2017

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

Anteproyecto de Rehabilitación de Vías Férreas del FFCC Belgrano Cargas:
Tramo, Los Tigres – Los Pirpintos, Santiago del Estero

Autores:
NUÑEZ, Valeria
STÉFANI, Juan
VERDÚN, Pablo

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

Anteproyecto de Rehabilitación de Vías Férreas - FFCC Belgrano Cargas S.A.

Tramo: Los Tigres-Los Pirpintos, Santiago del Estero

Trabajo Final

Autores:

Juan STÉFANI
Pablo F. VERDÚN
Valeria M. NUÑEZ

Tutor:

Alberto BLANCO DECOUD

Resistencia, Chaco - Argentina
2017

Agradecimientos

Los autores deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a los profesores asesores: Rubén SOTELO, Alejandro RUBERTO, por su colaboración en la preparación de este Trabajo Final. Además, manifestamos nuestro agradecimiento especial a Alberto BLANCO DECOUD, cuya disponibilidad con las necesidades e ideas como tutor fueron de enorme utilidad.

Resumen ejecutivo

El objetivo de este anteproyecto consiste en realizar parte de la rehabilitación y reacondicionamiento del ramal C12 del ferrocarril Belgrano Cargas S.A., en el tramo que vincula a las estaciones en Los Tigres (km 1.264,960) y Los Pirpintos (km 1.332,500) con una extensión de 67,54km en la provincia de Santiago del Estero.

El Ferrocarril Belgrano Cargas S.A. constituye la red nacional de trocha angosta en una extensión de 7.347 km., y circula por trece provincias argentinas.

Presta sus servicios a una población cercana a 41% del total del país. La característica principal de la red de trocha angosta es que permite unir el Puerto de Buenos Aires y las terminales portuarias de Rosario, Santa Fe, Barranqueras y Formosa (puntos de salida de exportaciones o eventual entrada de importaciones) con los centros de producción provinciales.

La red también está integrada con el centro, norte de Chile y con Bolivia (ambas con ferrocarril de igual trocha, angosta métrica), permitiendo acceder a la terminal marítima de Iquique y al puerto de Antofagasta por intermedio de la red de la empresa chilena Ferronor S.A., y con Bolivia ya sea a través del Ferrocarril Antofagasta-Bolivia o con la conexión en Yacuiba.

Con la rehabilitación del tramo se busca:

- Incrementar el porcentaje de cargas trasportadas por el modo ferroviario.
- Mejorar la oferta y la regularidad de los servicios de carga.
- Disminuir los costos de flete en el transporte de cargas.
- Reducción de accidentes producidos en el transporte de cargas por el modo carretero.
- Recuperar la industria ferroviaria nacional, promoviendo la fabricación local y con la posibilidad de exportación hacia países de la región.

Estudios en la traza

Para concretar la rehabilitación el análisis parte de diversos estudios los cuales son:

Estudios topográficos

Tienen como objeto el armado de la red de apoyo y relevamientos de accidentes naturales como artificiales.

Sobre la traza existente se realizarán las técnicas normalizadas que utiliza la Dirección de Estudios y Proyectos de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV).

El informe menciona las *tareas realizadas* de vinculación planimétrica a la Red POSGAR obteniendo coordenadas X e Y, y la altimétrica a la Red de Nivelación Argentina a partir de puntos fijos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) para determinar sus cotas altimétricas, como resultado obtenemos el relevamiento planialtimétrico.

Las coordenadas geodésicas fueron transformadas a un sistema plano mediante la adopción de una proyección cartográfica Mercator Transversa. Esto último fue logrado mediante la adopción de un meridiano central que pertenece a la ubicación de la obra, ya que la misma se encuentra en el borde de la faja meridiana 5.

Se relevaron perfiles transversales cada 100m en toda la franja de servicio, siendo esta de alambrado a alambrado, ocupando todo el ancho de la vía.

Estudios geotécnicos

Con Objeto de determinar las características físico-mecánicas de suelo que se pretende utilizar como plataforma de fundación, mediante ensayos y análisis obtenemos la evaluación geotécnica de la zona y las características edafológicas de los perfiles estratigráficos. Llevando a cabo una estimación de la capacidad portante de la plataforma se halla los parámetros para su diseño y verificación.

El informe geotécnico comprende los estudios de campo que se realizaron como así también los trabajos de laboratorio sobre las muestras extraídas de los trabajos de campo:

- Estudios de campo

- Ensayo de penetración estándar (SPT).
- Extracción de muestras de suelo mediante pozos de cielo abierto calicatas (K).
- Ensayos de penetración dinámicos de cono (DCP).
- Ensayo de carga con placa (PLT).

- Trabajos en laboratorio

- Límites de Atterberg.
- Humead natural del suelo.
- Tamizado del suelo sobre vía húmeda.

- Ensayos de compresión triaxial.
- Clasificación de Suelos (SUCS) y Highway Research Board (HRB)

Mediante la interpretación de los resultados de los ensayos realizados, se llega a una conclusión con respecto a la elección del valor soporte relativo (CBR) de diseño para el dimensionamiento de la superestructura.

Estudios de carga

Se efectúa un análisis de los principales productos agrícolas del área de influencia y de los nuevos productos a transportar desde el norte argentino como ser vino de Salta y limón de Tucumán etc. Además se analiza el desarrollo de la producción de cemento en Jujuy con destino a Resistencia-Chaco y la producción de azúcar de Jujuy, Salta y Tucumán.

Si bien los destinos actuales de la producción del NOA y NEA son los puertos de Santa fe y Buenos Aires, los mismos productos se podrían, en un futuro, transportar hacia el puerto de Barranqueras, previa adecuación, lo que permitirá la salida en forma directa de los productos agropecuarios y agroindustriales del norte argentino.

La demanda potencial en el horizonte de proyecto se ha realizado proyectando la producción con una tasa de crecimiento anual en el periodo 2019-2049. Se tiene en cuenta el calendario de cosecha de productos agrícolas, definiendo un calendario de transporte

Con la información de las toneladas anuales producidas y sus respectivas estacionalidades se puede estimar la demanda de transporte para cada mes del año.

Adecuación hidráulica

Buscando definir el sistema de escurrimiento en la zona del anteproyecto, con el fin de localizar la dirección y recorridos del agua, se diseñará el sistema de alcantarillado y sus dimensiones (verificando estas, mediante una modelación del programa HY-8), para el control de las aguas de escurrimiento causado por una tormenta de diseño que conforma la entrada al sistema y que también deberá definirse, con la objeto de mitigar los efectos adversos que pudieran generar las precipitaciones.

A su vez, contemplaremos el diseño del sistema de desagües pluviales en el predio que ocupa la estación ferroviaria en la ciudad de Los Pirpintos.

El informe que quedara conformado de la siguiente forma:

- Definición de las áreas de aporte, cauces y características fisiográficas.
- Determinación de la lluvia de diseño.

- Determinación de los caudales para la precipitación de diseño.
- Diseño de alcantarillas.
- Diseño de desagües pluviales en la estación Los Pirpintos.

Diseño y dimensionamiento de la vía

Detallaremos las diferentes partes que componen la vía, buscando definir en cada caso sus dimensiones, tipo y materiales que ocuparemos para concretar la correcta rehabilitación del tramo.

Abarcaremos la infraestructura definiendo los perfiles transversal tipo que deberemos utilizar en cada caso, para la zona de camino, y la superestructura con la correspondiente elección de las partes que la constituyen. Incluiremos además el dimensionamiento de las juntas y sus componentes, aparatos de vías, aparatos de dilatación, señalizaciones etc.

La Estructura de la vía se divide en la infraestructura y la superestructura se diseñan y dimensionan buscando que la vía cumpla con la guía del material rodante evitando que estos descarrilen, soporte las fuerzas verticales, horizontales y longitudinales que producen la circulación de los trenes, y se trasmita las fuerzas a la plataforma a través de la superestructura de vía (riel, durmiente, fijaciones y balasto). Llegando a garantizar una confiabilidad en la circulación de los trenes y conseguir una alta disponibilidad operativa.

Dividiremos el trabajo en las siguientes partes:

Diseño geométrico de la zona de vía.

Comprende la verificación de la trocha, curvas y peraltes, además la zona de vía que constituye la franja de terreno que es ocupada por el ferrocarril y llevara un diseño que se optara respetando las especificaciones del organismo competente para este caso Administración de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF S.E.)

Clasificación de la vía.

Para realizar los trabajos de conservación y renovación de vías ADIF S.E. especifica en la norma Estructura, balastado y conservación en la vía (NTVO N°1) como debe clasificarse a las líneas.

La norma antes mencionada proporciona una ecuación, resolviéndola y comprando con valores limites determinamos a que grupo pertenece nuestra línea.

Elección de durmientes, rieles y sujeciones.

Durmientes: descripción de sus funciones, los tipos usados en nuestro país y se opta por uno, nombrando las especificaciones exigidas por ADIF S.E. y dimensiones mínimas según normas de Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (ALAF), como también las cargas que deben ser tenías en cuenta en su dimensionado estructural.

Rieles: para estos se definen sus funciones esenciales, forma de la sección transversal, condiciones que deben cumplir los aceros para su fabricación, composición química, defectos, desgastes etc. Completamos con la elección del riel según su peso.

Sujeciones: características básicas como resistencia mecánica y elasticidad adecuada, el menor número de partes lo que facilita su fabricación y montaje, bajo costo y gran duración, clasificaciones, elección.

Dimensionamiento y cálculo de juntas.

Las juntas deben permitir la libre dilatación y contracción del riel debido a la temperatura, describiremos las partes que la constituyen .Para fijar el tamaño de las luces de dilatación en el momento de la construcción o renovación de la vía nos remitiremos a la norma técnica de la Administración de Infraestructuras Ferroviarias S.E. (ADIF S.E.), Vigilancia de las luces de dilatación y corrección del “corrimiento” (NTVO N°15).

Contemplaremos el uso de anclas que tiene la función de impedir el corrimiento de los rieles que se genera por efecto de la circulación del material rodante, donde deberán ser colocadas y en que numero mediante un cálculo de número de anclas.

Calculo de balasto y plataforma.

El balasto es el material que se coloca sobre la superficie de apoyo (plataforma o plano de formación) en un espesor de 10 a 30 cm y debajo de los durmientes, a los efectos de la sustentación, elasticidad y drenaje de la vía. Además permite una repartición uniforme de la carga de los vehículos.

Debe estar constituido por piedra partida proveniente de cantera, por la trituración de rocas de calidad aceptada por las normas. Describiremos sobre el balasto funciones, características, especificaciones según normativas.

La plataforma es el elemento que soporta la estructura de la vía y que recibe a través de la capa de balasto las tensiones debidas a la acción del tránsito. Describiremos sus funciones, problemas presentes en la misma, deformaciones y asientos debidos a la inestabilidad propia, capacidad portante y el diseño integral del sistema plataforma balasto llegando a un espesor de balasto y tipo que deberá utilizare para la materialización de la plataforma.

Aparatos de vías (ADV)

Son los dispositivos que aseguran la continuidad de la vía en conexiones de diversas trayectorias con máxima seguridad. Los aparatos de vía en el tramo en estudio se encuentran emplazados dentro de las estaciones.

Describiremos los diferentes tipos de ADV existentes y cuál de estos es necesario en el tramo y donde. Deberán cumplir con las especificaciones técnicas que figuren los pliegos de ADIF S.E.

Dispositivos de dilatación (DD) y Aparatos de dilatación (AD)

La utilización de riel largo soldado (RLS), hace necesario en los extremos dispositivos que permitan el movimiento generado por los variación de la temperatura. Dichos movimientos son del orden de los 50 mm (superiores a la luz máxima de juntas), los DD y AD protegen a la vía frente a estos desplazamientos. Describiremos estos para en el siguiente paso, hacer uso del que se requiera.

Riel largo soldado (RLS) y conformación de la vía.

La utilización de RLS es necesaria debido a la economía que se genera con la disminución de las juntas sumado a las ventajas técnicas que la soldadura presenta frente a esta.

Para definir las condiciones de empleo del RLS, reglas de colocación, vigilancia, conservación y modificación nos remitiremos a la normativa ferroviaria: Colocación, Vigilancia y Conservación de rieles largos soldados (NTVO n°9), la cual deberemos respetar sus especificaciones para materializar la constitución de la vía ferra.

Partiendo de las especificaciones que figuran en la norma NTVO N°9; definimos como estará constituida la vía en el tramo de renovación, marcando las longitudes de los tramos de RLS como así también donde deberán colocarse los AD necesarios.

Soldadura aluminotérmica.

Descripción general de proceso para realzar la soldadura corte de rieles, limpieza, alineación horizontal y vertical, ajuste de la cala, montaje desmontaje he inspección del trabajo.

Señalizaciones y paso a nivel y estaciones

Este apartado comprende la señalización necesaria a realizar en las estaciones de ferrocarriles y en los cruces entre caminos y vías férreas.

Se recurre al uso de normativas como ser: para estaciones Reglamento General de Ferrocarriles, para cruces se empleara las normas para los cruces entre caminos y vías férreas de la Secretaria de Estado de Transporte y Obras Públicas (SETOP 7/81).

Computo presupuesto y evaluación económica

Buscamos una secuencia lógica de las tareas a ejecutar, se divide los rubros e ítems que creemos conveniente computando mediante operaciones matemáticas y geométricas, nos permite efectuar la determinación de longitudes, superficies y volúmenes.

Se indagaron los precios de los materiales, determinado un costo al pie de obra, se suma a estos, la mano de obra para la ejecución de los trabajos y la maquinaria que será necesaria. Una vez determinado el costo-costo, se le suma los gastos generales, beneficios e impuestos para determinar un precio para la ejecución de la obra.

La evaluación económica de un proyecto tiene como finalidad, tomar la decisión de aceptarlo o rechazarlo, básicamente este consiste en comparar ingresos y egresos cuantificados, además de tener en cuenta la oportunidad que el recurso monetario posea en el tiempo. En síntesis consiste en un flujo de beneficios netos para la cual es posible calcular indicadores de rentabilidad.

El análisis de rentabilidad se efectúa mediante la evaluación económica, ya que evalúa los costos y los beneficios de un proyecto desde la perspectiva de la sociedad como un todo y considera que la realización del proyecto ayudará al desarrollo de la economía y que su contribución social justificara o no el uso de los recursos que necesita.

Los resultados del análisis, sobre la validez del proyecto desde el punto de vista de la sociedad, serán dados a través de la utilización de indicadores síntesis calculados sobre los beneficios y costos económicos, los cuales serán el Valor Actual Neto Económico (VAN) y Tasa Interna de Retorno Económica (TIR). Los cuales arrojan un valor actual neto de $11.264.283.815 empleando una tasa social de descuento de 12% y una tasa interna de retorno de 128%.

Como consecuencia de estos indicadores socioeconómicos puede concluirse que el proyecto propuesto es altamente conveniente desde el punto de vista social. Además al ser la TIR muy superior al 12%, el proyecto debería implementarse en forma inmediata.

Índice

CAPÍTULO 1 15
1. Contexto histórico 16
2. Objetivo del anteproyecto 17
3. Justificación del proyecto 19
4. Característica general del anteproyecto 20
5. Ubicación geográfica 20
5.1 Áreas de influencia del anteproyecto 21
5.1.1 Área de Influencia directa 21
5.1.2 Área de influencia indirecta 21
5.2 Características del área de influencia del anteproyecto 22
5.2.1 Característica topográfica y geomorfológica 22
5.2.2. Características del clima 26
5.2.2.1 Lluvias 26
5.2.2.2. Temperatura 27
5.2.3. Características hidrográficas 28
6. Características socio-económicas zona de influencia del proyecto 29
6.1 Caracterización Demográfica 29
6.2 Informe productivo 31
6.2.1 Informe productivo área de influencia directa 31
6.2.2 Informe productivo área de influencia indirecta 36
CAPÍTULO 2 45
Estudios Topográficos 46
1. Descripción general 46
2. Relevamiento planimétrico 46
3. Relevamiento altimétrico: 47
4. Colocación de mojones 48
5. Trabajos a realizar 48
6. Instructivo para medición general 49
6.1. El esquema de perfiles transversales 49

6.2. En rectas 50
6.3. En Curva 50
6.4. En pasos a nivel 51
6.5. En obras de arte 51
6.6. En estaciones ferroviarias 52
6.7. Aparato de vía 52
Estudios Geotécnicos 54
1. Objetivo 54
2. Estudios geotécnicos exigidos según normativa ferroviaria 54
3. Estudios y ensayos ejecutados en la traza 55
3.1. Trabajos de campo 55
3.2. Trabajos en laboratorio 58
4. Resultados y procesamiento de la información 59
4.1. Resultados ensayo de penetración estándar (SPT) 59
4.2. Resultados de muestras extraídas de calicatas (K) 60
4.3. Resultados ensayo de penetración dinámicos de cono (DCP) 61
4.4. Resultados del ensayo de carga con placa (PLT) 61
5. Elección del Valor Soporte Relativo (CBR) de diseño para el dimensionamiento de la superestructura 61
Estudios de cargas 66
1. Demanda potencial del Transporte ferroviario 66
1.1. Identificación de la producción de interés 66
1.2. Determinación de la demanda potencial de transporte 69
1.2.1. Determinación de la tasa de crecimiento 70
1.2.2. Demanda potencial de transporte 71
1.2.3. Estacionalidad de la demanda potencial 71
CAPÍTULO 3 73
Adecuación Hidráulica 74
1. Definición de las áreas de aporte, cauces y características fisiográficas 74
1.1. Proceso de recopilación de información 74
1.2. Áreas de aporte y características de las mismas 76

2. Determinación de la lluvia de diseño 79
2.1. Cálculo del tiempo de recurrencia (TR) por diversos autores 79
2.2. Análisis de los valores y elección final del TR 80
2.3. Recopilación de datos pluviométricos 81
2.4. Elección de la estación 82
2.5. Altura de precipitación para el tiempo de recurrencia (TR) 83
3. Determinación de los caudales para la precipitación de diseño 87
3.1. Aplicación de método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) 87
3.2. Resultados 92
4. Diseño de alcantarillado 94
4.1. Tipo de Estructura y característica de la embocadura 94
4.2. Cálculo del tirante crítico 95
4.3. Cálculo de la pendiente crítica 95
4.4. Identificación del tipo flujo 96
4.5. Criterios para el dimensionamiento 97
4.6. Modelación del funcionamiento de alcantarilla C7 con el programa HY-8 99
5. Desagües pluviales en la estación Los Pirpintos 102
5.1. Delimitación de las áreas de aporte en el predio 102
5.2. Método racional 103
5.3. Dimensionamiento de los canales 108
5.4. Dimensiones de los conductos de salida de Drenes 110
CAPÍTULO 4 111
Diseño y dimensionamiento de la vía 112
1. Estructura de la vía 112
2. Objetivos de la vía 112
3. Contenido 113
4. Diseño geométrico de la zona de vía 113
4.1. Trocha 113
4.2. Curvas 114
4.2.1. Rectificación del trazado de curvas 117
4.2.2. Peraltes en curvas 117

4.2.3. Sobreancho de la trocha en vía curva 120
4.2.4. Radios mínimos 120
4.2.5. Altimetría 121
4.2.6. Conclusiones 121
4.3. Zona de vía y secciones transversales 121
5. Clasificación de la línea 126
6. Elección de durmientes, rieles y sujeciones 127
6.1. Durmientes 127
6.1.1. Funciones de los durmientes 127
6.1.2. Tipos de durmientes utilizados 128
6.1.3. Elección del Durmiente 129
6.2. Rieles 132
6.2.1. Funciones esenciales 132
6.2.2. Forma de la sección transversal 132
6.2.3. Condiciones de fabricación que deben cumplir los aceros de los rieles 136
6.2.4. Composición química de los aceros para rieles 136
6.2.5. Propiedades físicas de los aceros para rieles 136
6.2.6. Defectos de los rieles 137
6.2.7. Desgaste de rieles 138
6.2.8. Elección del tipo de riel según su peso 139
6.3. Sujeciones 142
6.3.1. Clasificación 142
6.3.2. Placas de asiento 143
6.3.3. Elección de la sujeción 143
7. Dimensionamiento y cálculo de junta 145
7.1. Funciones de las juntas 145
7.2. Tipos de juntas 145
7.3. Eclisas 146
7.4. Bulones 147
7.5. Montaje 148
7.5.1. Luces y/o calas de dilatación en juntas 148

7.5.2. Anclas 149
8. Balasto y plataforma 153
8.1. Balasto 153
8.1.1. Funciones 153
8.1.2. Características 154
8.1.3. Análisis de las especificaciones sobre balasto 155
8.2. Plataforma 156
8.2.1. Funciones 156
8.2.2. Problemas que presenta la plataforma 157
8.2.3. Aspectos fundamentales de la plataforma 157
8.2.4. Deformaciones y asientos debidos a la inestabilidad de la propia plataforma 157
8.2.5. Mejoramiento artificial de la calidad de los suelos 158
8.2.6. Protección de los taludes 158
8.2.7. Capacidad portante de la plataforma 159
8.2.7.1. Diseño integral del sistema balasto-plataforma 160
8.2.7.2. Calculo del espesor del balasto 164
9. Aparatos de vías (ADV) 170
9.1. Desvíos simples 170
9.2. Cambio 172
9.3. Cruzamiento 172
9.4. Cruces y Slips 173
9.5. Otros aparatos de vía 176
9.6. Aparatos de vías en el tramo 176
10. Dispositivos de dilatación (DD) y Aparatos de Dilatación (AD) 177
11. Riel largo soldado y conformación de la vía 178
11.1. Definiciones 178
11.1.1. Requisitos de longitud 179
11.1.2. Rieles y durmientes 179
11.1.3. Zona de respiración (X) 179
11.1.4. Uniones de RLS 180
11.1.5. Paso a nivel (PAN) y obras de arte (OA) en RLS 182

11.1.6. Aparatos de vías (ADV) en RLS 183
11.2. Conformación de la vía 183
12. Soldadura aluminotérmica de rieles 183
12.1. Normativa 183
12.2. Procedimiento 183
12.2.1. Corte del riel con disco abrasivo 183
12.2.2. Limpieza del riel 184
12.2.3. Alineación horizontal y vertical 184
12.2.4. Ajuste de la cala de la junta 184
12.2.5. Montaje de los moldes 184
12.3. Colada 185
12.4. Desmolde y reborbado 186
12.5. Esmerilado 186
12.6. Inspección 186
12.7. Verificación de los defectos internos y externos 186
13. Señalización 189
13.1. Normativa 189
13.2. Señalización en estaciones ferroviarias y sectores próximos 189
13.2.1. Señales perceptibles por la vista 189
13.3. Señalización en los cruces entre caminos y vías férreas 195
13.3.1. Señalización pasiva 196
13.3.1.1. Señalización vertical 196
13.3.1.2. Señalización horizontal 199
13.3.2. Señalización activa 201
13.4. Conclusión 203
14. Estaciones ferroviarias 203
14.1. Enclavamientos 204
14.1.1. Definición 204
14.1.2. Función de los enclavamientos 204
14.1.3. Operación de enclavamientos 205
14.1.4. Clasificación de los enclavamientos 206

14.1.5. Enclavamiento de continuidad 206
14.1.6. Enclavamiento de itinerario 207
14.1.7. Enclavamiento de protección 207
14.1.8. Aplicación de señalamiento en estaciones 208
15. Cruces de caminos y vías férreas 208
15.1. Introducción 208
15.2. Metodología 209
15.3. Paso a nivel estación Los Pirpintos progresiva 137,928km 209
15.3.1. Ubicación 209
15.3.2. Estudio técnico 209
15.3.3. Aplicación de la señalización vertical 214
15.4. Paso a nivel progresiva 1322,915 214
15.4.1. Ubicación 214
15.4.2. Justificación 215
15.4.3. Estudio técnico 215
15.4.4. Aplicación de la señalización vertical 218
CAPÍTULO 5 219
Cómputo, presupuesto y evaluación económica del proyecto 220
1. Cómputo y presupuesto 220
2. Calculo de costo por mantenimiento 221
3. Evaluación de proyectos 223
3.1. Evaluación Económica (social) 223
3.1.1. Costos económicos 224
3.1.2. Beneficios económicos 225
4. Conclusiones 233
Bibliografía 235
ANEXO TABLAS 239
ANEXO PLANOS 270

CAPÍTULO 1

1. Contexto histórico

Argentina vio el nacimiento de su red ferroviaria a mediados del siglo XIX. Capitales ingleses estuvieron a cargo de su construcción, que en aquel momento dominaban la tecnología y se vieron favorecidos por el Estado Nacional a través de la firma de diferentes contratos de construcción.

