instalar mantas elásticas debajo de la capa de balasto y sobre la superficie del tablero del puente, con espesores adecuados en función de obtener los resultados buscados. Todas estas acciones pueden combinarse y efectuarse sin inconvenientes pero deben usarse con precaución dado que sobre el tablero de un puente pueden aumentar las aceleraciones verticales en el balasto.

✓ ***Uso de durmientes de materiales plásticos en obras de arte**:* con el mismo sentido que la solución anterior, se trata de reducir la rigidez de la zona de ingreso a la obra de arte, a fin de aproximarla a la de la zona anterior al de inicio del puente. Para ello se utilizan en la zona de ingreso durmientes de polietileno de alta densidad, el cual se puede reforzar con fibra de vidrio, combinar con cauchos modificados, reforzar con polímeros, y combinar con minerales. Estos durmientes presentan menor rigidez que los de hormigón, lo cual disminuye la rigidez en las zonas de la obra de arte en la que es sensiblemente mayor que la del terraplén.

✓ ***Cuñas invertidas**:* ya mencionadas como las primeras soluciones propuestas, estas cuñas se construyen junto a la obra de arte con grava de buena calidad tratada generalmente con cemento. Tienen una pendiente suave y el fin es alcanzar gradualmente la rigidez deseada. Es el método utilizado por las administraciones ferroviarias de infraestructura en la mayoría de los países europeos. **(Figura 9)**.

Al respecto, la ***Union Inernationale des Chemins de Fer*** en la norma **UIC 719R** agrupó los diferentes tipos de cuñas de transición de las Administraciones europeas. Todas estas cuñas presentan las siguientes características en común:

- ✓ Longitud mínima de la transición de 20 m.
- ✓ Relleno del trasdós del estribo con materiales granulares tratados con cemento.
- ✓ La necesidad de disposición de capas o membranas drenantes en el trasdós de los muros y estribos. Un factor a tener en cuenta en el diseño de la vía en relación a evitar variaciones longitudinales de rigidez es el drenaje adecuado y el uso apropiado de los geotextiles en las proximidades de los puntos singulares.
- ✓ Tratamiento con cemento de la capa de sub-balasto.
- ✓ Tratamiento con cemento de la capa de forma en proporción del 3% en peso.

Para evitar la generación de asientos en el núcleo de las cuñas, éste deberá construirse con materiales de muy buena calidad, con bajo contenido de finos (<5%) para asegurar la estabilidad y la insensibilidad al agua, un tamaño máximo de 100 mm para permitir una adecuada compactación en tongadas de 20/25 cm, un coeficiente de uniformidad mínimo de 6 con el objeto de asegurar que quede acotado el índice de huecos, un módulo de deformación E_{V2} controlado con el ensayo con placa de carga de 80 MPa para permitir la obtención de una rigidez global de la vía y con una densidad Próctor Modificado de 0,95 para que con la energía de compactación suficiente se obtenga un material granular estable sin movimientos de partículas (CBR mínimo 17).