El crecimiento de la red fue radial como se puede observar en el gráfico nº1.1., convergiendo hacia los puertos de Buenos Aires y Rosario, con escasas conexiones transversales debido a los intereses de dichos capitales los cuales tenían como objetivo comercial transportar los productos agrícola ganaderos hacia los mencionados puertos, para luego trasladarlos por el medio fluvial hacia el exterior. Fue el modo de transporte predominante en aquel tiempo, para 1890 su extensión alcanzaba 9.432 kilómetros y en 1910 llegó a 27994 kilómetros.

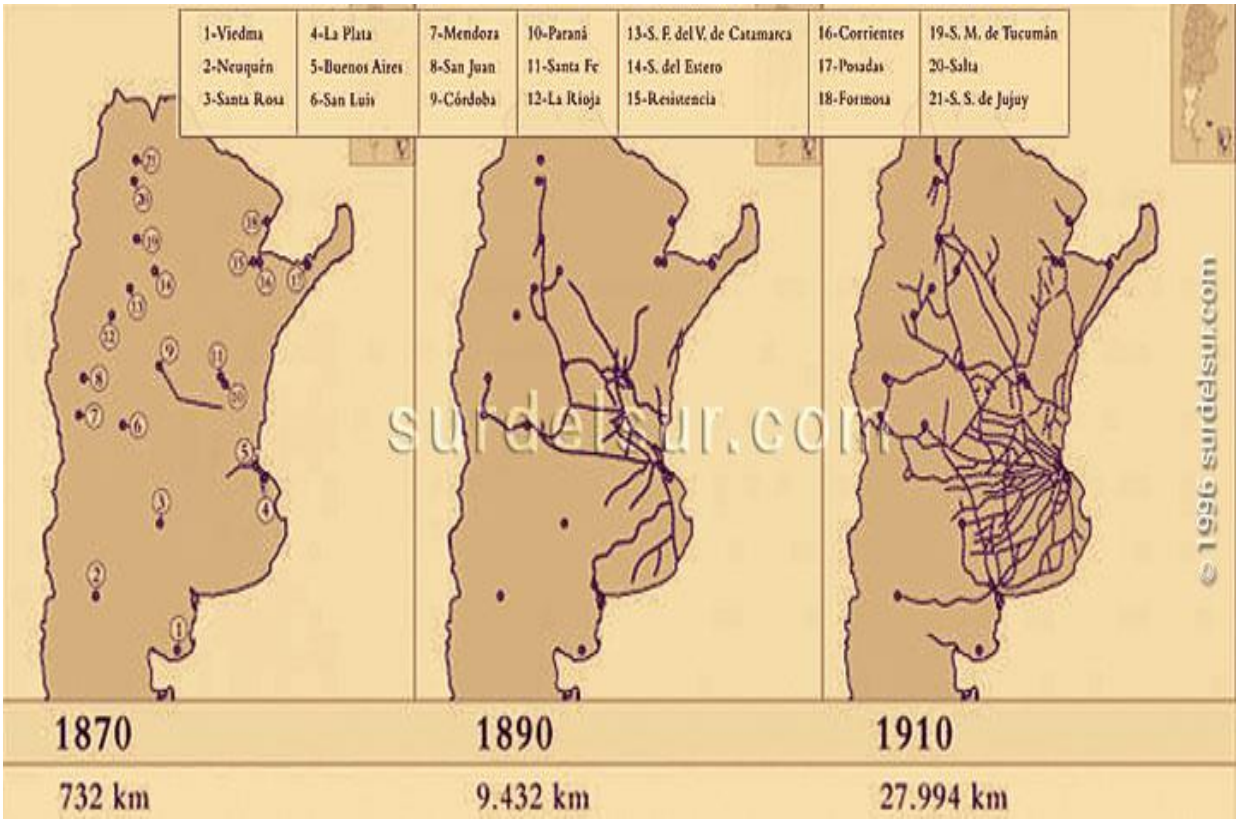


Gráfico n°1.1. Evolución de la red ferroviaria (fuente:http://surdelsur.com/es/transporte-comunicaciones-argentina/, año: 1996).

Debido a falta de planificación, la red fue adoptando diferentes anchos de vías priorizando trochas en función de la geografía, dando como resultado la conformación de un sistema con tres tipos de trochas:

- Trocha ancha (1676 mm, 60% de la red)
- Trocha media (1435 mm, 10% de la red)
- Trocha angosta (1000 mm, 30 % de la red)

Los problemas de inversión que llevan al deterioro de la red comienzan en los últimos 40 años, productos de varios factores que en general fueron negativos para el sistema ferroviario.

El plan dispuesto por el gobierno del presidente Arturo Frondizi, llamado Plan Larkin provocó el desmantelamiento de varios kilómetros de vías y el abandono de ramales como así también generó el despido de un importante número de personal de los ferrocarriles. La falta de reinversión en infraestructura y material rodante, la desintegración de la ex Empresa Ferrocarriles Argentinos seguido de la concesión de los servicios no aportó la inversión necesaria para reconstruir el sistema ferroviario.

2. Objetivo del anteproyecto

El Ferrocarril General Belgrano en toda su red ha venido sufriendo un deterioro permanente a lo largo de aproximadamente los últimos cuarenta años debido a la falta de inversión. La infraestructura de la vía se ha destruido en gran parte de su red, al igual que el material rodante, lo cual ha generado una caída en su caudal de cargas.

El plan de inversión ferroviaria 2016 - 2025 del Belgrano Cargas S.A. contempla entre diversos aspectos la renovación de las vías en los ramales C12, C3, C6 y C entre otros con una longitud total de 1.000km lo que implicaría un desembolso de aproximadamente $10.374.000.000.

Nuestro anteproyecto consiste en realizar parte de la rehabilitación y reacondicionamiento del ramal C12, en el tramo que vincula a las estaciones Los Tigres (km 1.264,960) y Los Pirpintos (km 1.332,500) con una extensión de 67,54km en la provincia de Santiago del Estero, ramal que se ilustra en el gráfico n°1.2., el cual está contemplado en dicho plan de inversiones. La rehabilitación busca mejorar la transitabilidad a velocidades adecuadas y posibilitar el incremento de cargas, permitiendo la recuperación de las economías regionales, centros de producción y aspectos socio ambientales. Mientras que el gráfico n°1.3. muestra una imagen satelital del tramo en estudio.

Lograremos estos resultados mediante la realización de estudios y dimensionado de la infraestructura, superestructura e instalaciones complementarias, además de la adecuación hidráulica y análisis económicos financieros.

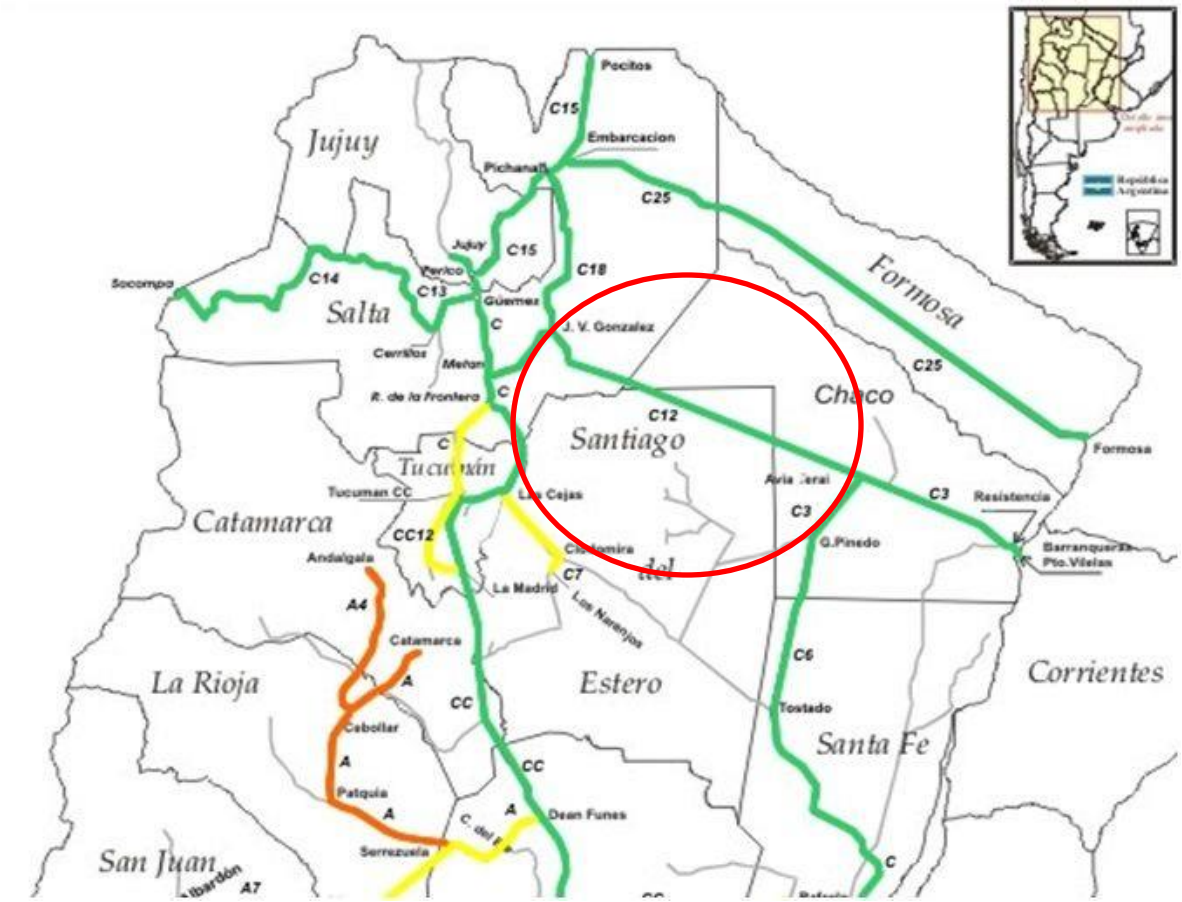


Gráfico n°1.2. Ubicación del Ramal C12 del Belgrano Cargas SA (fuente: ADIF SA, 2015).

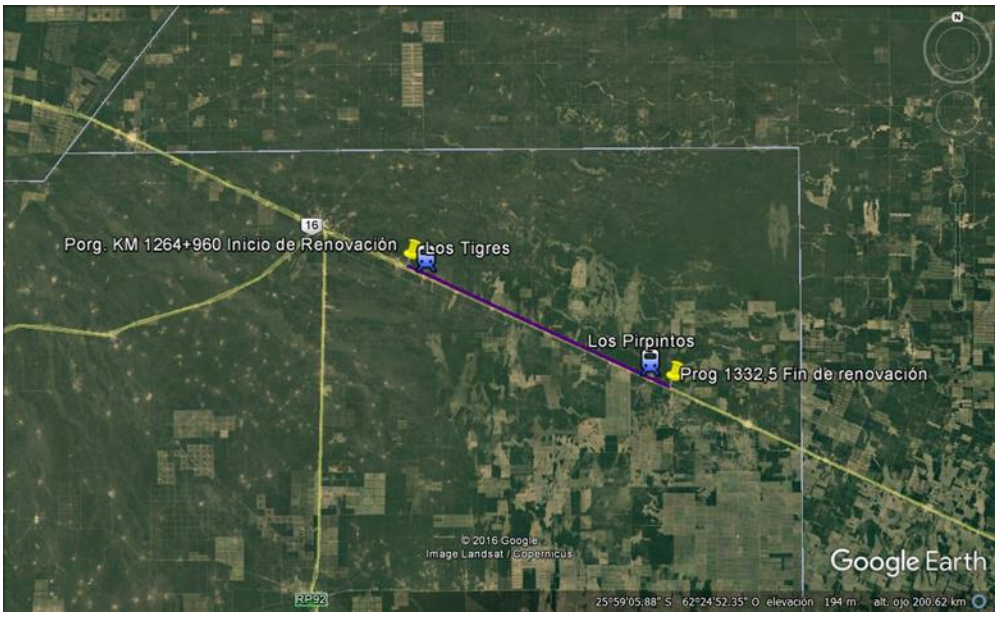


Gráfico n°1.3. Imagen satelital del tramo (fuente: Google Earth, año: 2016).

3. Justificación del proyecto

3.1. Proyecto de inversión Belgrano Cargas SA

El crecimiento agrícola y agroindustrial argentino en la última década, tiene una importante proyección a futuro, pero dicho crecimiento va de la mano con el desarrollo de las capacidades del sistema de logística y transporte.

La mayor parte de los productos y subproductos son transportados desde las zonas de producción hasta los establecimientos de procesamiento o puertos de salida a través del modo carretero. El ferrocarril presenta una baja incidencia dado que los volúmenes transportados por este son del 8% del total.

El ferrocarril Belgrano Cargas SA es en este sentido, de suma importancia para el desplazamiento de cargas, y en especial cargas agrícolas, el desarrollo de su potencial sólo se logrará por medio de la inversión necesaria.

Desde el año 2008, el Gobierno de Argentina mantuvo negociaciones con la Corporación Nacional China de Exportación e Importación de Equipamientos y Maquinarias (CMEC), para la mejora del Ferrocarril Belgrano Cargas.

En el año 2013 se ha firmado el contrato para la puesta en funcionamiento del proyecto, que contempla una inversión cercana a los 2.400 millones de dólares y se orienta tanto a la reconstrucción de la red troncal en la región noreste del país como a la incorporación de material rodante, para alcanzar un transporte anual de 10.000.000 toneladas, en la tabla n°1.1. tenemos un detalles del plan de inversiones para el Ferrocarril Belgrano Cargas.

PLAN DE INVERSIONES FERROVIARIAS 2016 - 2025
BELGRANO CARGAS - (EN MILLONES DE $)

DESCRIPCION	OBRA	TRAMO (kms.)	ESTADO	TOTAL millones $	2016-25 millones $
Renovación de vía ramales C12, C3, C6 y C	VIA	1.000	EJ	10.374	7.779
Adquisición de Material Rodante	MR		EJ	12.614	10.540
Mejoramiento ramal C14	VIA	350	AI	2.107	2.107
Puente Río Salado Ramal F2 Santa Fe - Rafaela	OTR		AI	60	60
Reparación de obras arte Rosario - Pinedo y Avia Terai-Guemes	OTR		AI	43	43
Mejoramiento Córdoba-San Francisco, Santa Fe Rosario	VIA		AI	2.408	2.408
Mejoramiento Dean Funes-Pie de Palo-Mendoza	VIA		AI	3.870	3.870
Corredor Ferroviario: Tucumán - Salta - Jujuy a Villazón	VIA	150	AI	645	645
SUBTOTAL BELGRANO CARGAS					27.452

Tabla nº1.1. Plan de inversiones Belgrano cargas 2016/2025 (fuente: Cámara Argentina de la Construcción, año: 2015)

3.2. Objetivos del Plan de Inversiones Ferroviarias 2016-2025

Algunos de los objetivos que plantea el Plan de Inversiones Ferroviarias 2016-2025 según publicara la Administración de Infraestructura Ferroviaria (ADIF), y en el cual nuestro anteproyecto se encuentra incluido son:

- Llevar la incidencia del transporte ferroviario del actual 8% a un 15% en el año 2025, pasando de trasportar 20.000.000 tn/año a 50.000.000 tn/año.
- Mejorar la oferta y la regularidad de los servicios de carga.
- Restablecer algunos servicios de pasajeros a velocidades competitivas con el transporte automotor.
- Recuperar la industria ferroviaria nacional, promoviendo la fabricación local y con la posibilidad de exportación hacia países de la región.

En la tabla nº1.1. también podemos ver el plan de inversiones y las tareas que se irán realizando en los respectivos tramos de vías, las cuales son renovaciones, mejoramientos y la construcción de nuevos tramos.

4. Característica general del anteproyecto

Contexto e importancia a nivel nacional e internacional

El Ferrocarril Belgrano Cargas S.A. constituye la red nacional de trocha angosta en una extensión de 7.347 km., y circula por trece provincias argentinas, que representan el 45 % del territorio continental.

Presta sus servicios a una población cercana a 41% del total del país. La característica principal de la red de trocha angosta es que permite unir el Puerto de Buenos Aires y las terminales portuarias de Rosario, Santa Fe, Barranqueras y Formosa (puntos de salida de exportaciones o eventual entrada de importaciones) con los centros de producción provinciales.

La red también está integrada con el centro y el norte de Chile y con Bolivia (ambas con ferrocarril de igual trocha, angosta métrica), permitiendo acceder a la terminal marítima de Iquique y al puerto de Antofagasta por intermedio de la red de la empresa chilena Ferronor S.A., con Bolivia ya sea a través del Ferrocarril Antofagasta-Bolivia o con la conexión en Yacuiba.

5. Ubicación geográfica

El tramo en estudio como se ha mencionado, se encuentra ubicado en la provincia de Santiago del Estero al noreste de la misma en los límites con la provincia vecina del Chaco, con mayor precisión en el departamento de Copo (ver gráfico n°1.4).

Santiago del Estero está ubicada en el norte del país, en la región del Norte Grande Argentino, limitando al norte con Salta y Chaco, al este con Chaco y Santa Fe, al sur con Córdoba y al oeste con Catamarca y Tucumán.

5.1 Áreas de influencia del anteproyecto

5.1.1 Área de Influencia directa

El tramo se encuentra en su totalidad en el departamento de Copo de la provincia de Santiago del Estero (ver gráfico n°1.4.). Este departamento consta de 12.604 km², 4,7 % del total provincial, siendo por superficie el tercer departamento dentro de las 27 jurisdicciones en que se divide políticamente la provincia.

Según el censo realizado por el INDEC en el año 2010, la población total es de 31.400 habitantes esto nos da una densidad de 2,5hab/km².

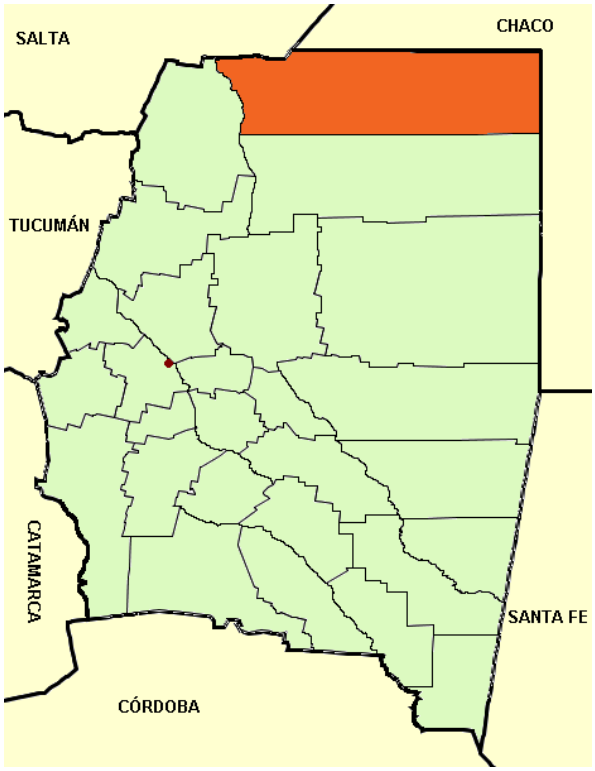


Grafico n°1.4. Provincia de Santiago del Estero- Departamento Copo (fuente: https://de.wikipedia.org/wiki/Departamento_Copo, año: 2017).

5.1.2 Área de influencia indirecta

Al ser el tramo en estudio parte del ramal C12, uno de los principales de la red troncal del Ferrocarril Belgrano S.A., por el transportarán cargas desde y hacia el norte argentino pudiendo llegar también a otros países. Por lo tanto la superficie que abarcará nuestro anteproyecto en forma indirecta es extensa. Las provincias de nuestro país que se verán beneficiadas serán Salta, sur de Jujuy, norte de Tucumán y noroeste de Chaco (ver gráfico n°1.5.).

En cuanto al impacto internacional también se verán beneficiados el centro y norte de Chile y Bolivia, por la interconexión que estos países podrán realizar con los puertos de Barranqueras, Rosario y Buenos Aires.

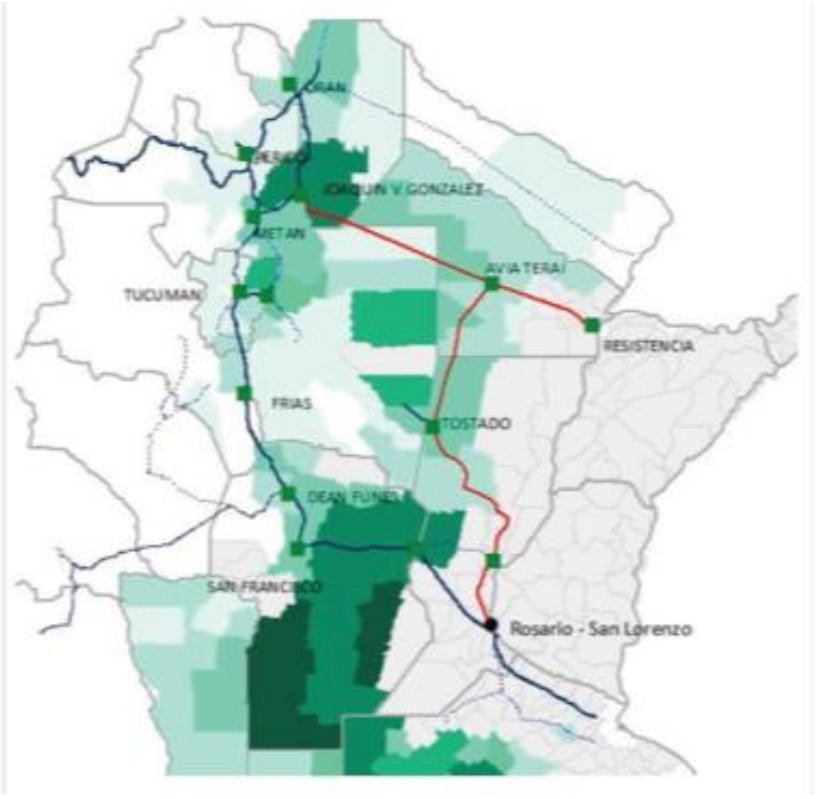


Gráfico n°1.5. Trazado de la red Belgrano Cargas S.A. y zonas de producción de granos (fuente: Cámara Argentina de la Construcción, año: 2010).

5.2 Características del área de influencia del anteproyecto

5.2.1 Característica topográfica y geomorfológica

La provincia de Santiago del Estero posee una extensión de 137.111 km^2 y se encuentra ubicada entre los 25º 35´ y 30º 41´ de latitud sur, y los 61º 34´ y 65º 34´de longitud oeste.

Se halla en su totalidad en el distrito fitogeográfico Chaqueño Occidental, que se presenta como una vasta llanura, casi plana en su totalidad, con ocasionales interrupciones serranas, y con una leve pendiente desde el noroeste hacia el sureste.

Con el uso de nuevas tecnologías como el procesamiento digital de imágenes satelitales y sistemas de información geográfica, es posible delimitar a las unidades y subunidades geomorfológicas de la provincia. Estas pueden verse en Tabla n°1.2. del trabajo realizado por Cristina Prieto (Noviembre – 2015).

Unidades Geomorfológicas	Subunidades Geomorfológicas
Piedemonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas (P)	Bajada proximal **(Pbp)** Bajada distal **(Pbd)** Paleobajada distal del Ancasti- El Alto **(Ppd)**
Elevación Guasayán Recreo (U)	Afloramientos rocoso **(Uar)** Abanicos aluviales **(Uaa)** Planicie reactivada **(Upr)** Llanura de inundación activa **(Ula)** Depresión de Choya **(Udc)**
Alto de Ambargasta Sumampa (A)	Afloramientos rocosos **(Aar)** Bajada **(Abp)**
Ambiente de las Salinas Grandes Ambargasta (N)	Areas de inundación activa **(Ni)** Playa salina con modificación eólica **(Ne)** Area de acumulación marginal **(Na)**
Llanura Aluvial del Salado (S)	Paleoabanico aluvial **(Spa)** Paleollanura de inundación **(Spl)** Areas de derrame **(Sad)** Depresión de las Salinas **(Sds)** Llanura de inundación activa **(Sla)** Llanura inundación temporariamente activa **(Slt)**
Llanura Aluvial del Dulce (D)	Paleollanura de inundación **(Dpl)** Llanura de inundación activa **(Dla)** Depresión tectónica de Mar Chiquita **(Ddt)**
Planicie Santafesina Remanente (R)	Planicie residual **(Rpr)** Vertiente coluvial **(Rvc)** Bajos anegadizos **(Rba)** Llanuras de inundación**(Rli)** Llanuras de deflación **(Rd)**

Tabla nº 1.2. Unidades y subunidades geomorfológicas de Santiago del Estero (fuente: Cristina Prieto, año: 2015)

Por cierto, es de nuestro interés la denominada unidad geomorfológica *Llanura aluvial del río Salado* por encontrarse nuestro anteproyecto en dicha zona, indicado en el gráfico nº1.6. con la letra S, con mayor precisión la subunidad paleoabanico aluvial (Spa) de acuerdo a la denominación que realiza Cristina Prieto en su tesis Relevamiento de suelos utilizando las nuevas técnicas de geomática.

Posee una pendiente promedio de 0,06% orientado desde noroeste hacia el noreste, este y sureste, se encuentra surcado por numerosos paleocauces divergentes, que han ido divagando y originando el desplazamiento del paleo río Salado a lo largo de la llanura Chaco Santiagueña (ver gráfico nº1.7.).

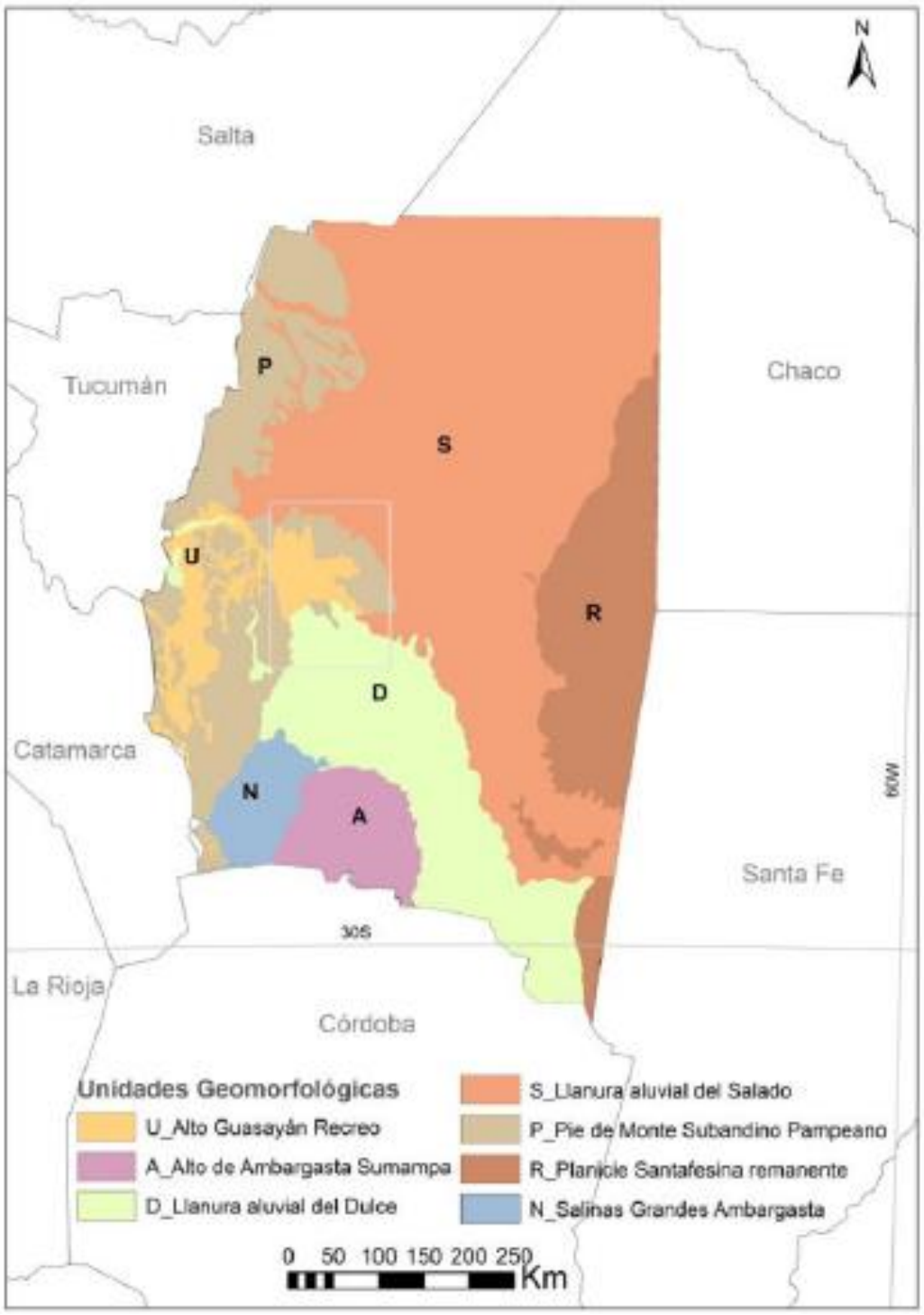


Grafico nº1.6. Unidades geomorfológicas de Santiago del Estero (Fuente: Cristina Prieto, año: 2015).

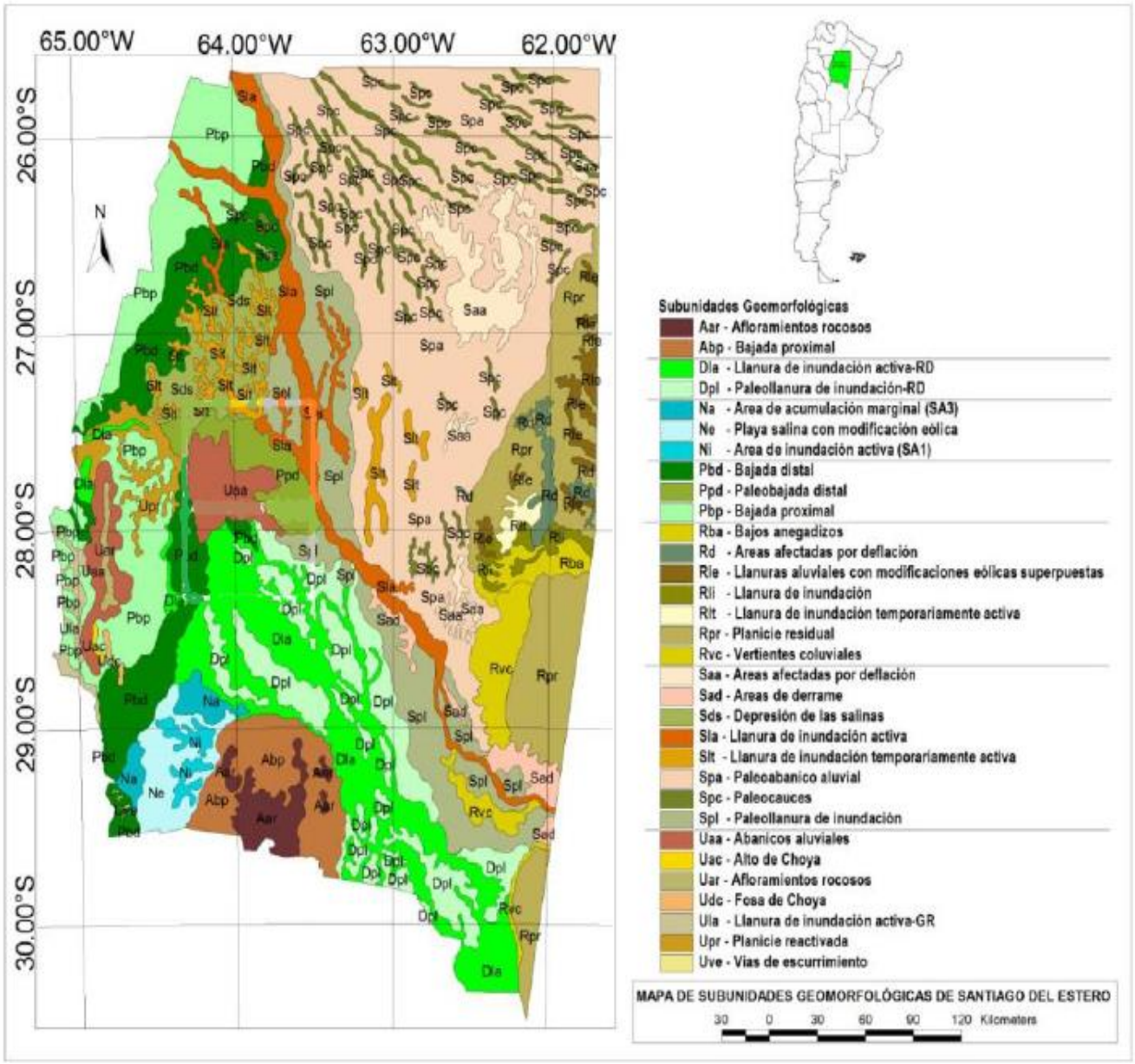


Gráfico nº1.7. Unidades geomorfológicas y subunidades de Santiago del Estero. (fuente: Cristina Prieto, año: 2015)

5.2.2. Características del clima

5.2.2.1 Lluvias

La provincia presenta una precipitación anual que varía de 500 a 800 mm. Estas lluvias mayores 800 mm/año se producen en el sudeste disminuyendo hacia el centro donde son de aproximadamente 550 mm/año y aumentando nuevamente hacia el oeste unos 600 mm/año (ver Gráfico nº1.8.).

En la zona de estudio, en el noreste de la provincia, posee una precipitación media anual aproximada de 650 mm. Datos que surgen de acuerdo al mapa de curvas isohietas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Gráfico n°1.8. Curvas isohietas provincia Santiago del Estero precipitación media anuales (fuente: INTA, año: 2016).

5.2.2.2. Temperatura

Las temperaturas que se alcanzan en la provincia son elevadas. Esta se encuentra en el llamado Polo de calor de América del Sur, con una temperatura máxima absoluta de 47°C.

La temperatura media anual varía del 19°C al 22ºC de sur a norte, la del verano entre los 26ºC y 28ºC y la de invierno entre los 12ºC y 14ºC. Enero es el mes más cálido y julio es el más frío. La diferencia entre la máxima y la mínima diaria oscila entre 5ºC y 15ºC (grafico n°1.9.).

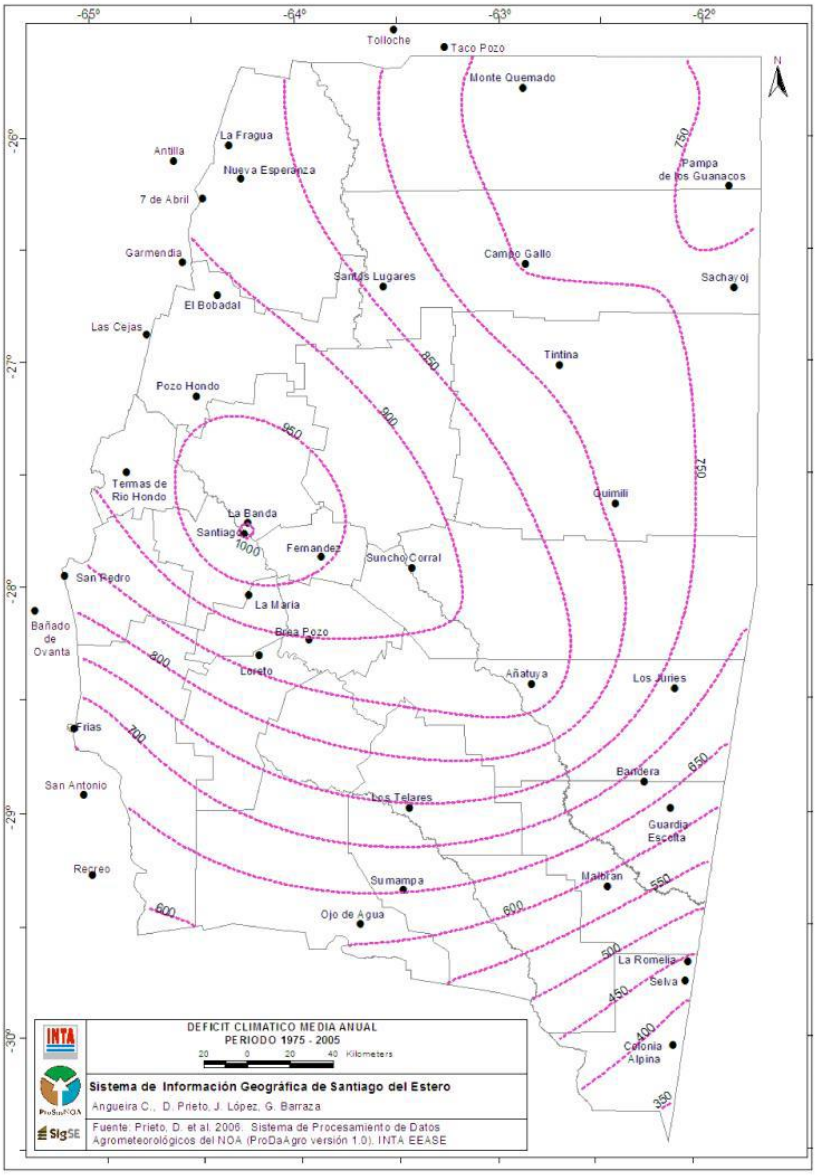


Gráfico n°1.9. Déficit climático medio anual (fuente: Prieto et al., 2006, en Angueira et al., año: 2007 INTA).

5.2.3. Características hidrográficas

En la provincia el sistema hidrográfico está formado por dos ríos principales y varios ríos menores, conjuntamente con lagunas y esteros originados en las crecientes y salidas de cauce de los ríos como se puede ver en el Grafico n°1.10.

Los ríos principales son:

- rio Dulce que penetra en territorio por el departamento Río Hondo luego en el departamento Silípica, este se abre en dos brazos, uno de ellos recibe el nombre de Saladillo, brazo que se une nuevamente al cauce principal en los límites de los departamentos Salavina y Quebrachos.
- rio Salado que se interna por el noroeste y separa los departamento Pellegrini, Copo y Alberdi. En el Departamento Figueroa sus aguas salen del cauce principal a través de brazos secundarios y lagunas y forman el bañado de Figueroa. Desde el departamento Figueroa el río toma nuevamente su curso y corre encajonado entre barrancas. Sin embargo, después de Suncho Corral (Departamento Juan F. Ibarra) sale de nuevo del cauce principal y forma los Bañados de Añatuya (Departamento Gral. Taboada). Luego de estos bañados el río Salado vuelve otra vez a su lecho. Recorre en la provincia alrededor de 500 km y desembocan en el río Paraná, en la provincia de Santa Fe, generalmente con escasa cantidad de agua.

El área de interés donde se emplaza nuestro anteproyecto no es atravesada por ningún cauce de rio pero cabe mencionar que posee paleocauces (spc), que se pueden observar en el gráfico nº1.8. además del canal artificial que lleva el nombre de Canal de Dios que corre paralelo a la traza de la vía férrea y que serán tema de estudio en capítulos posteriores cuando se realice la adecuación hidráulica.

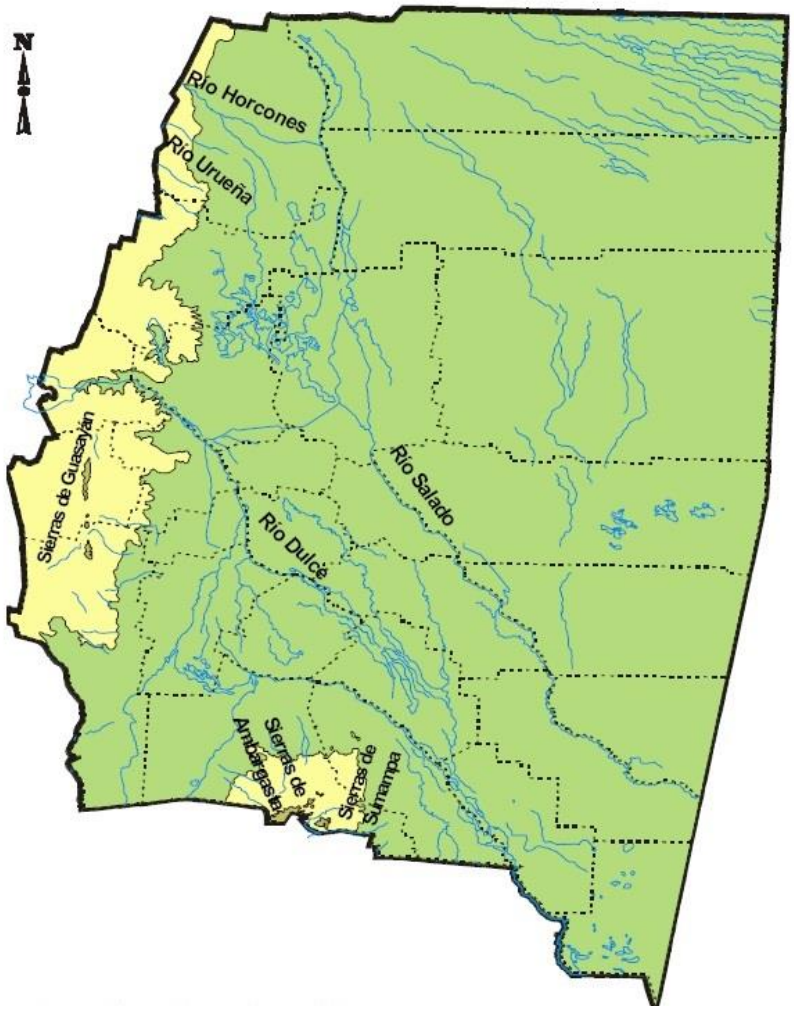


Gráfico n°1.10. Hidrografía y relieve de Santiago del Estero (fuente: Universidad Nacional de Santiago del Estero UNSE, año: 2002).

6. Características socio-económicas zona de influencia del proyecto

6.1 Caracterización Demográfica

La provincia concentra el 2,2% de la población del país, siendo la 12º jurisdicción más poblada de todo el territorio y la 4º más poblada de la Región Norte según censo 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC).

Cuenta con 27 departamentos, destacándose una elevada concentración demográfica en la capital y en el departamento de la Banda, con el 30,6% y el 16,3% del total de la población provincial respectivamente.

En la tabla n°1.3. vemos la cantidad de habitantes por departamento según el censo realizado por el INDEC en 2010.

Departamentos Santiago del Estero	Población habitantes	
	Censo 2001	Censo 2010
Aguirre	7.035	7.610
Alberdi	15.617	17.252
Atamisqui	9.809	10.923
Avellaneda	19.348	20.763
Banda	128.387	142.279
Belgrano	7.950	9.243
Capital	244.567	267.125
Choya	33.720	34.667
Copo	26.984	31.404
Figueroa	17.495	17.820
General Taboada	36.683	38.105
Guasayán	7.404	7.602
Jiménez	13.170	14.352
Juan F. Ibarra	16.937	18.051
Loreto	17.442	20.036
Mitre	1.813	1.890
Moreno	28.053	32.130
Ojo de Agua	13.352	14.008
Pellegrini	19.517	20.514
Quebrachos	11.331	10.568
Río Hondo	50.781	54.867
Rivadavia	4.916	5.015
Robles	40.060	44.415
Salavina	10.664	11.217
San Martín	9.148	9.831
Sarmiento	4.669	4.607
Silípica	7.605	7.712
Total	**804.457**	**874.006**

Tabla nº1.3 Característica demográfica por departamento (fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, año: 2001 y 2010).

El departamento de Copo de nuestro interés, tiene a Monte Quemado como cabecera, esta es una ciudad estratégica en el paso entre Salta y Jujuy hacia Resistencia y Corrientes. También en el departamento se encuentran las ciudades de Pampa de los Guanacos, El Caburé, Los Pirpintos. Todas se localizan en cercanías del ramal C12 del Ferrocarril Belgrano Cargas S.A. En la Tabla n°1.4. se ven dichas ciudades con su respectiva cantidad de habitantes.

Ciudad	Población habitantes
Monte Quemado	12543
Pampa de los Guanacos	5273
El Caburé	737
Los Pirpintos	1727

Tabla nº1.4. Característica demográfica (fuente: INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, año: 2010).

6.2 Informe productivo

6.2.1 Informe productivo área de influencia directa

Consideramos el área de Influencia directa del proyecto a la provincia de Santiago del Estero en esta el Producto Bruto Geográfico (PBG) alcanzó en 2007 unos 6.854 millones de pesos corrientes, en términos de participación en el total del país la provincia representó el 0,8%.

La estructura productiva se basa en la producción primaria, especialmente en los sectores agria-ganadero y forestal, dentro de los cuales se destacó, durante la última década, la actividad algodonera, sin embargo en los últimos años dicha actividad está siendo desplazada por la creciente importancia del cultivo de la soja. El sector manufacturero provincial tiene escaso desarrollo y la principal actividad industrial es el desmotado de algodón.

Entre los principales productos exportados se destacan: el maíz, el sorgo y el trigo de la cadena cerealera; el poroto de soja y las harina y pellets de la cadena oleaginosa; las fibras de algodón de la cadena algodonera-textil; el poroto blanco y el negro dentro de las Legumbres; la carne en fresco de la cadena carne bovina; y las preparaciones para alimento animal.