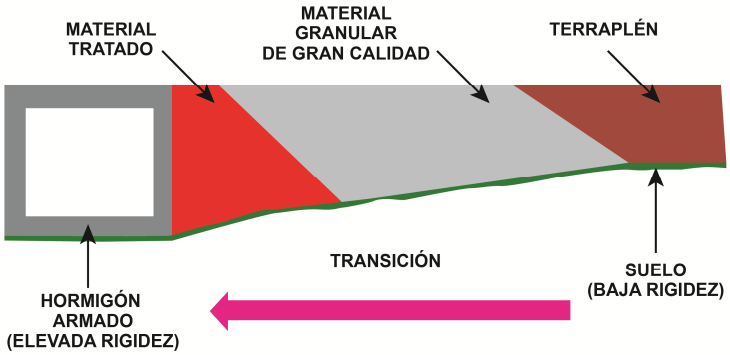
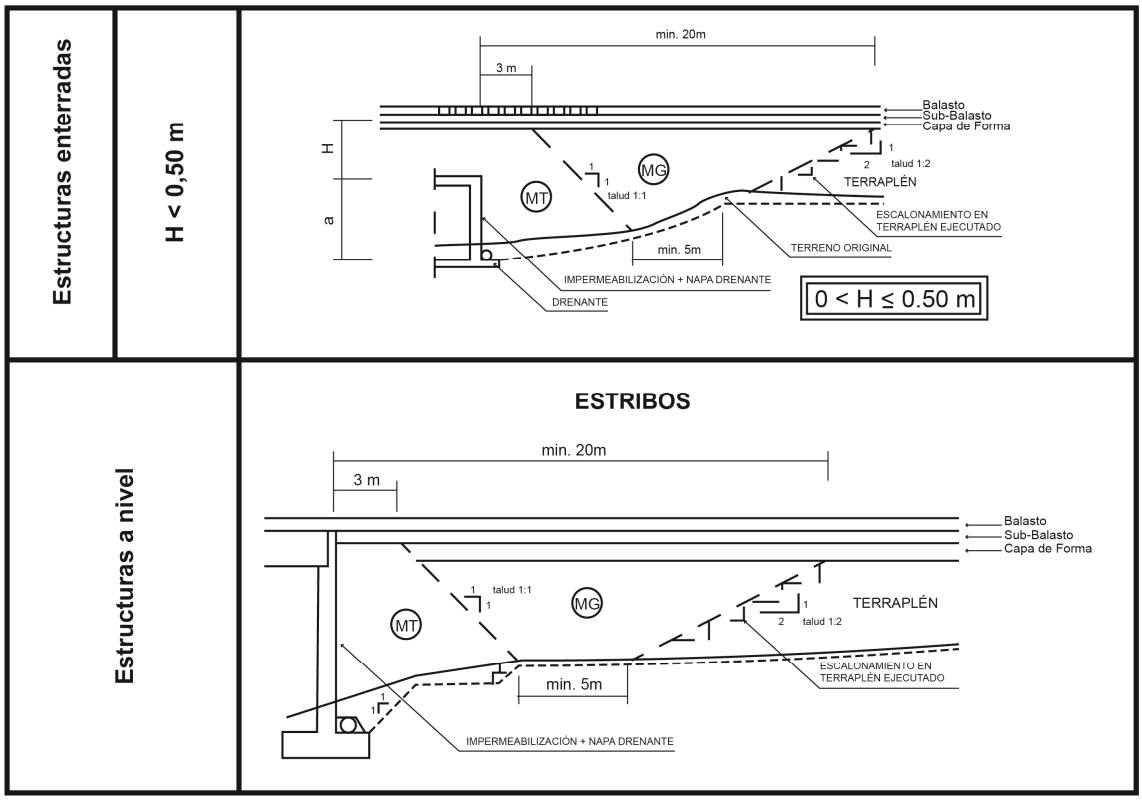


***Figura 9.-** Esquema de la estructura de las cuñas de transición.*

El diseño de la cuña de transición para estructuras enterradas depende de la profundidad a la que se encuentre la obra de arte, siendo H la distancia entre ésta y la capa de la sub-rasante y para obras de arte a nivel (H=0) resulta también un diseño especial **(Figura 10)**.



Las líneas de trazos no indican un talud real a ejecutar, sino que definen, a la altura de cada longada del relleno general el límite aproximado de los distintos tipos de material:

1. Material para núcleo y coronación
MG Material granular
MT Material MG mezclado con cemento

Figura 10 .- *Esquema de cuñas de transición adoptadas por ADIF España, construidas después del terraplén adyacente.*

De todas las soluciones planteadas, actualmente la conformación de cuñas invertidas es la más utilizada en las obras de nuevo trazado ferroviario y renovaciones de vía consultadas.

CONCLUSIONES

Desde un principio, las soluciones propuestas para evitar la variación longitudinal brusca de la rigidez vertical se enfocaron en reforzar únicamente la plataforma de la vía en la zona de los estribos, y como consecuencia se evidenció que de no estar acompañada de un diseño de la transición que conduzca a una variación longitudinal gradual, no sería efectivo. Asimismo se constató que si la solución propuesta no va acompañada de la ***medición empírica de la rigidez vertical y su variación longitudinal*** a fin de controlar los efectos esperados, se producirán fallas en la materialización de la cuña, con el deterioro progresivo de la vía.