Cadena algodonera

En el país es la segunda provincia productora de algodón, luego del Chaco (41,0% del total nacional a partir del 2015).La mayor parte de la producción algodonera se localiza en la zona oriental de la provincia, bajo condiciones de secano. Las nuevas explotaciones radicadas en esta zona tuvieron su origen en la expansión de los productores chaqueños.

Las inversiones en nuevas plantas y maquinaria incrementaron la capacidad de desmote provincial en los últimos años en un 30% aproximadamente. Aunque la mayor parte de la producción de algodón sale de la provincia ya sea en bruto o como fibra, en la provincia existen tres líricas de hilados de algodón. Representando una participación del 3,2% en el total de las exportaciones de la provincia. La fibra de algodón es el principal rubro exportado; en 2015 el 93,7% de la producción se exporto en forma bruta (ver tabla nº1.5.) sin procesar y el 6,3% restante como producto hilado.

Producción de algodón en bruto en toneladas. 2010 - 2015

Período	Producción de algodón	
	Toneladas	Var. Anual (%)
2010	165.998	106%
2011	280.465	69%
2012	224.910	-20%
2013	142.240	-37%
2014	306.891	116%
2015	326.120	6%

Tabla nº1.5. Producción de algodón en bruto Santiago del Estero (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, año: 2016).

Cadena oleaginosa

La soja es el principal cultivo provincial actualmente, la producción está formada por: soja 99,1%, el girasol representa el 0,9% restante, las cantidades de soja producidas pueden verse en el tabla n°1.6. La superficie cultivada de soja en la provincia abarca aproximadamente 869.000 hectáreas (4,4% del total nacional). La misma se concentra al este de la provincia en la zona de secano, con precipitaciones estivales. Dicha producción es procesada fuera de la provincia o es exportada como grano.

La cadena oleaginosa comprende el cultivo de granos; el acopio; la molienda para la producción de aceites crudos (luego, utilizados para la producción de aceites refinados o biodiesel), harinas y pellets.

Además del desarrollo de la etapa primaria, en la provincia cuenta con un único establecimiento de procesamiento de soja orientado a la producción de biodiesel, la empresa Villuco SA. El mismo se encuentra ubicado geográficamente en el suroeste provincial (Ciudad de Frías).

Los porotos de soja representaron el 94,3% del valor exportado, siendo minoritaria la participación de harinas y pellets (5,0%) y de otros productos oleaginosos (0,7%).

Producción de soja en toneladas. 2010 - 2015

Período	Producción - Soja	
	Toneladas	Var. Anual (%)
2010	2.949.636	648,5%
2011	2.467.800	-16,3%
2012	873.010	-64,6%
2013	1.768.179	102,5%
2014	2.736.945	54,8%
2015	1.915.310	-30,0%

Tabla nº1.6. Producción de soja Santiago del Estero (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, año: 2016).

Cadena cerealera

De esta cadena la producción principal es la de maíz 85,1%, el sorgo que se utiliza como forraje para la ganadería 10,9% y, en menor medida, el trigo 4,0%. El maíz es el tercer cultivo en importancia le antecede la soja y el algodón. Los niveles de producción de maíz se observan en el tabla nº1.7. Estos representan el 7,1% de la producción nacional. Ocupa el cuarto lugar en el área sembrada, luego de Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe.

La producción de maíz se concentra en el este y, en menor medida, en el noroeste de la provincia. En el este, el departamento principal es Moreno con el 29% del total provincial. Le siguen en importancia General Taboada y Alberdi. En conjunto, los departamentos del este concentran cerca del 70% de la producción provincial de maíz. En el noroeste provincial, se destacan los departamentos de Jiménez, Pellegrini y Belgrano.

La cadena es la principal exportadora de la provincia, corresponde el 90,1% de las exportaciones a granos de maíz los granos de sorgo el 6,6% y trigo 3,4%.

Producción de maíz en toneladas
2010 - 2015

Período	Producción - Maíz	
	Toneladas	Var. Anual (%)
2010	625.970	617,8%
2011	1.747.630	179,2%
2012	1.561.380	-10,7%
2013	1.699.670	8,9%
2014	4.634.110	172,6%
2015	2.407.550	-48,0%

Tabla nº1.7. Producción de maíz en bruto, Santiago del Estero (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, año: 2016).

Cadena de carne bovina

La cría de ganado se realiza en la provincia bajo secano, donde la cría y recría se realizan sobre pastizales naturales con monte. Se crían cruzas de razas británicas e índicas, animales que se adaptan bien a las condiciones agroecológicas, las principales son Bradford y Brangus (aunque también hay fuerte presencia de ganado criollo y sus cruzas).

La actividad principal es la cría extensiva de vacunos, la que presenta niveles de productividad reducidos debido a la baja receptividad de los campos por los limitantes productivos del suelo y la escasa disponibilidad de agua. El stock bovino provincial puede versé en el tabla nº1.8. A nivel regional, Santiago del Estero posee el 45% de las existencias de ganado del NOA.

La localización de la actividad se desarrolla principalmente en las zonas este y sur de la provincia. Los departamentos con mayor concentración del stock bovino son Moreno y Alberdi, en el este, con el 31% de las existencias provinciales y en el límite sur-este, Rivadavia y Aguirre participan con el 14%. La faena se realiza principalmente en el departamento Robles, donde se ubica el principal frigorífico, y en La Banda que, junto con el departamento capital.

Las exportaciones de carne vacuna contribuyen con el 2,0% al total provincial. Con respecto a la composición de las exportaciones, las carnes frescas concentran el 68,0% de las ventas, mientras las congeladas representan el 13,5%, similar a las menudencias 14,0%. Aunque con menor participación, la provincia también exporta carnes procesadas 4,4%.

Stock Bovino en cabezas. 2010 - 2016

Período	Stock - Cadena	
	Cabezas	Var. Anual (%)
2010	1.328.235	-8,9%
2011	1.318.987	-0,7%
2012	1.333.818	1,1%
2013	1.428.590	7,1%
2014	1.293.633	-9,4%
2015	1.390.020	7,5%
2016	1.516.834	9,1%

Tabla nº1.8. Stock Bovino Santiago del Estero (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, año: 2016).

Cadena forestal

El bosque nativo de Santiago del Estero forma parte de la región del Parque Chaqueño. La provincia cuenta con bosques naturales de diferentes aptitudes maderables, donde predominan el quebracho colorado y el quebracho blanco, especies fundamentales del bosque original; entre otras especies se encuentran el itín, el algarrobo y el vinal.

La producción de carbón vegetal es la principal actividad en la provincia, tanto en términos físicos como económicos, podemos ver las cantidades en el tabla nº1.9. Es la segunda provincia productora de carbón, después de Chaco, concentrando el 25,7% del total nacional. La mayor parte de la producción se realiza en las inmediaciones del monte y se emplean diversas especies del bosque nativo.

La localización de la producción de carbón se desarrolla principalmente en la región oriental; cuatro departamentos concentran más del 58,2% de la misma: Moreno (23,1%), Choya (13,2%), Juan F. Ibarra (11,1%) y Copo (10,8%).

El 97,6% de las exportaciones corresponden a carbón vegetal, en menor medida se exportaron durmientes de madera para vías férreas.

Producción de carbón en toneladas
2010 - 2014

Período	Producción de carbón	
	Toneladas	Var. Anual (%)
2010	103.066	16,0%
2011	92.163	-10,6%
2012	72.376	-21,5%
2013	89.687	23,9%
2014	99.404	10,8%

Tabla nº1.9. Producción de cardón en toneladas (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Publicas, año: 2016).

Finalizando, las anteriores nombradas son las principales cadenas productivas y productos que se transportaran fuera de la provincia en cuestión y se verán beneficiadas por nuestro anteproyecto debido a una disminución del costo del flete. En tabla nº1.10. puede verse las cantidades en un periodo que va desde el 2010 a 2015 y los porcentajes de participación nacional de cada producto.

Producto	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Participación en el total nacional (en %) (*)
Stock bovino	miles de cab.	1.328	1.319	1.334	1.429	1.294	1.390	2,7
Stock caprino	miles de cab.	397	409	427	536	536	608	12,9
Faena caprina	miles de cab.	17	18	15	17	13	15	12,8
Soja	miles de tn	2.950	2.468	873	1.768	2.737	1.915	3,1
Maíz	miles de tn	626	1.748	1.561	1.700	4.634	2.408	7,1
Sorgo	miles de tn	384	1.221	488	288	361	309	10,0
Algodón en bruto	miles de tn	166	280	225	142	307	326	41,0
Poroto	miles de tn	33	37	61	6	53	83	13,8
Leña de bosque nativo	miles de tn	47	36	26	31	35	s/d	3,8
Carbón	miles de tn	103	92	72	90	99	s/d	25,7
Postes de bosque nativo	miles de tn	12	19	20	14	13	s/d	48,8
Rollizos de bosque nativo	miles de tn	44	41	35	29	27	s/d	4,3
Ocupación hotelera (**)	miles de pernoctaciones	543	571	679	729	665	676	1,4

(*) La participación corresponde al último año para el que se presentan datos.

(**) Los datos pertenecen a la Ciudad de Santiago del Estero y a las Termas de Río Hondo.

Tabla nº1.10. Producción de la provincia de Santiago del Estero, cuadro resumen (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, año: 2016).

6.2.2 Informe productivo área de influencia indirecta

Como se ha mencionado, al ser el tramo en estudio parte de la red troncal del Ferrocarril Belgrano S.A., la superficie que abarcara nuestro anteproyecto en forma indirecta comprenderán las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán y Chaco. También se verán beneficiados el centro y norte de Chile y Bolivia.

Pasaremos a describir los principales aspectos productivos de interés en este trabajo de las provincias y de los países mencionados.

Provincia de Jujuy

La provincia de Jujuy concentra el 1,7% de la población de nuestro país, siendo la 14º jurisdicción más poblada de todo el territorio con una superficie de 53.219 km².

El producto bruto geográfico (PBG) provincial representa un 0,8% del total nacional, siendo el principal aspecto productivo de la provincia es el tabaco, es la provincia de mayor producción con un 41% del total del país, también se destacan otras cadenas de valor como ser minera metalífera, hortícola, industria de metales básicos.

Los productos con mayor exportación provincial son la minerales de plata y plomo, plomo refinado, sulfuros de minerales de cinc y boratos, tabacaleros en forma de tabaco en ramo, hortícola porotos negros, y por último, azúcar (ver tabla nº1.11.).

La cadena tabacalera se concentra en el sur de la provincia, principalmente en el departamento El Carmen; en cuento a la producción de caña de azúcar la actividad se ubica en el piedemonte de las Sierras Sub-andinas al sudeste provincial; al Oeste provincial (Puna) se registran los depósitos polimetálicos de plata, plomo, cinc, oro, entre otros; y el cultivo de porto se concentra en el sudeste provincial.

Los principales mercados de destino, se destacan por grandes bloques: Unión Europea 35,6%, Resto del Mundo 17,9% y Mercosur 4,5%.

Producto	UM	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Participación en el total nacional (en %) (*)
Tabaco	miles de tn	36	45	43	39	43	44	44	49	45	42	40	41	32,3
Azúcares blancos y crudos	miles de tn	496	470	505	523	484	575	524	464	480	476	362	471	23,2
Poroto	miles de tn	33	22	27	36	34	34	29	33	33	36	18	36	8,4
Naranja	miles de tn	106	111	111	89	114	105	114	92	116	120	120	128	12,6
Mandarina	miles de tn	23	24	24	19	25	23	25	21	26	29	27	29	6,0
Pomelo	miles de tn	23	24	24	13	12	11	14	14	11	14	14	14	10,7
Rollizos bosque implantado	miles de tn	133	106	132	105	135	86	99	78	79	79	58	s/d	0,5
Pasta para papel	miles de tn	60	79	103	103	100	101	101	122	116	84	113	s/d	12,8
Papel	miles de tn	87	90	148	35	152	150	150	160	160	154	163	s/d	13,4
Boratos	miles de tn	267	481	316	248	351	412	293	245	334	250	113	s/d	26,4
Cinc	miles de tn	30	27	30	30	27	30	32	33	34	40	39	s/d	100,0
Plata	tn	20	16	20	21	34	43	23	210	254	286	310	s/d	34,8
Plomo	miles de tn	12	10	11	12	17	21	25	23	26	26	29	s/d	100,0
Ocupación hotelera(**)	miles de pernoctaciones	s/d	s/d	s/d	243	281	283	227	228	254	246	238	230	0,6

(*) La participación corresponde al último año para el que se presentan datos.

(**) Los datos pertenecen a la Ciudad de Jujuy.

Tabla nº1.11. Producción de la provincia Jujuy, cuadro resumen (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, año: 2016).

Provincia de Tucumán

La provincia concentra el 3,7% de la población de nuestro país, siendo la 6° jurisdicción más poblada de todo el territorio con una superficie de 22.524 km².

El PBG provincial representa el 1,7% del Producto Bruto Nacional. Las cadenas productivas de mayor importancia son: la frutícola (cítricos, limón) la superficie cultivada de limón se extiende desde Burruyacú, en el nordeste de la provincia, hasta La Cocha en el sur, es la segunda actividad productiva luego del azúcar; la cadena azucarera se localiza, fundamentalmente, en la franja este; también tenemos la cadena automotriz con la fabricación de cajas de cambio y ejes, le siguen otras actividades productivas como ser frutas finas arándanos, oleaginosas, soja; y tabaco (ver tabla nº1.12.).

Los productos de exportación con mayor participación en el total provincial se concentran en: cítricos el limón, azúcar, automotriz, frutas finas, oleaginosas y tabaco. Tucumán es el primer exportador mundial de limones.

Los mercados de destino más representativos son: Brasil (19%), Estados Unidos (20%), China (5%), Chile y Resto de Mercosur (3%), Unión Europea (30%) y Resto del Mundo (20%).

Período	Producción Cítricos - Limones		Producción Caña de Azúcar		Producción Arándanos		Producción de Soja		Producción de Tabaco	
	Miles de Tn	Var. Anual (%)	Miles de TMVC	Var. Anual (%)	Toneladas	Var. Anual (%)	Toneladas	Var. Anual (%)	Toneladas	Var. Anual (%)
2003	1.104	-	1.182	-	-	-	570.000		570.000	
2004	1.202	8,9%	1.111	-6,0%	-	-	489.100	-14,2%	489.100	-14,2%
2005	1.292	7,5%	1.349	21,4%	271	-	578.238	18,2%	578.238	18,2%
2006	1.316	1,9%	1.629	20,8%	1.000	269,0%	835.903	44,6%	835.906	44,6%
2007	1.328	0,9%	1.374	-15,7%	1.500	50,0%	876.008	4,8%	876.009	4,8%
2008	1.181	-11,1%	1.510	9,9%	2.200	46,7%	803.925	-8,2%	803.925	-8,2%
2009	1.207	2,2%	1.436	-4,9%	2.500	13,6%	763.046	-5,1%	763.046	-5,1%
2010	936	-22,5%	1.277	-11,1%	5.880	135,2%	744.428	-2,4%	744.429	-2,4%
2011	1.440	53,8%	1.294	1,3%	8.100	37,8%	734.662	-1,3%	734.662	-1,3%
2012	1.275	-11,5%	1.391	7,5%	8.600	6,2%	342.911	-53,3%	342.911	-53,3%
2013	1.306	2,4%	1.160	-16,6%	s.d.	s.d.	272.490	-20,5%	272.490	-20,5%
2014	698	-46,6%	1.409	21,5%	sd.	sd.	416.001	52,7%	416.002	52,7%
2015	s.d.	s.d.	1.354	-3,90%	s.d.	s.d.	413.749	-0,5%	s.d.	s.d.

Fuente: estimaciones oficiales con base en páginas de sitios oficiales.

Tabla nº1.12. Producción de la provincia de Tucumán, cuadro resumen (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, año: 2016).

Provincia de Salta

La provincia de Salta concentra el 3,1% de la población de nuestro país, siendo la 7º jurisdicción más poblada de todo el territorio con una superficie de 155.488 km².

Su producto bruto geográfico representa el 1,56% del total del producto bruto del país. La estructura productiva provincial tiene como principal actividad a la producción del tabaco, caña de azúcar y poroto. En menor medida existen otras actividades como la hidrocarburífera, vitivinícola, cítrica entre otras (ver tabla n°1.13.).

La cadena de valores con mayores ventas exteriores son: legumbres, tabaco, cítricos. La producción tabacalera se localiza principalmente en el centro de la provincia, en los Valles de Lerma y Siancas, aptos para la agricultura intensiva; las legumbres que comprenden principalmente la producción de poroto se concentra en mayor medida en el norte de la provincia, en los departamentos de Orán y San Martín; en cuento la actividad azucarera casi en su totalidad en el departamento de Orán.

Los mercados de destino de los productos que se llevan al exterior son la Unión Europea y el Mercosur y en cuanto a países tenemos en primer lugar a China seguido de Brasil y Estados Unidos.

Producto	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Participación en el total nacional (en %) (*)
Stock bovino	miles de cabezas	1.019	1.024	1.054	1.144	1.076	1.097	2,1
Stock caprino	miles de cabezas	322	290	319	328	328	342	7,2
Soja	miles de tn	1.663	1.775	668	268	869	1.146	1,9
Trigo	miles de tn	156	241	248	140	28	18	0,2
Tabaco	miles de tn	46	44	33	36	39	31	28,3
Poroto	miles de tn	253	240	245	64	329	456	75,3
Limón	miles de tn	84	88	78	78	78	213	8,2
Naranja	miles de tn	74	77	80	63	63	119	6,2
Pomelo	miles de tn	121	93	66	45	45	80	34,3
Azúcares blancos y crudos	miles de tn	236	247	208	192	233	227	11,6
Vinos	miles de hl	167	219	183	226	239	225	1,7
Boratos	miles de tn	317	254	179	254	191	s/d	49,2
Gas Natural	millones de m^3	5.363	4.580	3.821	3.228	2.862	2.811	6,6
Petróleo	miles de m^3	509	426	357	312	281	296	1,0
Refinación Petróleo	miles de m3	721	621	819	919	854	527	1,7
Ocupación hotelera(**)	miles de pernoctaciones	1.376	1.509	1.484	1.452	1.594	1.611	3,5

(*) La participación corresponde al último año para el que se presentan datos.
(**) Los datos pertenecen a las Ciudad de Salta y a la localidad de Cafayate. Las diferencias en los valores de la serie pueden atribuirse a la ampliación de la base desde 2006.

Tabla nº1.13. Producción de la provincia de Salta, cuadro resumen (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Publicas, año: 2016).

Provincia del Chaco

Chaco concentra el 2,7% de la población de nuestro país, siendo la 10º jurisdicción más poblada de todo el territorio y la 2º más poblada de la región NEA posee una superficie de 99.633 km**².**

El PBG de la provincia es de 1,1% del PB nacional. Sus principales cadenas productivas son la oleaginosa, forestal, ganadera-bovina y textil algodonera, entre otras (ver tabla n°1.14.) y sus productos exportados de mayor participación son oleaginoso, cerealera, forestal y algodonera mayormente se dirigen a China, Chile, y Brasil entre otros.

De la cadena oleaginosa, la soja tiene su área de siembra en los departamentos Almirante Brown, 12 de Octubre, Chacabuco, Independencia y General Belgrano. Por su Parte el girasol se concentra en los departamentos de O'Higgins, Maipú, Independencia y Chacabuco.

Actualmente el 80% de los bosques nativos chaqueños se concentran en los departamentos de departamentos de General Güemes y Almirante Brown, la cadena forestal se encuentra principalmente en dichos departamentos, la producción de tanino y carbón es la de mayor exportadora del país.

El cultivo de algodón está presente en toda la provincia pero se concentra en el centro de la misma, los departamentos productores son: Comandante Luis Fontana, O'Higgins y Fray Justo Santa María de Oro

Producto	U.M	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Participación en el total nacional (en %) (*)
Tanino	miles de tn	57	50	54	48	s/d	s/d	83,8%
Leña para carbón	miles de tn	1.231	1.392	1.336	1.564	s/d	s/d	71,2%
Leña	miles de tn	818	813	703	690	s/d	s/d	70,4%
Rollizos	miles de tn	367	304	436	375	s/d	s/d	56,0%
Algodón	miles de tn	434	517	271	192	485	296	37,3%
Girasol	miles de tn	37	366	414	549	158	273	8,6%
Sorgo	miles de tn	357	309	139	250	473	222	7,2%
Bovino	miles cabezas	2.379	2.333	2.634	2.646	2.610	2.660	5,2%
Soja	miles de tn	1.551	1.655	295	554	1.385	1.191	1,9%
Maíz	miles de tn	314	483	165	292	1.080	577	1,7%
Ocupación hotelera	miles de pernoc.	219	260	291	273	279	303	0,8%
Molienda de trigo	miles de tn	57	49	57	49	41	45	0,8%
Trigo	miles de tn	1	318	234	33	21	71	0,5%
Arena para construcción	miles de tn	382	412	379	184	158	s/d	0,4%
Triturados pétreos	miles de tn	2.272	2.454	2.258	418	67	s/d	0,2%

(*) La participación corresponde al último año para el que se presentan datos.
Fuente: elaboración con base a información de sitios oficiales.

Tabla nº1.14. Producción de la provincia del Chaco, cuadro resumen (fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Publicas, año: 2016).

Las importaciones y exportaciones de los países de Chile y Bolivia, los cuales podrán hacer conexión con los puertos de Buenos Aires, Rosario y Resistencia, utilizando el tramo en estudio, movilizando productos de su interés desde dichos puertos por el modo ferroviario.

República de Chile

El país es la sexta mayor economía de América Latina en términos de su producto bruto interno (PBI).

Su principal sector económico es el de servicios, le sigue el de minería que genera más de la mitad de las exportaciones. Es el país con mayor producción global de cobre, litio y yodo, también son importantes la industria acuícola y pesquera entre otras.

Productos exportados y destinos

Los principales productos exportados son cobre y derivados de este, frutas en general y productos de pescado sus destinos son China seguido por Estados Unidos y la Unión Europea. Como principal destino de las exportaciones chilenas, se destacan, desde el sector de productos agropecuarios, silvícolas y pesqueros Estados Unidos, China fue el segundo comprador de estos productos la Unión Europea se constituyó como el tercer principal mercado de exportación para este tipo de productos.

El principal destino de los envíos mineros continuó siendo China, con un 45% de participación a este, le siguieron Corea del Sur y la Unión Europea cada uno con una participación del 11%, a su vez Japón y Estados Unidos se colocan en la cuarta y quinta posición respectivamente.

Desde el sector industrial, Estados Unidos lidera los envíos, le siguen en importancia la Unión Europea, Mercosur y Japón en tanto China se ubica en el sexto puesto.

Productos importados

Los productos importados provienen principalmente de China seguidos por los Estados Unidos la Unión Europea y el Mercosur. Los bienes intermedios (recursos materiales, bienes y servicios que se utilizan como productos intermedios durante el proceso productivo) son el principal componente de las importaciones representan el 49% del total, seguido por los bienes de consumo con un 30% y en tercer lugar los de capital con un 20%.

Los productos importados y exportados que podría requerir el uso del ramal C12 en general y el tramo en estudio por consiguiente, son los provenientes del Mercosur y que se dirigen en especial a la Argentina y Brasil como se puede observar la gráfica nº1.11.

El intercambio y balance comercial que realiza Chile con el Mercosur puede verse en la tabla nº1.15.

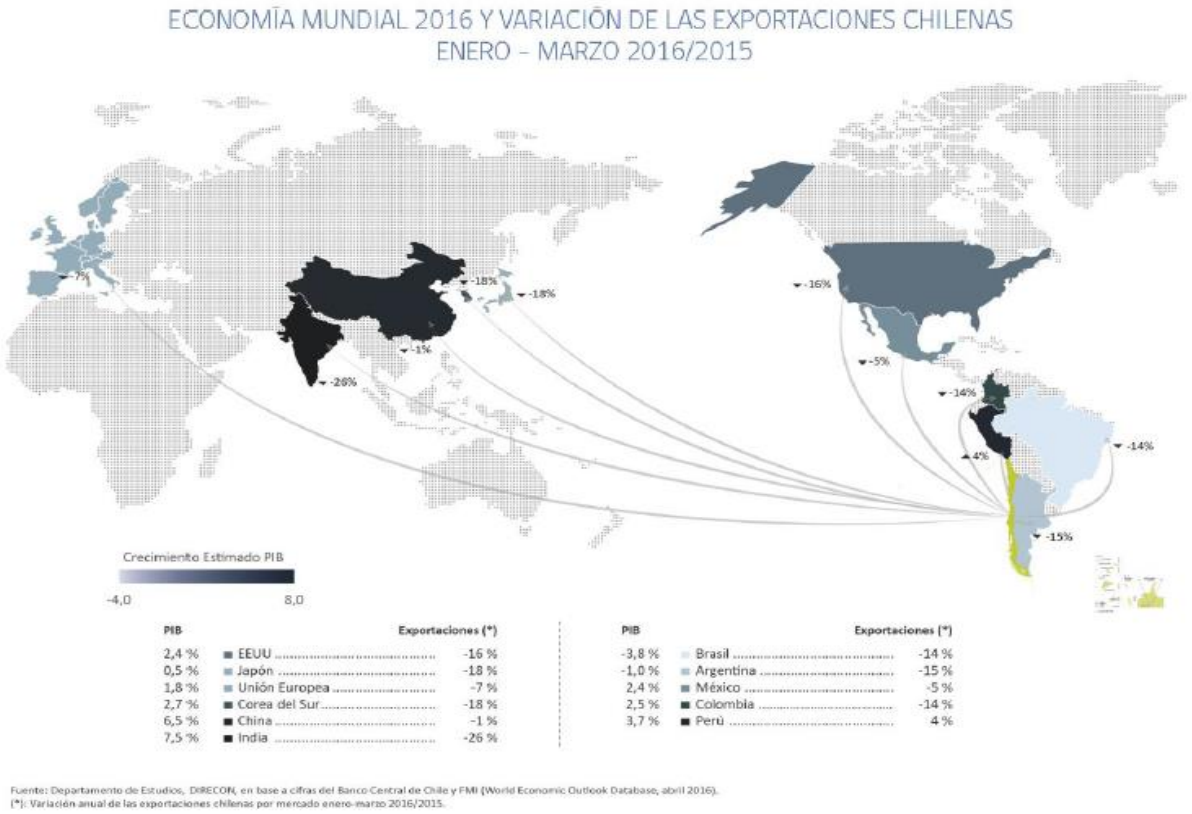


Gráfico nº1.11. Exportaciones chilenas y variación anual (fuente: Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de Chile, año: 2016).

Cuadro 1-3: Comercio exterior de Chile
enero-marzo 2016/2015 (millones de US$ y %)

	año 2015	enero-marzo 2015	enero-marzo 2016	Variación anual (1)
Intercambio comercial(1+2)	124.749	32.618	29.120	-11%
1. Total exportaciones (FOB)	62.232	16.929	15.082	-11%
I. Agropecuario, silvícola y pesquero	5.234	2.081	2.127	2,2%
Fruta	4.549	1.886	1.963	4,1%
Resto	685	195	164	-16%
II. Minería	32.667	8.587	7.239	-16%
Cobre	30.253	7.975	6.740	-15%
Resto	2.414	613	499	-19%
III. Industria	24.331	6.261	5.715	-8,7%
Alimentos procesados	8.055	2.103	1.946	-7,5%
Salmón	3.074	953	899	-5,7%
Alimentos procesados sin salmón	4.981	1.150	1.047	-8,9%
Bebidas y tabaco	2.274	508	498	-2,1%
Vino embotellado	1.541	326	317	-2,9%
Celulosa, papel y otros	3.165	771	754	-2,3%
Celulosa*	2.321	559	563	0,6%
Forestal y muebles de la madera	2.290	596	543	-8,9%
Industria metálica básica	720	196	140	-29%
Productos metálicos, maquinaria y equipos	2.451	610	576	-5,5%
Químicos	4.386	1.197	992	-17%
Otros productos industriales	990	278	266	-4,2%
2. Total importaciones (CIF)	62.517	15.690	14.038	-11%
I. Bienes intermedios	32.599	8.495	6.918	-19%
Petróleo	2.874	758	466	-38%
II. Bienes de consumo	18.204	4.538	4.246	-6,4%
III. Bienes de capital	11.714	2.656	2.875	8,2%
3. Total importaciones (FOB)	58.738	14.690	13.190	-10%
Saldo balanza comercial (FOB)(1-3)	3.494	2.239	1.892	-

Fuente: Departamento de Estudios, DIRECON, en base a cifras de Banco Central de Chile.
* Incluye celulosa blanqueada y semiblanqueada de coníferas y eucaliptus.
(1): La variación anual corresponde al cambio porcentual respecto de igual período del año anterior.

Tabla nº1.15. Intercambio comercial con el Mercosur anual (fuente: Ministerio de Relaciones Exteriores Gobierno de Chile, año: 2016).

Estado Plurinacional de Bolivia

Bolivia es un país considerado de ingresos mediano bajo, debido a su bajo ingreso per cápita. Las actividades económicas de mayor importantes son la minería y el gas natural ambas pertenecen al sector primario, del sector secundario se destacan la industria de la cerveza, lácteo y oleaginosa entre otras de menor importancia.

Los principales productos de exportación son el gas de petróleo (cuenta con la segunda mayor reserva de gas natural de América del Sur), Mineral de zinc, Minerales preciosos y harina de soja.

Las exportaciones son lideradas por el gas de petróleo el cual representa el 42% seguidos por el mineral de zinc con el 9.8% y sus destinos son preferentemente Brasil y Argentina (ver gráfico nº1.12.).

Gráfico nº1.12. Productos exportados y destinos (fuente: http://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/bol/ , año: 2017).

En cuanto a las importaciones están lideradas por los autos, seguido por el refinado de petróleo y otros menores. Sus destinos de origen son China, Brasil y Chile entre otros (ver gráfico nº1.13.).

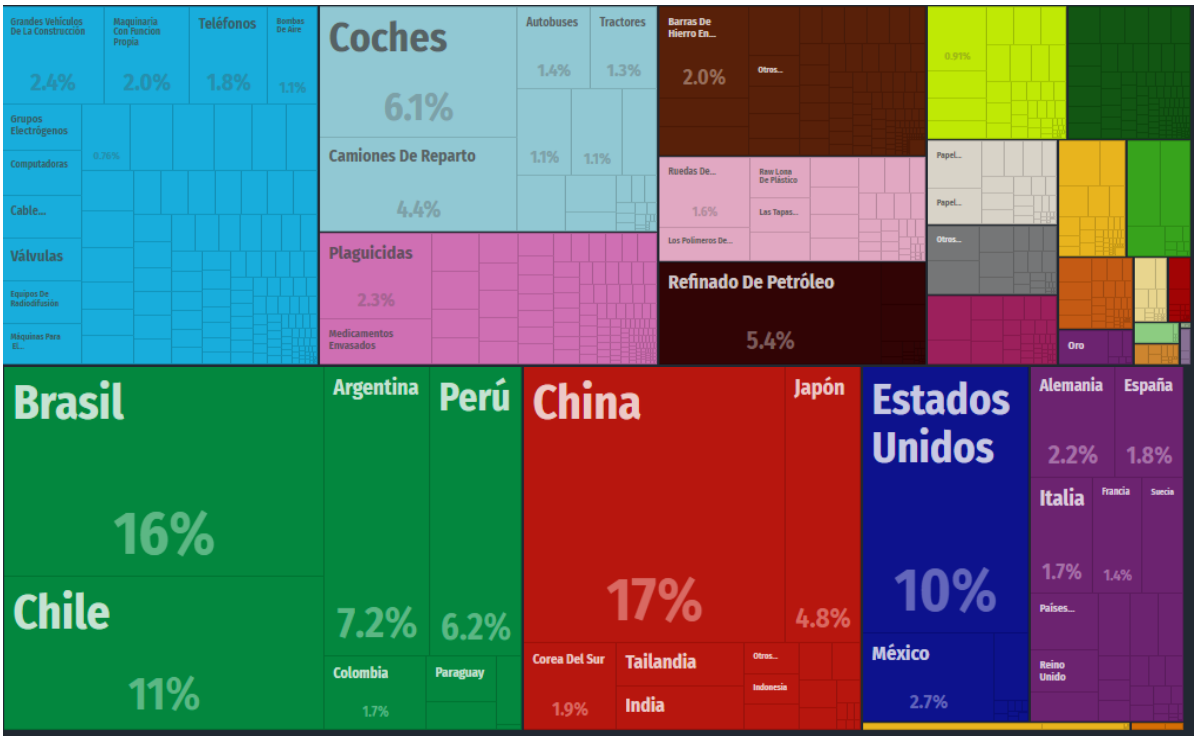


Gráfico nº1.13. Productos importados y sus orígenes (fuente: http://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/bol/), año: 2017).

CAPÍTULO 2

Estudios Topográficos

Los trabajos tienen como objeto el armado de la red de apoyo y relevamientos de accidentes naturales como artificiales para realizar los estudios topográficos necesarios, previstos para la rehabilitación de las vías férreas del FFCC Belgrano Cargas SA. en el tramo Los Tigres – Los Pirpintos, en la provincia de Santiago del Estero.

Sobre la traza existente se realizarán las técnicas normalizadas que utiliza la Dirección de Estudios y Proyectos de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV).

El presente informe menciona las tareas realizadas de vinculación planimétrica a la Red POSGAR para obtener las coordenadas X e Y, y la altimétrica a la Red de Nivelación Argentina a partir de puntos fijos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) para determinar sus cotas altimétricas, como resultado obtenemos así el relevamiento planialtimétrico.

Con respecto a la colocación de los puntos fijos (PF), los mismos deben ser instalados fuera de la zona de desmontes y demoliciones que pudieren ocasionar la perdida de tal, ya que se deben conservar durante la ejecución de la obra. La distancia de los mojones de los PF no deben superar los 5 km. entre sí.

1. Descripción general

El relevamiento de las vías del FFCC Belgrano Cargas, en el tramo de estudio, fue realizado usando equipo GPS TRIMBLE R10 en modo RTK (Real Time Kinematic o cinemático en tiempo real).

El relevamiento RTK consiste en mediciones GPS diferenciales en tiempo real que se realizan con un sistema de dos o más receptores geodésicos GPS que permiten mediciones muy precisas. Contado con coordenadas de precisión durante el relevamiento, las cuales quedan almacenadas en forma digital.

El relevamiento consistirá en tomar las coordenadas de todos los accidentes naturales como artificiales.

2. Relevamiento planimétrico

Todo el relevamiento se encuentra vinculado al marco de referencia POSGAR 2007, mediante medición estática con GPS, utilizando varios PF ubicados en la traza de la obra y utilizando como base de los vectores de los puntos pertenecientes a la Red Posgar.

Se relevaron perfiles transversales cada 500m en toda la franja de servicio, siendo esta de alambrado a alambrado, ocupando todo el ancho de la vía.

Las coordenadas geodésicas fueron transformadas a un sistema plano mediante la adopción de una proyección cartográfica Mercator Transversa. Esto último fue logrado mediante la adopción de un meridiano central que pertenece a la ubicación de la obra, ya que la misma se encuentra en el borde de la faja meridiana 5.

En los gráficos n° 2.1. se puede ver el equipo GPS estacionado en un punto fijo de la Red Posgar.

Gráfico n°2.1. Punto fijo Red Posgar y equipo GPS (fuente: UCSA, año: 2017).

3. Relevamiento altimétrico:

La obtención de las cotas altimétricas resulta de la vinculación de los puntos fijos colocados para el relevamiento, con los puntos fijos pertenecientes a la red de nivelación del IGN.

A continuación se muestra en el gráfico n° 2.2. una fotografía de un punto fijo IGN, utilizado para la vinculación altimétrica.

Gráfico n°2.2. Punto fijo IGN (fuente: UCSA, año 2017).

La vinculación altimétrica de la red se realizó utilizando el método nivelación geométrica ida y vuelta con nivel óptico, con una equidistancia no mayor a 50 m, con arranques y cierres en PF IGN.

4. Colocación de mojones

El armado de la red de apoyo, consistirá en la construcción de mojones separados no más de 5 km, en el sentido de las progresivas. Estos mojones se referenciarán al marco oficial argentino POSGAR 2007. En una chapa identificadora se indicará la leyenda ADIF S.E. – Punto Fijo Nº XX, como así también su cota altimétrica como lo indica el gráfico n°2.3

Se materializará con un caño camisa de PVC (diámetro: 250mm), longitud: 1,00m, con bulón galvanizado en su centro con una chapa de 0,10m x 0,10m de rótulo, relleno con hormigón in situ con una relación cemento arena 3:1.

La chapa identificadora (Zinc o Aluminio) se anclará mediante espárragos conformados por hierro nervado de diámetro 6 mm, anclados como mínimo 5 cm en sentido vertical.

Gráfico n°2.3. Mojones puntos fijos de apoyo (fuente: UCSA, año: 2017).

5. Trabajos a realizar

- Relevamiento planialtimétrico del hongo de riel.

- Se indicarán los puntos particulares como ser:

Alcantarillas, puentes, postes, alambrados, pasos a nivel, estaciones y cualquier otro punto de particular de importancia. La información a suministrar en los puentes y

alcantarillas, deberá contener como mínimo la indicación de la cota del lecho o fondo de alcantarilla, la luz de la misma, y la sección efectiva de escurrimiento.

- Con respecto a los pasos a nivel (PAN) existentes deberá contener como mínimo el ancho de calzada, tipo de calzada y señalización existente.

- La información a suministrar referida a las estaciones, será como mínimo la indicación de longitud de andén y cota de andén.

- La realización de perfiles transversales cada 100m (cien metros); en los mismos se tomará la cota del terreno natural a ambos lados del eje de vías, con una separación entre puntos a obtener no mayor a 5m(cinco metros), abarcando todo el ancho de la zona de vías como se dijo anteriormente.

Se indicarán como mínimo los siguientes puntos: cota de ambos rieles, cota de coronamiento extremo a ambos lados del terraplén o capa de balasto existente, cota de pie de talud en ambos lados, cota de fondo de cuneta en ambos lados. Estos perfiles deberán, en todos los casos, georeferenciarse a la red de apoyo indicada. Se confeccionarán asimismo los perfiles transversales en correspondencia con el eje de cada paso a nivel, donde se identificarán los desagües existentes, pendientes de aproximación, etc.

6. Instructivo para medición general

Se deben relevar la traza de proyecto y 500m antes y después del tramo.

6.1. El esquema de perfiles transversales

Se indica en el gráfico n°2.4.

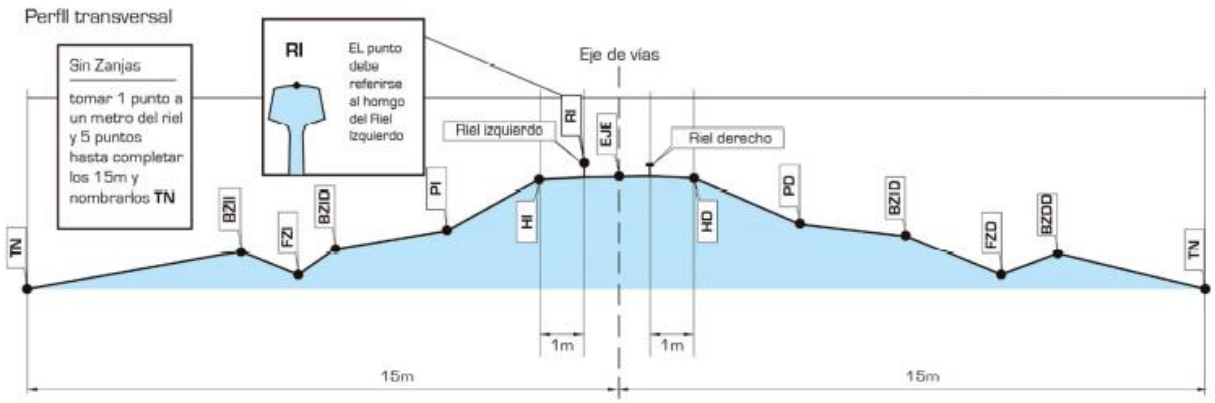


Gráfico n°2.4. Esquema de perfiles transversales (fuente: UCSA, año 2017).

Significados de los puntos:

BZZI: borde zanja izquierda lado izquierdo
FZI: fondo zanja izquierda
BZDD: borde zanja derecha lado derecho
FZD: fondo zanja derecha
BZID: borde zanja izquierda lado derecho
PI: pie de talud izquierdo
PD: pie de talud derecho
TN: terreno natural
RI: riel izquierdo
HI: hombro izquierdo
HD: hombro derecho
EJE: eje de vías

6.2. En rectas

Indicado en gráfico n°2.5.

Perfil transversal completo cada 100m (cota y posición)
Riel cada 25m RI (cota y posición)
Eclisa ambos rieles (cota y posición)

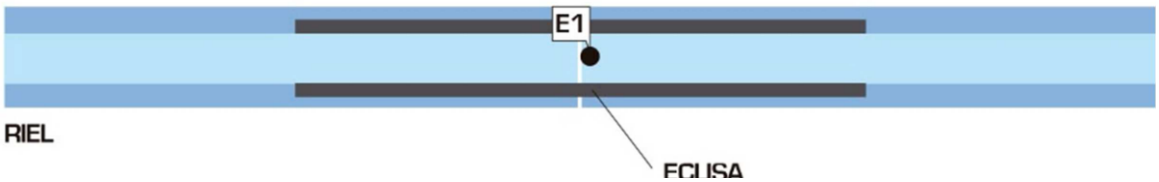


Gráfico n°2.5. Medición en rectas de eclisa (fuente: UCSA, año: 2017).

6.3. En Curva

Cada 50m antes y después (sobre tangente)

Riel cada 10m RI RD (cota y posición)
Inicio y fin de curva.
Perfil transversal completo cada 25m

6.4. En pasos a nivel

Medición según gráfico n°2.6.

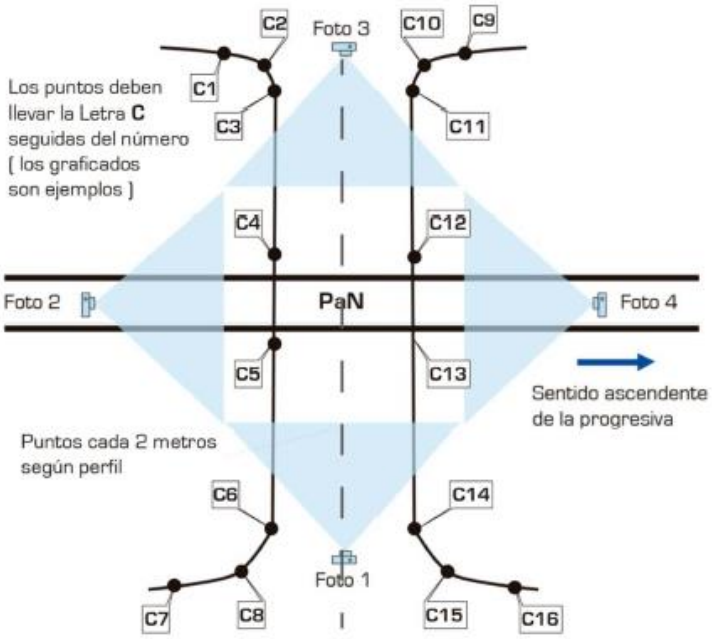


Gráfico n°2.6. Puntos de medición en pasos a nivel (fuente: UCSA, año: 2017).

6.5. En obras de arte

Según gráfico n°2.7.

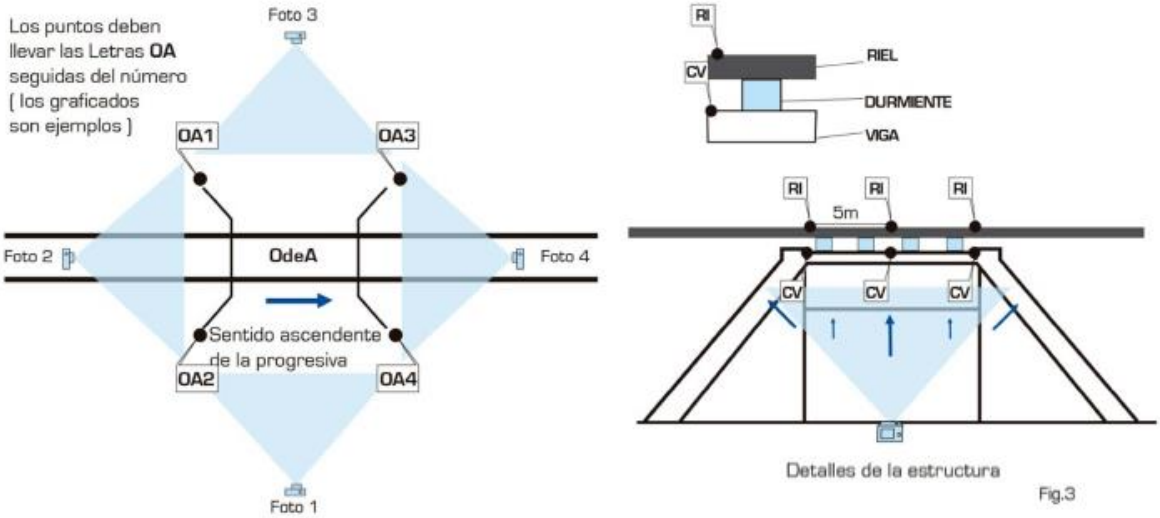


Gráfico n°2.7. Puntos de medición en obras de artes como alcantarillas y puentes, (fuente: UCSA, año 2017).