Las administraciones europeas encontraron que los resultados obtenidos en relación a las pequeñas obras de arte pusieron de manifiesto que variaciones longitudinales bruscas de rigidez producidas en ellas tienen fuerte incidencia en el mantenimiento y sus costos; requiriendo entre un 10% y hasta un máximo de 3 veces más recursos que el mantenimiento medio de una línea sin Obras de Arte.

Cabe destacar entonces que resulta conveniente que las Obras de Arte de reducida longitud se agrupen respetando los requerimientos de escurrimiento de la cuenca sin la generación de efectos barrera, con el objeto de reducir las cantidades de zonas con variaciones longitudinales de rigidez

vertical y las que se construyan dispongan de sus cuñas de transición para homogeneizar la rigidez con sus variaciones obligadas producidas en forma gradual. El diseño adecuado de las cuñas y su correcta ejecución repercutirán favorablemente en el comportamiento geométrico de la vía.

Paralelamente las administraciones avanzaron en la modelización dinámica de la interacción entre el vehículo y la vía y encontraron un comportamiento distinto cuando se pasa en la vía de mayor a menor rigidez que cuando se está en el proceso contrario. De todas formas una transición lineal para ambos casos ofrece resultados satisfactorios.

Se concluye que la transición entre una obra de arte y el terraplén contiguo constituye un punto delicado de la infraestructura ferroviaria, en el cual se generan variaciones longitudinales de la rigidez vertical y en el que se conjugan técnicas propias de la vía con características geotécnicas y estructurales. Una transición deficiente generará importantes irregularidades geométricas con asientos diferenciales entre la vía y el emparrillado de la vía y la estructura, efectos que se hacen más notables cuanto mayor es la velocidad de los trenes, producto de las sobrecargas dinámicas. **Este mayor nivel de tensiones en el balasto conlleva a la pérdida de la nivelación longitudinal más rápido, obligando a aumentar la frecuencia de intervención de los trabajos de bateo y estabilización, incrementando notoriamente los costos de mantenimiento y disminuyendo la disponibilidad de la infraestructura ferroviaria para las circulaciones de trenes previstas.**

En los casos descriptos no aparecen transiciones de la rigidez vertical de manera natural en la vía, constituyéndose variaciones bruscas de la misma. **Para minimizar los efectos negativos sobre la degradación de la vía y evitar la pérdida de calidad en la circulación, se deben contemplar en los proyectos soluciones para responder a la falta de continuidad de la rigidez vertical en los puntos singulares.**