6.6. En estaciones ferroviarias

Según gráfico n°2.8

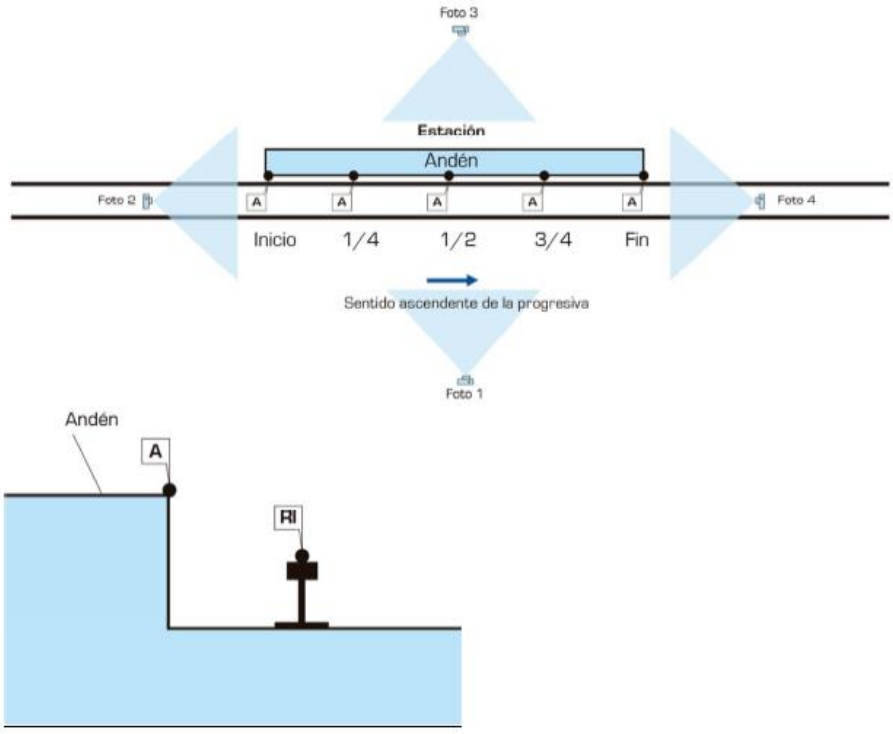


Gráfico n°2.8. Puntos de medición en estaciones ferroviarias (fuente: UCSA, año 2017).

6.7. Aparato de vía

Según gráfico n°2.9.

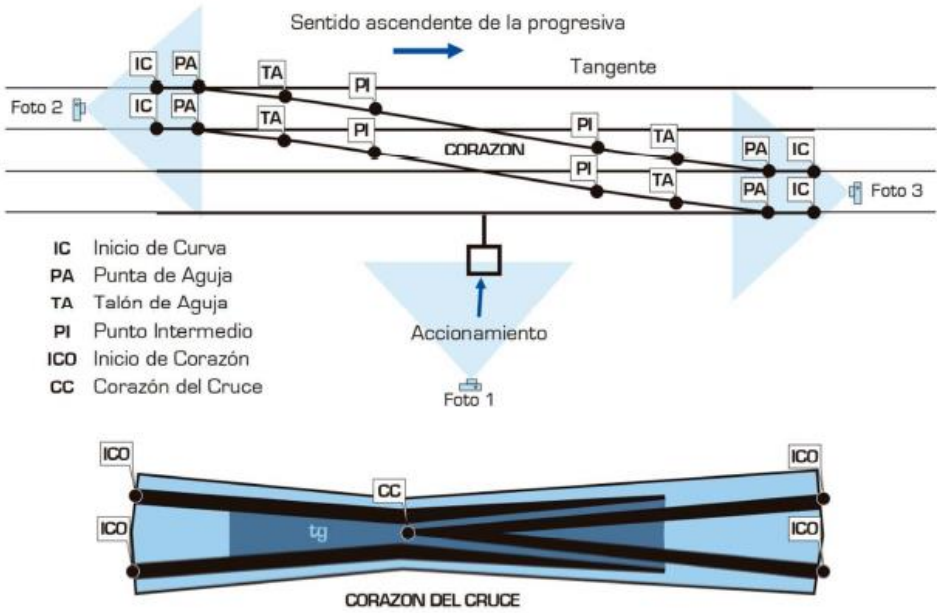


Gráfico n°2.9. Medición en aparato de vía (fuente: UCSA, año: 2017).

En el anexo tablas podemos observar la red de nivelación de ida y vuelta en la tabla 2.1. y 2.2. respectivamente y en la tabla n°2.3. un resumen.

Estudios Geotécnicos

1. Objetivo

El presente informe tiene por objetivo determinar las características físico-mecánicas de suelo que se pretende utilizar como plataforma de fundación, mediante ensayos y análisis obtendremos la evaluación geotécnica de la zona y las características edafológicas de los perfiles estratigráficos hallados. Se realizara una estimación de la capacidad portante de la plataforma y se obtendrán los parámetros para su diseño y verificación.

La zona que se estudia se encuentra en correspondencia a la traza del ramal C12 entre las progresivas 1.264,960 km y 1.332,500 km como se ha mencionado anteriormente y se busca la rehabilitación de esta.

Los informes de estudios geotécnicos realizados en la traza fueron proporcionados por la empresa UCSA SA, siendo esta la empresa adjudicataria de la rehabilitación del tramo en estudio.

2. Estudios geotécnicos exigidos según normativa ferroviaria

Los estudios que debieran realizarse, están especificados en la normativas que figuran en los reglamentos de la Comisión Nacional de Regulación del Trasporte (CNRT) perteneciente al Ministerio de Transporte de la Nación.

En el apartado para vías y obras, referente a normativas ferroviarias encontramos la Instrucción Técnica Sobre Estudios Geotécnicos Previos a la Ejecución de Terraplenes y Desmontes cuyo nombre técnico es I GVO (OA) 005, en esta se establece los estudios geotécnicos cuya ejecución deberá ser exigida, para proceder al análisis de estabilidad de taludes en terraplenes y desmontes.

De los resultados extraídos, de los estudios exigidos, se verá la necesidad de ampliar los estudios o considerarlos suficientes. Según la clasificación que realiza la normativa englobaremos el análisis en “bases de terraplenes” ya que las clasificaciones “terraplenes de suelo transportado” y “taludes provenientes de desmontes” no encuadran en la necesidad del anteproyecto de rehabilitación.

Los estudios son:

- Observación de la zona de emplazamiento con descripción detallada de la geología del lugar, se trata de determinar el tipo de depósito (fluvial, por inundación de planicies, eólico, etc.), lo que dará una idea de la estratificación del suelo.
- Exploración del suelo realizando una auscultación con determinación de la resistencia a la penetración Ensayo de Penetración Estándar (SPT).
- De las perforaciones se extraerán muestras de los suelos existentes, procediéndose a describirlos y realizándose en el laboratorio su granulometría (por lavado en los tamices más finos si fuera necesario), contenido de humedad natural, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, clasificándolos según el sistema unificado de clasificación de suelos.

- Se ejecutaran ensayos triaxiales según como resulten las condiciones de velocidad de carga y drenaje de la base en estudio, supuestas para la construcción del terraplén, con el fin determinar los valores de cohesión (c) y ángulo de fricción interna (φ) si el material ensayado los poseyera.

- Para realizar los estudios de asentamientos, se determinara la relación natural de vacíos y el ensayo de consolidación.
- Determinación de la altura del nivel freático.
- Se podrá efectuar pozos a cielo abierto o calicatas para observación y extracción de muestras.

Estas tareas son las mínimas que deben llevarse a cabo para cumplir con la norma, en nuestro caso la empresa adjudicataria ordeno los trabajos que describiremos a continuación.

3. Estudios y ensayos ejecutados en la traza

Pasaremos a describir en forma sintética los trabajos realizados y el objetivo de los mismos.

3.1. Trabajos de campo

Ensayo de penetración estándar (SPT)

Los sondeos se ejecutaron cada un kilómetro a lo largo de los casi 68 km. que comprenden el tramo, con un total de 65 ensayos, se identifican como P01 a P65, estos tiene una profundidad que varía de los 3,00 m a los 6,00 m y se ubican a la mitad del ancho de vías.

En cada perforación se efectuaron ensayos de penetración normalizada (SPT) como se puede observar en el gráfico nº2.10., según norma del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM 10517- Ensayo normalizado de penetración SPT), cada 0,50 m de profundidad se tomaron muestras mediante la hinca de un saca muestras de zapata intercambiable tipo Moretto, con el que se recuperaron testigos con muestras alteradas representativas, a efectos de evaluar los parámetros de corte de los estratos y su capacidad resistente.

Las muestras alteradas se ocuparon a efectos de reconstruir la secuencia estratigráfica, mediante ensayos de identificación física.

Se prestó atención de la presencia o no de agua subterránea en la perforación y se tomó la medida de su profundidad en cada caso.

Gráfico n°2.10. Ensayo SPT (fuente: UCSA SA, año: 2017).

Extracción de muestras de suelo mediante pozos de cielo abierto calicatas (K)

Las mismas al igual que el anterior son cada un kilómetro de distancia y con dimensiones suficientes para el ingreso del operario, son identificadas como K01 a K65, tienen 1,00 m de profundidad y se ubicaron a mitad de las vías.

En cada calicata se determinó la densidad in situ con el método de la arena según las Normas de Ensayo de Vialidad Nacional (VN-E8-66 Control de compactación por método de la arena), y se tomaron muestras suficientes para ensayos de laboratorio físicos de identificación y mecánicos Ensayos de Compactación Proctor (VN-E5-67) y Valor Soporte Relativo por el Método Dinámico Simplificado (VN-E6-84).

Además se tomó nota del espesor de balasto existente en cada lugar de la perforación.

Ensayos de penetración dinámicos de cono (DCP)

Los ensayos coinciden con la ubicación de las calicatas, estos se identifican como DCP01 al DCP65 y se llegó hasta 1,00 m de profundidad.

Se utilizó la misma energía de penetración de la prueba estándar (SPT) según norma del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM 10540- Determinación del índice de penetración mediante el penetrómetro dinámico de cono DCP), se contaron la cantidad de golpe y midió la penetración de un cono que posee un ángulo de 60º y un diámetro de 20mm (ver gráfico nº2.11.) con el fin de obtener una caracterización mecánica de la plataforma, a través de una estimación de la resistencia in situ del suelo.

La penetración medida es una función de la resistencia al corte "in situ" de los materiales y el perfil de resistencias en profundidad.

Grafico n°2.11 Ensayo DCP. (fuente: UCSA SA, año: 2017).

Ensayo de carga con placa (PLT)

Estos se ubican entre el ancho de vías al igual que los ensayos anteriores pero en menor número, se efectuaron un total de 21 ensayos y su designación va en coincidencia con la de los demás ensayos, se nombran PLT-04 coincide con el ensayo de penetración de cono DCP-04 sigue luego de 3 km PLT-07 coincidiendo con DCP-07 y de este modo sucesivamente cada 3 km.

Se utilizó como contrapeso al cilindro hidráulico una topadora ver gráfico nº2.12. se procedió a quitar el balasto existente para apoyar la placa de carga, el ensayo se realizó siguiendo las especificaciones que se encuentran en la norma de la American Society for Testing and Materials (ASTM D 1194-94)

Con el ensayo se busca obtener una curva tensión deformación a fin de estimar las deformaciones elásticas que la plataforma sufrirá, pronosticando en forma aproximada el comportamiento de los suelos en el rango supuesto elástico.

Gráfico n°2.12 Ensayo PLT (fuente: UCSA SA, año: 2017).

3.2. Trabajos en laboratorio

Sobre las muestras extraídas de los sondeos efectuados para el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) se realizaron los siguientes ensayos

- Humead natural del suelo: Se siguen los lineamientos establecidos en normas del Instituto del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM 10519/70 Método de laboratorio para la determinación de humedad.), en ella se describen los procedimientos de ejecución del ensayo, estos se realizan con el propósito de determinar el contenido de agua o humedad de un suelo, expresado como porcentaje.

- Tamizado del suelo sobre vía húmeda: siguiendo la Normas de Ensayos de Vialidad Nacional (VN-E1-65 Tamizado de suelos por vía húmeda) donde detalla el procedimiento a seguir para establecer la distribución porcentual de las partículas finas del suelo utilizando los tamiz Nº10, Nº40, Nº200.

- Ensayos de compresión triaxial no consolidada no drenados escalonados (UU), a fin determinar los valores de cohesión (c) y ángulo de fricción interna (φ), para este debe seguirse los procedimientos especificados de la norma IRAM 10529

- Con las muestras se detallan además la clasificación de los suelos en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y en el sistema vial del Highway Research Board (HRB) según Normas de Ensayos de Vialidad Nacional (VN-E4-84 Clasificación de Suelos).

Sobre las muestras extraídas en las calicatas (K) se realizaron

- Determinación de suelos mediante análisis tacto visual guiados por la norma IRAM 10535/91.
- Límites de Atterberg

  Limite líquido (LL) según la metodología de la norma VN-E2-65 Limite Liquido, donde define al límite como el contenido de humedad necesario expresado en por ciento para que dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm.

  Limite plástico (LP) según la metodología de la norma VN-E3-65 Limite Plástico Índice de Plasticidad, la norma detalla el procedimiento para la determinación de este, que se define como el más bajo contenido de humedad expresado en por ciento con el cual es suelo al moderarse en barritas cilíndricas de un diámetro menor de 3mm se agrietan.

  Índice de plasticidad (IP) siendo este la diferencia entre el limite liquido (LL) y el limite plástico (LP)

- Tamizado del suelo sobre vía húmeda siguiendo la norma VN-E1-65 Tamizado de Suelos por Vía Húmeda.

- Determinación de la densidad seca y húmeda por el método del Cono de Arena VN-E8-66 Control de Compactación por el Método de la Arena.

- Ensayos de compactación de suelos Proctor standar T99 o modificado T190 según Normas de Ensayos de Vialidad Nacional (VN-E5-93 compactación de suelos), según corresponda el tipo de suelo, estudia la variación del peso unitario del suelo en función de los contenidos de humedad, nos permite establecer la humedad optima con la que se obtiene el mayor valor de peso unitario, llamado densidad máxima.

- Con las muestras se detallan además la clasificación de los suelos en el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) y en el sistema vial del Highway Research Board (HRB) según normas VN-E4-84 Clasificación de Suelos.

4. Resultados y procesamiento de la información

4.1. Resultados ensayo de penetración estándar (SPT)

Como se mencionó, se tomaron muestras cada 0,50m de profundidad y se contaron el número de golpes necesario para penetrar 0,30 m, se sigue de igual manera hasta llegar a una profundidad de 3,00 m y hasta 6,00 m en algunos casos.

Los ensayos triaxial se realizaron mediante el labrado de una muestra extraída del muestreador de media caña tipo Moretto, solo se ensayó la muestra correspondiente al 1,00 m de profundidad por considerarla como área de influencia del bulbo de presiones de la vía, debido al tipo de carga que experimentara la plataforma la prueba fue del tipo no consolidad no drenada (UU).

Los resultados se adjuntan en la tabla n°2.4 del anexo tablas, en esta figuran los valores de número de golpes necesario para penetrar una profundidad de 50 cm con el muestreado, la clasificación de suelos mediante el sistema SUCS y HRB como también los valores de cohesión (c) y ángulo de fricción interna (φ) obtenido por medio el ensayo triaxial.

De la observación de los resultados exploratorios de SPT, expuestos en la tabla n°2.4 podemos inferir que el perfil geotécnico se caracteriza por la presencia arcillas inorgánicas con un límite liquido menor a 50% (CL) y limos inorgánicos con limite liquido menor de 50% (ML) también materiales limítrofes entre estos dos denominados CL-ML de acurdo a la clasificación SUCS. En tanto la descripción mediante el sistema HRB nos da suelos A-4 (suelo compuesto esencialmente de limo con poca cantidad de material grueso y solo pequeña cantidad de arcilla grasa coloidal) y A-6 (suelos compuestos por arcilla con moderada o despreciable cantidad de material grueso), los resultados a mayores profundidades como ser los 6,00 m, en pocos casos arrojaron suelos tipo A-2-4 y A-7-6.

El número de golpes necesario para la penetración del muestreador figura en la tabla n°2.4 del anexo tablas, la presencia de suelos plásticos permite correlacionar el número de golpes con su consistencia y la resistencia a la compresión simple de los suelos, cabe mencionar que las correlaciones que fueron halladas para suelos plásticos como lo son en este caso, son menos precisas que para suelos friccionantes.

En la tabla n°2.5 del anexo tablas, procedimos a determinar la tensión admisible de la plataforma en base a los datos del ensayo triaxial (c y φ) y utilizando la ecuación de capacidad de carga de Terzaghi (1973, p.217):

$$qd = c.Nc + \gamma.Df.Nq + {}^{1}/_{2}.\gamma.B.N\gamma$$

qd: capacidad de carga.
c: cohesión.
Nc: factor de capacidad de carga que considera la cohesión.
Nq: factor de capacidad de carga que considera la sobrecarga.
Nγ: factor de capacidad de carga que considera la influencia del peso del suelo.
B: ancho del cimiento.
Df: profundidad.

Para la determinación de la tensión admisible se utilizó un coeficiente de seguridad F=3, la tensión está considerada a nivel de superficie por tanto Df=0,00 m y con un ancho de cimiento B= 25 cm (considerado este ancho de cimiento como el ancho del durmiente de hormigón tipo).

Los valores de Nγ fueron determinados mediante el grafico expuesto por Terzaghi (1973, p.219) y Nq y Nc mediante las ecuaciones del mismo autor (1973, p.215).

$$Nq = e^{\pi tan\emptyset} x\ tan^2\left(45° + \frac{1}{2}\emptyset\right)$$

$$Nc = (Nq - 1)cot\emptyset$$

Los resultados pueden ver en la tabla 2.5 del anexo tablas, cabe mencionar que en general, el orden de magnitudes de la capacidad portante que deberá exigirse a la plataforma está comprendido entre 0,6 kg/cm^2 y 1,0 kg/cm^2, según se ponen de manifiesto mediante cálculos teóricos y mediciones experimentales y que son expuestas por Oliveros Rives (1977).

El nivel de agua subterránea no fue detectado a la profundidad de estudio, y se desconoce su altura máxima y/o niveles de oscilación.

4.2. Resultados de muestras extraídas de calicatas (K)

En las calicatas se tomaron muestras del primer metro del suelo para ensayos identificatorios mediante el sistema SUCS y HRB además del cálculo índice de grupo (IG), se midió el espesor de balasto si este estuviera presente, los resultados se detallan en la tabla 2.6 del anexo tablas.

Con las muestras extraídas además se realizaron Ensayos de Compactación Proctor T99 y modificado T190, con este método se logra mayor densidad con menor humedad óptima a costa de mayor energía de compactación, se determinó la densidad máxima y la humedad óptima los resultados se adjuntan en la tabla n°2.6 del anexo tablas.

4.3. Resultados ensayo de penetración dinámicos de cono (DCP)

Los ensayos DCP se realizaron hasta 1,00 m de profundidad, en estos y a partir de los datos obtenidos en campo se deben elaborar las Curvas (DCP), estas son gráficas que representan la penetración acumulada en función del número de golpes acumulados, y además el Diagrama Estructural que consiste en la representación del Índice de Penetración denominado (DN mm/golpe) en función de la profundidad de auscultación acumulada (mm).

En base a la interpretación de los gráficos Curva DCP y el Diagrama Estructural es posible deducir que cuando la pendiente de la Curva DCP es constante, o bien el valor del índice de penetración no varía con la profundidad significa una uniformidad de las propiedades del material, y su variación implica un cambio de las mismas, con dicho criterio confeccionaron los valores que se pueden apreciar en la tabla n°2.7. en el anexo tablas.

El Valor Soporte Relativo (CBR) puede estimarse utilizando correlaciones que fueron establecidas sobre la base de una serie de resultados de laboratorio, mediante una tarea rutinaria consistente en realizar el ensayo DCP sobre probetas confeccionadas para la realización del ensayo de CBR. En la norma de la American Society for Testing and Materials (ASTM D6951-03), se indican las correlaciones recomendadas por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (USACE) y que utilizaremos en este caso para la obtención de CBR.

- Suelos excepto CL con CBR<10% y CH (para DCP<3 se tomará CBR=100) — $292_{x}DCP^{-1,12}$
- Suelos CL con CBR<10% — $(0.017019_{x}DCP)^{-2}$
- Suelos CH — $(0.002874xDCP)^{-1}$

Nuestros suelos son del tipo arcilla inorgánica CL y limo inorgánico ML por lo tanto se ocupará la ecuación $(0.017019_{x}DCP)^{-2}$ cuando los resultados den un valor menor a 10% (CBR<10%); en los casos que el valor supere el 10% (CBR>10%) se procederá con la ecuación $292_{x}DCP^{-1,12}$, para la determinación del CBR los resultados pueden verse en la tabla n°2.7 del anexo tablas.

4.4. Resultados del ensayo de carga con placa (PLT)

A partir de los datos obtenidos en campo se calculó el módulo de reacción (Ks) también denominado coeficiente de balasto, como la relación entre la tensión capaz de generar una penetración de la placa en el terreno de 0,05” (o 0,127 cm) en el primer ciclo de carga. Los resultados se sintetizan en la tabla n°2.8 del anexo tablas. El diámetro de la placa de carga fue de 30 cm por lo tanto se designó al módulo como Ks_{30}.

5. Elección del Valor Soporte Relativo (CBR) de diseño para el dimensionamiento de la superestructura

Para este análisis, en primera medida fijaremos los valores estándar de uso en carreteras donde se establecen las aptitudes del suelo en función de su índice CBR:

1) Suelos inadecuados CBR<3
2) Suelos tolerables 3<CBR<5
3) Suelos adecuados CBR>5

Con estos valores efectuamos una revisión de los CBR obtenidos del ensayo Penetración Dinámicos de Cono (DCP) de tabla n°2.7 del anexo tablas, donde se identificaron los CBR<7% de la primera capa del ensayo. En dichas progresivas se realizará una estabilización o compactación según lo requiera para llevarlos a valores aceptables, se tomará como condición las disposiciones de la Dirección Nacional de Vialidad (10 < CBR < 20: suelos de buena calidad), se llevarán en estas progresivas a un valor de CBR>7%.

Sustituidos los CBR<7%, como puede verse en la tabla n°2.9. en anexo tablas, se procederá a realizar un predimensionado para determinar un espesor de balasto supuesto (e_i).

El predimensionamiento se llevará a cabo utilizando el Abaco para cálculo de espesor de balasto de López Pinta el cual se encuentra en el libro Tratado de Ferrocarriles I (ver gráfico nº13). Para poder ingresar al Abaco, deberemos fijar valores que solo serán válidos para el proceso de predimensionado:

Estado de la vía: La definiremos como mala (M)
Velocidad media: 90 km/h (supuesto a solo fin de predimensionar)
Módulo de elasticidad estático de la plataforma: 300 kg/cm^2 (según ensayo de carga con placa PLT).

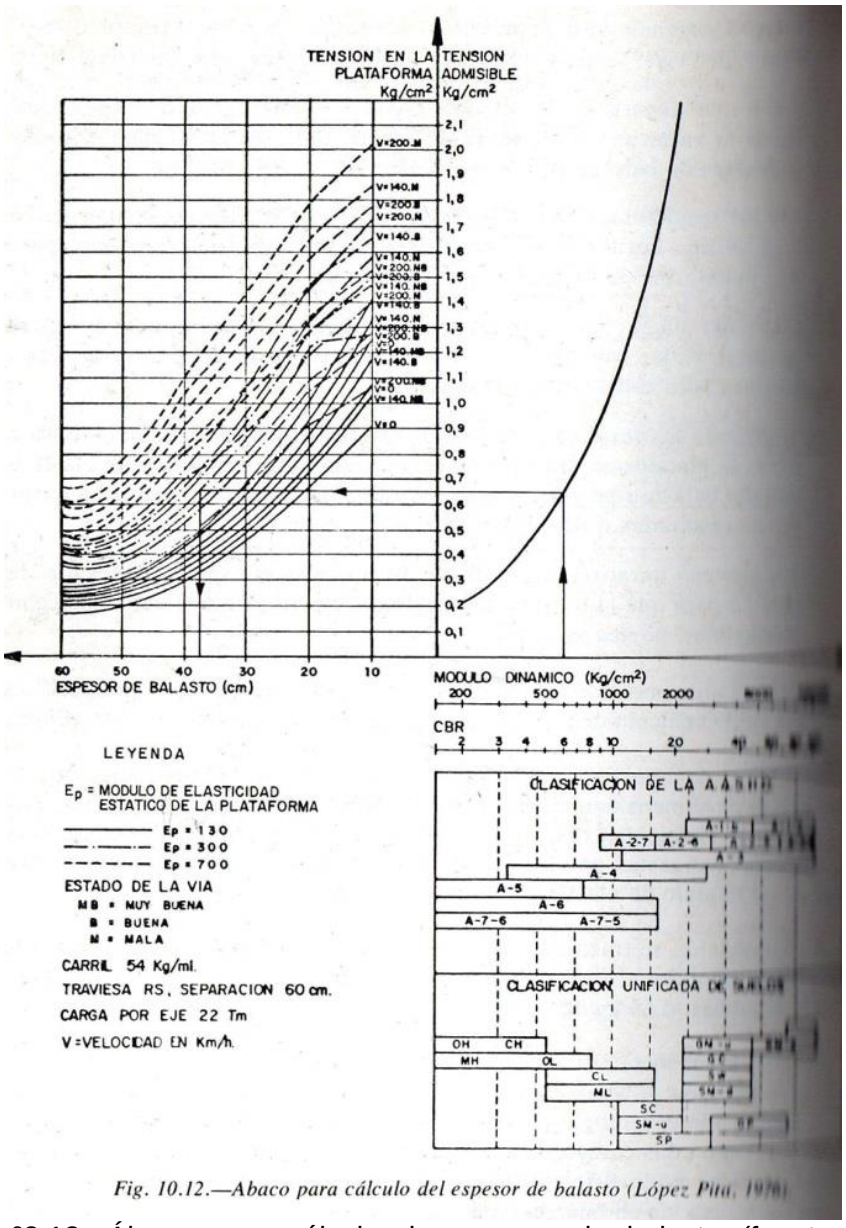


Fig. 10.12.—Abaco para cálculo del espesor de balasto (López Pita, 1978)

Gráfico nº2.13. Ábaco para cálculo de espesor de balasto (fuente: Tratado de Ferrocarriles I de Oliveros Rives, año: 1977).

Los valores de espesor se llevaron a un gráfico en correspondencia con su progresiva (gráfica nº 2.14.), el cual se analizan para, poder definir secciones de presunta homogeneidad estructural, a lo largo de la traza.

Se definen 5 tramos con homogeneidad estructural denominados Tramo 1 al Tramo 5 del gráfico n°2.14., donde el espesor medio (e_m) no difiere en +/-10 cm, pueden existir casos puntuales en los cuales los espesores de predimensionamiento se encuentren fuera de los límites del entorno. Estos casos (por ser puntuales) pueden resolverse individualmente, sin que tengan incidencia en el tratamiento general del tramo, el cual seguiría presentando homogeneidad estructural

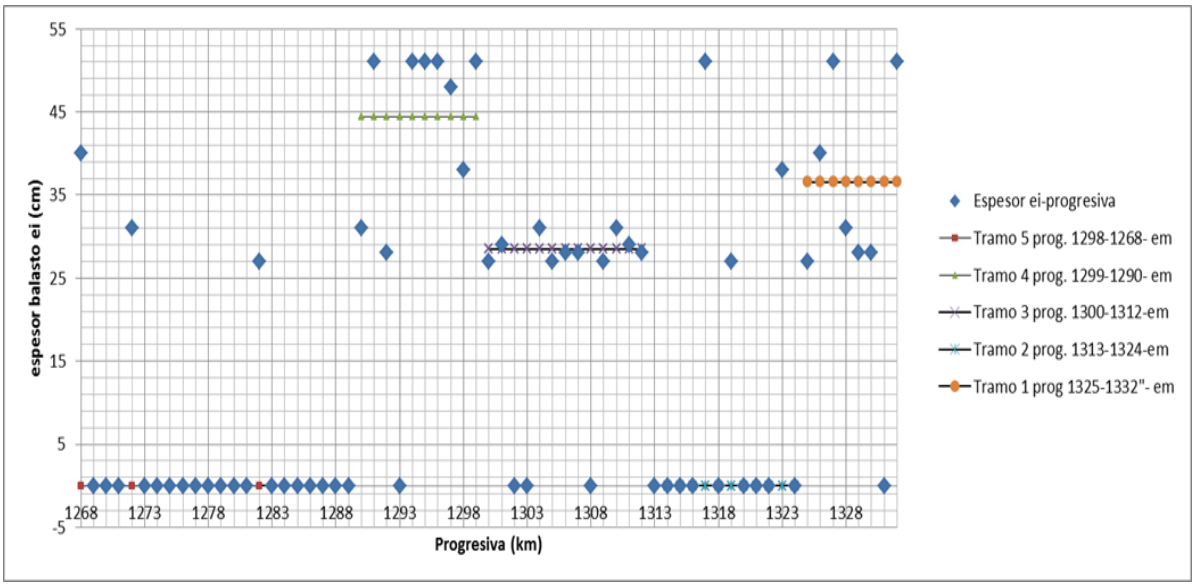


Gráfico n°2.14. Espesor de pavimento-progresivas (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Dividida la traza en 5 tramos, los CBR de cada tramo permiten determinar la curva "porcentaje de cobertura vs CBR", de la siguiente forma: para cada CBR, calcular el porcentaje de "valores mayores o iguales" respecto del total de ensayos realizados (ver tabla n°2.9 del anexo tablas). La representación gráfica de los pares de valores así obtenidos (ver gráfico nº2.15.), permitirá obtener la curva mencionada.

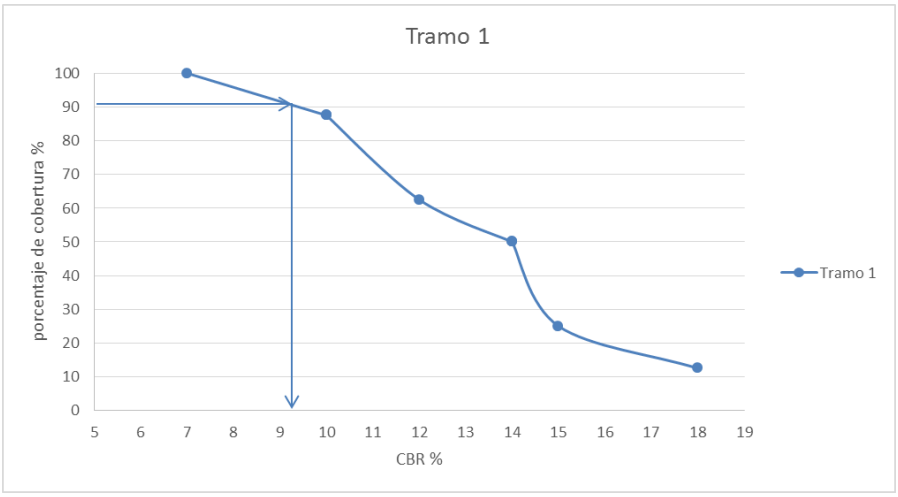


Gráfico nº2.15. Porcentaje de cobertura-CBR para Tramo 1 (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Corresponde luego adoptar el "porcentaje de cobertura", según la importancia del camino, representada por el "N" ciclos de carga, que según el Método de Eisenmann ronda el valor de 2.000.000 para la cual implica un porcentaje de cobertura del 90%.

Finalmente, entrando con dicho "porcentaje de cobertura" en la curva "porcentaje de cobertura vs CBR" (grafica nº2.15), se obtiene el CBR de Diseño. La tarea debe realizarse para cada tramo y los resultados pueden observarse en la tabla nº2.10.

Tramo nº	Progresiva km	Longitud km	CBR de diseño %
1	1332-1325	8	9
2	1324-1313	12	12
3	1312-1300	13	14
4	1299-1290	10	7
5	1298-1268	22	15

Tabla n°2.10. Tramos de sub-división de la traza y CBR de diseño (fuente: elaboración propia, año: 2017)

Estudios de cargas

Como se mencionó anteriormente el ferrocarril Belgrano Cargas permite unir el puerto de Buenos Aires y las terminales portuarias de Rosario, Santa Fe, Barranqueras y Formosa (puntos de salida de exportaciones o eventual entrada de importaciones) con los centros de producción provinciales.

La red está integrada con el centro y el norte de Chile y con Bolivia (ambas con ferrocarril de igual trocha) permitiendo acceder a la terminal marítima de Iquique y al puerto de Antofagasta por intermedio de la red chilena Ferronor SA, y con Bolivia ya sea a través del ferrocarril Antofagasta – Bolivia o con la conexión en Yacuiba.

Por otra parte conforma en el tramo Socompa – Barranqueras el corredor Bioceánico Norte, que en un futuro y a través de Chile, Paraguay y Brasil permitirá conectar ambos océanos, Atlántico y Pacifico.

Lo mencionado anteriormente fundamenta la rehabilitación del tramo, ya que desde el punto de vista económico permitiría utilizar el transporte intermodal entre Argentina, Bolivia, Brasil y Chile.

Con la rehabilitación de la vía férrea se busca:

- Incrementar la carga transportada actualmente en el ramal en estudios.
- Incorporar nuevos productos.

1. Demanda potencial del Transporte ferroviario

La determinación de la demanda potencial de transporte ferroviario asociada al ramal en cuestión ha requerido el desarrollo de las siguientes actividades:

a) Identificación de la producción de interés.
b) Determinación de la demanda potencial del transporte ferroviario.

1.1. Identificación de la producción de interés

El área de influencia está formada por tres regiones:

1. Argentina: Chaco, Tucumán, Santiago del Estero, Salta y Jujuy.
2. Bolivia: Departamento de Tajira.
3. Chile: Las regiones segunda y tercera (Antofagasta y Atacama).

Producción

Se efectúa un análisis de los principales productos agrícolas del área de influencia y de los nuevos productos a transportar desde el norte de Argentina como ser vino de Salta y limón de Tucumán. Además se analiza el desarrollo de la producción de cemento en Jujuy con destino a Resistencia-Chaco y la producción de azúcar de Jujuy, Salta y Tucumán.

Si bien los destinos actuales de la producción del NOA y NEA son los puertos de Santa fe y Buenos Aires, los mismos productos se podrían, en un futuro, transportar hacia el puerto de Barranqueras, previa adecuación, lo que permitirá la salida en forma directa de los productos agropecuarios y agroindustriales del norte argentino.

- **Soja**

En la tabla n°2.11. del anexo tablas, se observa el desarrollo de la producción de soja entre los años 1995 y 2005 en la zona de influencia, constatándose una tasa de crecimiento media de 13% para la producción y de 14,6% para el área sembrada, lo cual ilustra que cada vez es más importante la producción de soja y sus derivados en el desarrollo del área considerada y también es creciente la incidencia de dichos productos en el uso de las vías de transporte de la región (carreteras, ferrocarril e Hidrovía Paraguay- Paraná).

En Chile no se encontraron datos de producción de soja en el área estudiada en el periodo considerado.

- **Maíz**

El maíz se presenta como otro cultivo importante en el área de influencia, el desarrollo de la producción y el área sembrada se observa en la tabla n°2.12. de anexo tablas, de acuerdo con los datos relevados presenta una tasa de crecimiento media anual 0,65% para el área sembrada y de 2,15% para la producción, si bien son valores bajos aun así sigue siendo un cultivo importante.

Los mayores productores son las provincias de Argentina. Las regiones de Chile no poseen una producción de maíz que sea registrada en las estadísticas nacionales.

- **Trigo**

El cultivo de trigo ha experimentado una evolución importante en el área con una clara variación incremental en especial del volumen de producción.

El desarrollo se observa en la tabla n°2.13. del anexo tablas, donde la tasa de crecimiento medio anual es de 19,2% para la producción y de 16,3% para el área sembrada. Al igual que con el cultivo de maíz los mayores productores son de Argentina.

- **Girasol**

El desarrollo del girasol se observa en la tabla n°2.14. de anexo tablas, donde de acuerdo con los datos relevados presenta una tasa de crecimiento media anual de 7,7% para el área sembrada y 4,7% para la producción.

El mayor productor es Argentina y dentro del mismo se destaca la provincia del Chaco.

- **Azúcar**

En la tabla n°2.15. del anexo tablas se refleja la producción de azúcar en Jujuy, Salta y Tucumán entre 2004 y 2013.

Al observar la tabla para el caso del azúcar resulta la tasa de crecimiento con un valor negativo -2,12%, sin embargo la cadena azucarera adquiere gran relevancia en la producción agroindustrial del NOA. Esto se debe a que a partir de la caña de azúcar además de la obtención del azúcar y el bioetanol, se obtienen subproductos tales como alcohol, energía y papel.

Las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán representan el 99,5% del total de la producción de azúcar del país. Desde sus orígenes el conjunto de la cadena presenta una definida orientación al consumo interno. En las últimas décadas la producción ha presentado excedentes exportables en aumento. Según el informe de cadenas de valor realizado en el año 2016 por el Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la Nación, los excedentes representaron entre un 28% y un 35% de la producción entre 2006 – 2009. Si bien años posteriores se produce una disminución de las exportaciones, debido a años de menor producción, descenso de los precios internacionales y aumento de la producción de bioetanol, en 2015 los valores de las ventas externas registran una recomposición del 83%.

- **Cemento**

En la tabla n°2.16. anexo tablas se observa la variación del consumo de cemento en el Chaco entre 2003 y 2013, si bien se debería analizar la producción de cemento de Jujuy con destino a Chaco no se disponen de datos.

El crecimiento en el consumo de cemento fue de 9%, sin embargo para pensar en un aumento en el transporte se deberá adecuar el ferrocarril para permitir el transporte a granel.

- **Limón y vino**

La elección del limón como nuevo producto se debe a que, Argentina es uno de los principales exportadores de limón según la Secretaria de Comercio Exterior y aproximadamente el 90% de la producción se concentran en Tucumán.

Del total de la producción el 65% del limón se industrializa, el 30% se exporta y el 5% se orienta al mercado interno.

En el caso del vino, si bien Salta es la cuarta provincia exportadora con una producción vitivinícola del 2% del total realizado en el país, la calidad del vino es muy buena por lo que se podría aumentar la exportación reduciendo los costos incorporando al ferrocarril como medio de transporte.

La evolución de la producción de vino en Salta y limón en Tucumán entre 2004 y 2013 se observa en la tabla n°2.17. del anexo tablas

Proyección de volúmenes de carga

Conociendo la producción que se genera en el área de influencia del anteproyecto, se ha desarrollado un tratamiento estadístico de la producción asociada durante el período 1995-2003 y 2004-2013.

Esto permitió proyectar por regresión lineal el volumen de dichas producciones al 2019 (año estimativo del inicio de obra), tabla nº2.18. del anexo tablas, información necesaria para determinar la demanda potencial del transporte de cargas por ferrocarril.

El método consiste en estimar la ecuación que explica la relación entre los volúmenes de producción y los años en que estos se producen:

$$y = a + bx$$

Dónde:
y= variable dependiente.
x= variable independiente.
Parámetro a= valor que toma la variable y, cuando x vale 0.
Parámetro b= pendiente de la recta.

1.2. Determinación de la demanda potencial de transporte

Sobre la base de los volúmenes de producción de interés determinados para el año 2019, se ha definido la demanda potencial del transporte ferroviario a través del ramal en estudio.

Se presentan dos escenarios esperados el de máxima que supone la captación de la totalidad de las cargas ubicadas en el área de influencia definida y un segundo escenario que supone un porcentaje de captación en función del producto.

Se opta por trabajar con el segundo escenario, es decir se transportara solo un porcentaje de la producción total.

A continuación se mencionan algunos criterios que se consideraron para el análisis del porcentaje de producción a transportar por producto:

- La producción de soja seguirá manteniendo protagonismo, que se vincula a su doble demanda como alimento y como biocombustible. Las proyecciones para el 2020, según Ministerio de Producción, arrojan un incremento de la producción en un 60%, por lo tanto se adopta transportar un 60% de la producción por ferrocarril y 40% por camión.

- En relación al maíz, segundo grado en importancia, para su producción también se estima un fuerte crecimiento, asociada a la incorporación de nuevas tecnologías y a su empleo como forraje para el engorde de ganado, en este caso se considera un transporte del 50%, para los casos del trigo y el girasol se considera un 30% cada uno.

- De la producción de azúcar se plantea transportar un 40% del total de la producción de azúcar de Tucumán, Jujuy y Salta cuyo destino será la exportación.

- De la producción de vino se busca transportar un porcentaje de la producción con fines de exportación por lo que considera un 15%.

- En el caso del limón se considera transportar la producción destinada al consumo interno debido a que el limón de exportación requiere conservar su calidad lo que no

resultaría práctico enviarlo por ferrocarril. En cuanto al limón para industrializar se envía a través de camiones ya que tienen recorridos cortos entre el lugar de producción y las diferentes industrias que procesan el mismo. Es decir se considera transportar el 5% de la producción total de limón.

En la tabla n°2.19. anexo tablas, se oberva la demanda potencial de transporte

La determinación de la demanda potencial en el horizonte de proyecto, se realiza teniendo en cuenta la tasa de crecimiento de la zona de influencia para poder proyectar la producción que circulará por la vía a lo largo de la vida útil.

1.2.1. Determinación de la tasa de crecimiento

Para la determinar la tasa de crecimiento se realiza un estudio socioeconómico de las provincias del área de influencia dentro de Argentina considerando una vida útil para nuestra obra de 30 años.

- Tasa de crecimiento de población

Sobre una serie histórica población se determinará un r_p. tabla n°2.20. anexo tablas

$$r_p = \left(\frac{P_f}{P_0}\right)^{1/n} - 1$$

Dónde:
P_f = último dato de la serie
P_0 = primer dato de la serie
N = número de años de la serie

- Tasa de crecimiento de producción

Se consideran solo los productos producidos por Argentina. Sobre una serie histórica de producción se determinará un r_{prod} tabla n°2.21. anexo tablas

$$r_{prod} = \left(\frac{p_{prod\ f}}{P_{prod\ 0}}\right)^{1/n} - 1$$

Dónde:
$P_{prod\ f}$ = último dato de la serie
$P_{prod\ 0}$ = primer dato de la serie
N = número de años de la serie

- Tasa de crecimiento de áreas sembradas por productos agropecuarios

Sobre una serie histórica de las áreas sembradas por productos agropecuarios se determinará un r_s. Ver tabla n°2.22 anexo tablas.

$$r_s = \left(\frac{P_{ssf}}{P_{ss0}}\right)^{1/n} - 1$$

Dónde:
P_{ssf} = último dato de la serie

P_{ss0} = primer dato de la serie
N = número de años de la serie

- Tasa de crecimiento de circulación de vehículos pesados

En este caso se analizan los vehículos pesados, porque se considera reemplazar el uso del camión por el del ferrocarril.

Para el análisis estadístico se considera el TMDA que se genera en un tramo de la RN nº 16 ubicado entre km 176,35 (Int. RNnº 89 - Avia Terai) y km 604,67 (Joaquín González – Salta) en correspondencia con el tramo del ferrocarril en estudio.

Sobre una serie histórica de la circulación de vehículos pesados se determinará un r_v. Tabla 2.23 del anexo tablas.

$$r_v = \left(\frac{P_{vf}}{P_{v0}}\right)^{1/n} - 1$$

Dónde:
P_{vf} = último dato de la serie
P_{v0} = primer dato de la serie
N = número de años de la serie

Finalmente en la tabla n°2.24. se determina la tasa de crecimiento para zona en estudio es:

Parámetros	Tasa de crecimiento	Tasa de crecimiento ponderado	
Población	0,01	50% rp	0,005
Producción	0,08	20% rprod	0,016
Área sembradas	0,1	20% rs	0,015
Vehículos pesados	0,05	10% rv	0,005
		r	**0,041**
		r (adoptado)	**4,00**

Tabla n°2.24. Determinación de tasa de crecimiento (fuente: elaboración propia, año: 2017).

1.2.2. Demanda potencial de transporte

La determinación de la demanda potencial en el horizonte de proyecto se ha realizado proyectando la producción con una tasa de crecimiento de 4% anual en el periodo 2019-2049. Los resultados se observan en la tabla 2.25 (anexo tablas).

1.2.3. Estacionalidad de la demanda potencial

Teniendo en cuenta el calendario de cosecha de productos agrícolas realizado por el Centro Tecnológico de Transporte, Transito y Seguridad Vial de la Universidad Tecnológica Nacional y el transporte mensual de los productos de años anteriores, datos aportados por el mismo centro, se definió un calendario de transporte, tabla n°2.26 (anexo tablas).

Con la información de las toneladas anuales producidas y sus respectivas estacionalidades se puede estimar la demanda de transporte para cada mes del año. Los resultados pueden observarse en la tabla n°2.27 (anexo tablas). Al analizar la tabla se concluye que entre enero y agosto se concentra la mayor producción, con picos máximos entre abril y junio. Sin embargo los resultados obtenidos están condicionados a los datos disponibles. Al realizar un análisis más detallado se podría obtener una estacionalidad más uniforme modificando los porcentajes de producción a transportar e incorporando otros productos, como porotos, minerales, otros materiales de construcción, etc.

Finalmente se adopta una **carga uniforme de 2.500.000 tn/mes**.

CAPÍTULO 3

Adecuación Hidráulica

En el presente capítulo, buscaremos definir el sistema de escurrimiento en la zona de nuestro anteproyecto, con el fin de localizar la dirección y recorridos del agua. Se diseñará el sistema de alcantarillado si este resultara necesario, para el control de las aguas de escurrimiento causado por una tormenta de diseño que conforma la entrada al sistema y que también deberá definirse, buscando mitigar los efectos adversos que pudieran generar las precipitaciones. A su vez, contemplaremos el diseño del sistema de desagües pluviales en el predio que ocupa la estación ferroviaria en la ciudad de Los Pirpintos.

Dividiremos el informe, que quedara conformado de la siguiente forma:

- Definición de las áreas de aporte, cauces y características fisiográficas.
- Determinación de la lluvia de diseño.
- Determinación de los caudales para la precipitación de diseño.
- Diseño de alcantarillas.
- Diseño de desagües pluviales en la estación Los Pirpintos.

1. Definición de las áreas de aporte, cauces y características fisiográficas

La zona en estudio posee una leve pendiente desde el noroeste hacia el sureste, la misma no cuenta con ríos, arroyos ni cauces de agua naturales, según lo expresado en el Capítulo 1, corresponde a la subunidad paleoabanico aluvial (Spa) del rio Salado de acuerdo a la denominación que realiza Cristina Prieto.

El área se encuentra surcada por numerosos paleocauces, debido a la orientación de las vías férreas la gran mayoría van paralelos a la misma, serán de nuestro interés aquellos paleocauces que pudieran intersectar la traza, y ocasionen en algún momento, el transporte de una escorrentía que haga necesario el alcantarillado.

Debido a la escasa pendiente de la zona la cual en promedio resulta en unos 0,44 m/km, las áreas de aporte como así también los cauces no se encuentran bien definidos. Una precipitación genera en la zona una lámina de agua que en su mayoría es absorbida por el terreno o retenido en depósitos naturales, el agua que no se infiltra, es absorbida o queda en depósitos, al no existir canales definidos es interceptada por las cunetas de las calles de tierra (que chocan al sentido de escurrimiento general) que actúan de cauces en estos casos. Finalmente el remanente de escorrentía que llega al a zona de vías es acumulado en puntos bajas, que por la pendiente general del terreno leve desde el noroeste hacia el sureste intenta pasar el terraplén de las vías férreas en dichos puntos.