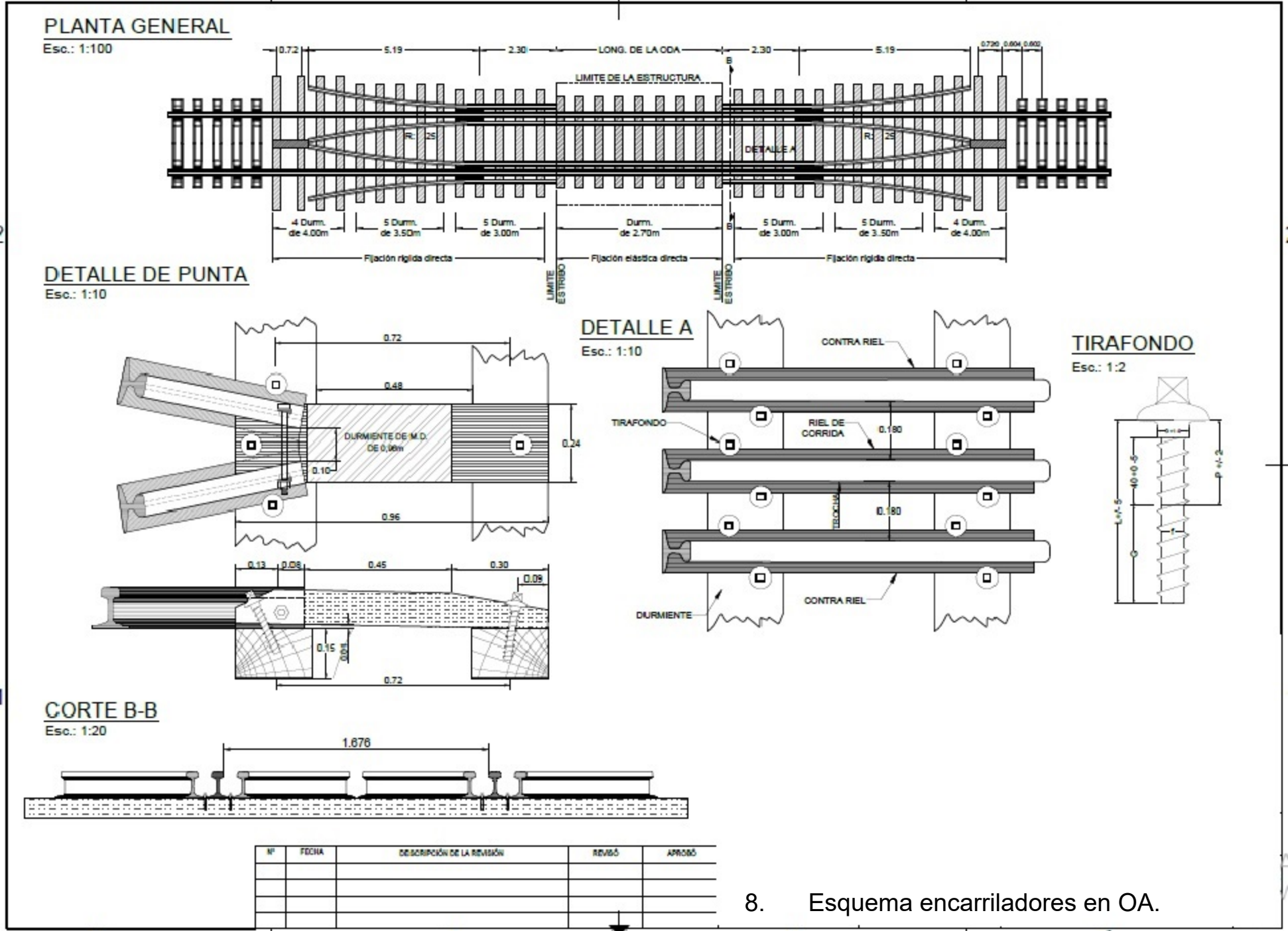
Los autores pertenecen al Grupo Técnico La Vía. Correo electrónico: grupotecnicolavia@gmail.com

[i]*El Ing. Civil (UNS) Alberto J. Rosujovsky, Postgrado especialista en Ingeniería Ferroviaria FIUBA. Profesor asociado de Ferrocarriles de la FIUBA, Director de la Escuela de Graduados en Ingeniería Ferroviaria de la FIUBA y docente de dicha carrera de Especialización. A cargo del Área Investigación y Desarrollo del Transporte de la ADIFS.E.*

[ii]*El Ing. civil (UCA) Ricardo Fabián Cinalli pertenece a la planta del Ministerio del Interior y Transporte y desarrolla tareas profesionales en el Área de Investigación y Desarrollo del Transporte de ADIF SE. Cursó la Escuela de Graduados de Ingeniería Ferroviaria de la FIUBA.*

[iii]*La Ing. de Caminos, Canales y Puertos (UPC, Universitat Politécnica de Catalunya) Meritxell Segarra desarrolla tareas profesionales, entre otras áreas, en la de Investigación y Desarrollo del Transporte en ADIF SE. Cursó la Escuela de Graduados de Ingeniería Ferroviaria de la FIUBA.*

[iv]*La Ing. Civil (UBA) Patricia Lucía Anzil desarrolla tareas profesionales en el Área de Investigación y Desarrollo de ADIF SE siendo especialista estructural de Obras de Arte ferroviarias y de operación ferroviaria.*



8. Esquema encarriladores en OA.