1.1. Proceso de recopilación de información

La búsqueda de información se centró en un primer momento en hallar cartas topográficas de la zona y puntos de nivel, las curvas de nivel digitalizadas proporcionadas

por Instituto Geográfico Nacional (IGN) distan cada 10 m de cota, resultan una tendencia de las alturas y dirección que sigue el terreno ver gráfico n°3.1.

Gráfico n° 3.1. Curvas de nivel IGN (fuente: IGN, año: 2017).

De datos suministrados por la empresa adjudicataria de la licitación, no registran alcantarillas en la traza analizada. Por lo tanto no existen datos de alcantarillas ni sus dimensiones en la vía férrea. La RN Nº16 que se encuentra paralela a las vías, posee 4 alcantarillas según datos suministrados por la Dirección Nacional de Vialidad distrito Nº18.

Se recurrió a la recopilación de imágenes satelitales de la zona, las mismas de diferente lapso temporal y las cuales fueron tomadas de los satélites Landsat 7 y Landsat 8. Descargando de la plataforma virtual Land Viewer, además dicha página permite efectuar una combinación de bandas de colores que resalta las singularidades del terreno.

Las curvas de nivel del IGN se encuentran en Google Pro georreferenciadas a través de coordenadas geográficas, se transportó la serie de puntos al sistema de proyección Gauss-Krüger que divide a la República Argentina en 7 fajas, donde se localiza nuestra área de estudio corresponde a la faja número 4. La serie de puntos antes mencionada, fue procesada en el programa Surfer 13, el cual genera a partir de una serie de puntos mapas de isolíneas en nuestro caso curvas de nivel. Finalmente se volcaron las imágenes satelitales y las curvas de nivel en el programa AutoCAD, se retocaron las curvas obtenidas de programa Surfer 13 para que resultaran lógicas con la interpretación de las

imágenes satelitales, se sumó además algunos puntos de la nivelación de los perfiles de la traza.

1.2. Áreas de aporte y características de las mismas

Mediante el programa AutoCAD se localizaron y marcaron los paleocauces, que se observan en las imágenes satelitales, y a partir de estos los parteaguas delimitando de esta manera las áreas de aporte, se tuvo en cuenta que al ser un terreno de escasa pendiente los caminos rurales cortan el sentido de escurrimiento y funcionan también como parteaguas como se mencionó, las curvas de nivel además permiten ver zonas de mayor elevación indicando el sentido de escurrimiento.

Se delimito además las áreas de aporte que se ubican en la parte derecha de la vía (yendo sentido creciente de progresiva), cabe aclarar que debido a la orientación de la pendiente general del terreno dichas áreas no aportan a cauces o caminos que intersectan la traza, de igual manera se determinaran sus características.

De esta manera quedaron definidas las áreas de aporte, las que fueron nombradas de **C1 a C14**, ver gráfico nº 3.2.a. y gráfico n° 3.2.b. (planos n°1 y 2 del anexo planos). Para cada área de aporte, obtuvimos las características fisiográficas que se indican en la tabla n°3.1., donde se resumen los valores de área, longitud, cotas extremas y pendiente media.

Area de aporte	Área		Long.Cauce		Cotas (m)		Desnivel H		Pend. Media m/km
	m2	km2	m	mi	Inicial	Final	m	pie	
C1	11546262	11,55	2500	1,6	196,99	195,95	1,04	3,4	0,42
C2	13284135	13,28	4900	3,0	194,34	193,10	1,24	4,1	0,25
C3	23527967	23,53	7100	4,4	192,04	189,06	2,99	9,8	0,42
C4	27705771	27,71	6550	4,1	187,59	185,16	2,43	8,0	0,37
C5	42742937	42,74	4300	2,7	180,58	177,69	2,89	9,5	0,67
C6	11133371	11,13	3477	2,2	177,18	176,07	1,11	3,6	0,32
C7	20868463	20,87	2500	1,6	170,51	169,69	0,82	2,7	0,33
C8	2951879	2,95	4359	2,7	168,04	166,22	1,82	6,0	0,42
C9	54038684	54,04	12182	7,6	202,63	196,20	6,43	21,1	0,53
C10	53905022	53,91	14548	9,0	196,20	188,15	8,05	26,4	0,55
C11	41669772	41,67	10773	6,7	187,2	182,8	4,40	14,4	0,41
C12	35215595	35,22	8734	5,4	182,31	177,1	5,21	17,1	0,60
C13	24862119	24,86	9121	5,7	175,79	171,4	4,39	14,4	0,48
C14	23641378	23,64	11230	7,0	170,07	165	5,07	16,6	0,45

Tabla n°3.1. Características fisiográficas de las cuencas (fuente: elaboración propia; año: 2017).

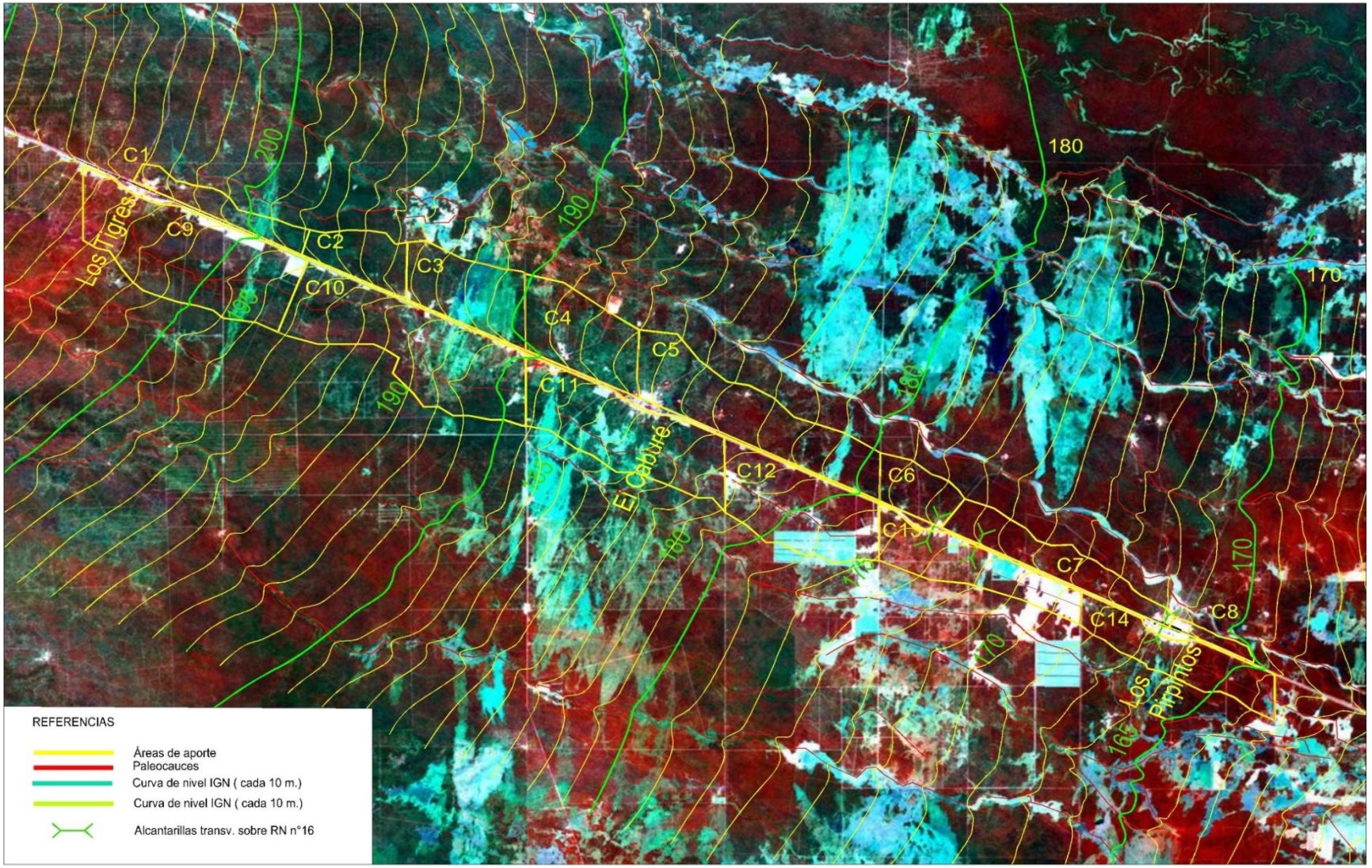


Gráfico n° 3.2.a. Delimitación de áreas de aporte (fuente: elaboración propia, año: 2017)

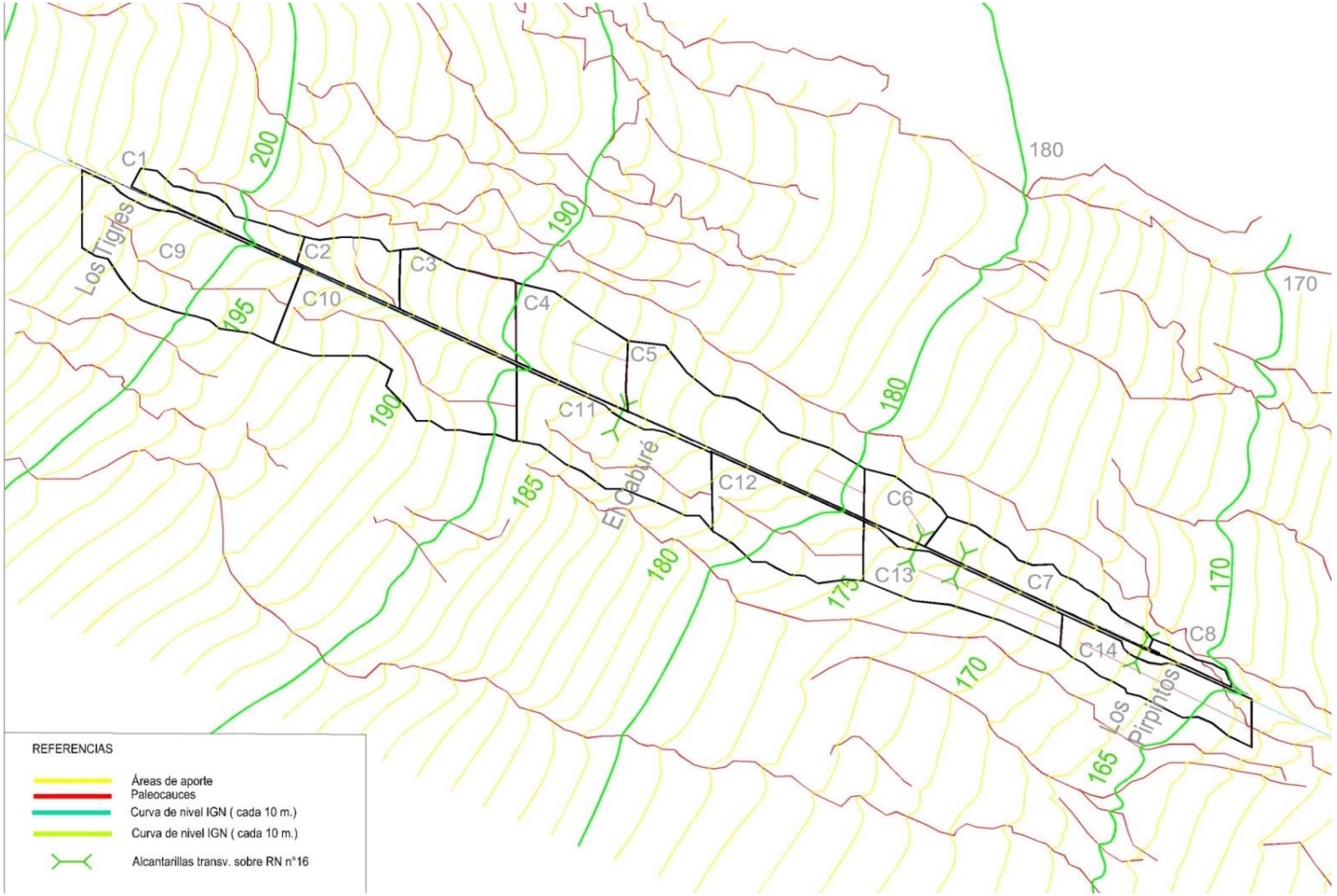


Gráfico n° 3.2.b. Delimitación de áreas de aporte (fuente: elaboración propia, año 2017).

2. Determinación de la lluvia de diseño

2.1. Cálculo del tiempo de recurrencia (TR) por diversos autores

"Diseñar contra el peor evento posible que puede ocurrir, es generalmente tan costosa que se puede justificar solamente cuando las consecuencias de una falla son especialmente graves" (Linsley, 1986, p281).

El tiempo de recurrencia (TR) que utilizaremos para determinar la tormenta diseño y luego dimensionar el sistema de alcantarillado, lo obtendremos recurriendo a los métodos empleados por Jarocki (en Cornero), Viessman (en Tucci); y la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1979.

Categoria de la via	Tiempo de recurrencia [años]		
	Terraplenes	Puentes	Alcantarillas
Autopistas urbanas	100	100	50
Rutas principales	50	50	25
Caminos vecinales	25	25	10
Caminos provisorios	10	10	5

Tabla nº3.2.Tiempo de recurrencia para el diseño de obras viales (fuente: W. Jarocki; Venezia, Cornero, Tomo 2)

Tipo de obra	Tiempo de Retorno [años]
Drenaje que atraviesa rutas de acuerdo con la intensidad del tráfico	10 a 50
Pista de aeropuerto	5
Obras de drenaje pluvial	2 a 10
Pequeños diques	2 a 50
Drenaje agrícola	5 a 50

Tabla nº3.3. Tiempo de retorno de proyecto para pequeñas obras hidráulicas (fuente: Viessman et al, año: 1977).

Parámetro	Calificación			Valor adoptado
	1	2	3	
Daño a las propiedades	bajo	medio	alto	1
Daño al camino	bajo	medio	alto	1
Pérdidas potenciales de vida	bajo	medio	alto	1
Altura del terraplén	< 6m	6m a 15m	> 15m	1
Costo de reconstrucción	bajo	medio	alto	1
T.P.D.A. (Tránsito Promedio Diario Anual)	< 100	100 a 750	> 750	-
Rutas alternativas	si	mala calidad	no	3
Sección de camino inundado	si	eventual	no	2
Caudales registrados mayores que el caudal para recurrencia de 50 años	ninguno	uno	varios	1
Valor estratégico	no	no	si	3
Efecto sobre la economía local	bajo	medio	alto	2
		Promedio ponderado		**1.6**

Tabla nº3.4. Clasificación y promedio ponderado para el tiempo de recurrencia TR (fuente: AASHTO, año: 1979)

Promedio Ponderado de la clasificacion	Rando del tiempo de recurrencia (TR)
1	10 - 25
2	25 - 50
3	más de 50

Tabla nº3.5: Rango tiempo de recurrencia (TR) según promedio ponderado. Fuente: AASHTO. Año 1979.

2.2. Análisis de los valores y elección final del TR

Se realizará una apreciación de los datos obtenidos por los tres métodos propuestos y una valoración de los mismos, para llegar a una conclusión respecto a que tiempo de recurrencia resulta el adecuado para nuestro anteproyecto.

El primer método del autor W. Jarocki divide el tiempo de recurrencia en categorías de caminos y tipo de obras de arte ver tabla nº3.2, siendo nuestra elección para la categoría del camino “rutas principales” y las obras “alcantarillas” arroja un TR=25 años.

Seguimos con el segundo método del autor Warren Viessman, define el TR de acuerdo al tipo de obra ver tabla nº3.3, en este caso tomaremos “drenaje que atraviesan rutas de acuerdo con el tráfico” con lo cual estamos en un rango de TR= 10 a 50 años.

Finalmente, por ultimo tenemos el método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), toma una serie de parámetros que deben ser tenidos en cuenta y otorga una calificación con un valor de 1, 2 y 3 para luego realizar un promedio ponderado de los mismos, tabla nº3.4, que en nuestro caso nos da un resultado de 1,6 con el cual ingresamos a la tabla nº3.5, mediante una interpolación lineal entre los valores de la tabla nº3.5 tendremos un TR≈25 años.

	Autor	TR (años)
1°	Jarocki	10-50
2°	Viessman	25
3°	AASHTO	25
	TR adoptado	**25 años**

Tabla nº3.6. Resultados de TR (fuente: elaboración propia, año: 2017).

El resumen de los valores de los tres métodos lo vemos en la tabla n°3.6, adoptaremos finalmente para nuestro caso un “tiempo de recurrencia” **TR=25 años**, ya que es el valor que cumple con los 3 métodos descriptos anteriormente.

2.3. Recopilación de datos pluviométricos

Para que el análisis probabilístico, arroje resultados útiles, la serie de datos debe ser significativa, es decir, esta debe estar relacionada directamente a nuestro problema, corresponder a la zona de estudios y poseer una longitud adecuada y datos continuos.

Según lo expuesto por Linsley (1986), con un registro de una longitud temporal de 20 años existe una probabilidad de 80% que los valores sean sobrestimados, debido a esto no resulta conveniente utilizar series de datos con una longitud inferior a los 20 años.

Tomaremos como consigna lo antes expuesto para la selección final de la serie. Procedimos a la recopilación de información de precipitación diaria, la búsqueda se centró en la zona del anteproyecto, abarcamos las provincias de Santiago del Estero como también el noreste del Chaco.

Los datos proceden de diferentes fuentes las estaciones y sus posiciones geografías se detallan en la tabla n°3.7. y en la grafico n°3.3., de la longitud de las series hablaremos en la elección final de la estación.

Estacion	Ubicación		Serie de datos	Fuente
	Latitud	Longitud		
Monte Quemado	25°49'14.92"S	62°49'29.17"O	2010 - 2017	INTA
El Arenal	26°12'60.00"S	63°45'0.00"O	1958 - 1983	Subsecretaria de Recursos Hidricos
Sachayoj	26°27'50.40"S	61°48'54.00"O	2010 - 2017	INTA
Campo del Cielo	27°40'32.41"S	61°40'46.36"O	1978 - 2003	Dep. Hidraulica-Facultad Ingenieria UNNE
La Nena	28°27'6.84"S	61°50'12.84"O	1978 - 2003	Dep. Hidraulica-Facultad Ingenieria UNNE

Tabla nº3.7: Estaciones Meteorológicas de la zona (fuente: elaboración propia, año 2017).

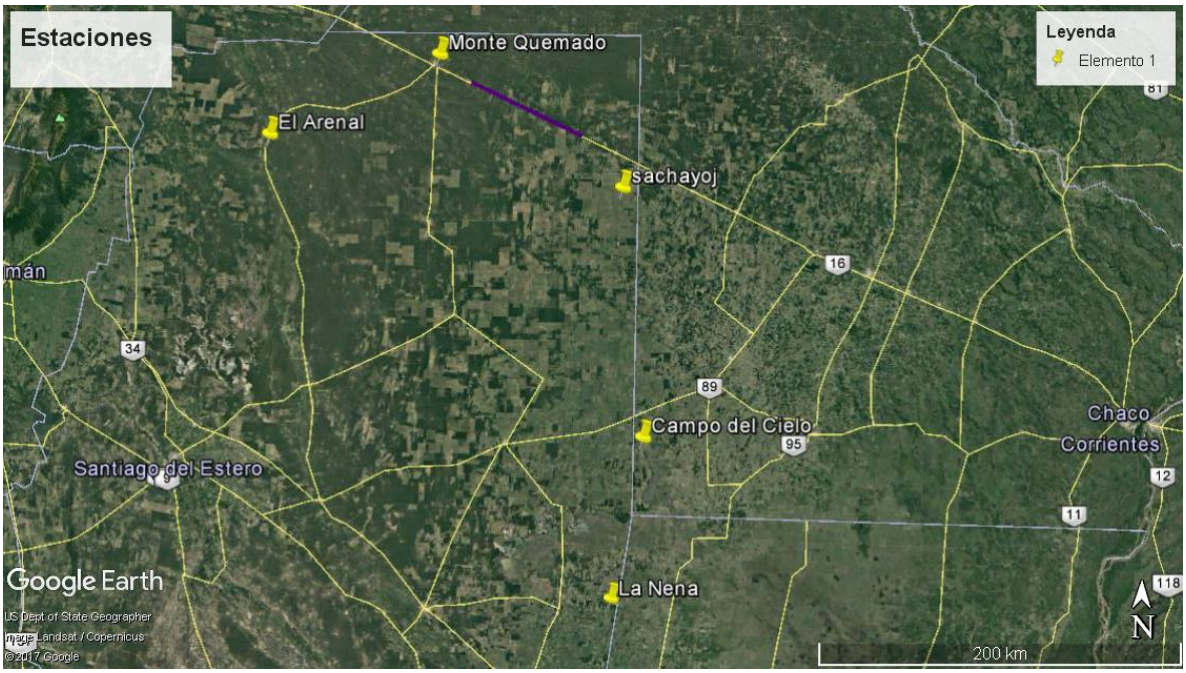


Gráfico nº3.3. Ubicación geográfica de la obra y estaciones meteorológicas (fuente: elaboración propia mediante Google earth, año: 2017).

2.4. Elección de la estación

Descripción de las estaciones:

- Monte Quemado: corresponde a una estación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), del tipo automática, los datos fueron extraídos de la plataforma virtual del INTA, la serie es ininterrumpida desde el 2010 al 2017 total de 7 años de datos diarios. Se encuentra a una distancia aproximada de 70 km del baricentro de la obra.
- El Arenal: forma parte de la red Hidrometerológica Nacional, se encuentra junto al río Salado, los datos fueron extraídos de la plataforma virtual de la Subsecretaria de Recursos Hídricos, la serie va del 1958 al 1983 son 25 años con un faltante 3 años. Se encuentra una distancia aproximada de 145 km del baricentro de la obra.

- Sachayoj: corresponde a una estación de Establecimiento El Toba de Martin Hnos., es una estación del tipo automática, los datos fueron extraídos de la plataforma virtual del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la serie es ininterrumpida desde el 2010 al 2017 total de 7 años. Se encuentra una distancia aproximada de 60 km del baricentro de la obra.
- Campo del Cielo: Los datos fueron suministrados por el Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería UNNE la serie va desde el año 1978 al 2003, 25 años con un faltante de 1 año. Se encuentra una distancia aproximada de 180 km del baricentro de la obra.
- La Nena: Los datos fueron suministrados por el Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería UNNE la serie va desde el año 1978 al 2003, 25 años con un faltante de 1 año. Se encuentra una distancia aproximada de 270 km del baricentro de la obra.

Observando el gráfico n°3.3. en primer medida se descarta la estación La Nena por encontrarse a mayor distancia que las demás, de las cuatro estaciones restantes solo dos de ellas poseen una muestra superior las 20 años por lo que solo nos quedaran El Arenal y Campo del Cielo como posible elección, El Arenal tiene como se dijo un faltante de 3 años además sus datos no son actuales ya que dejo de funcionar en el año 1983. Debido a lo expuesto concluimos que la mejor elección será la estación **Campo del Cielo** de la cual tomaremos los datos de precipitación diaria para calcular la tormenta de diseño.

2.5. Altura de precipitación para el tiempo de recurrencia (TR)

Seleccionada la estación con la cual trabajaremos, con la muestra de la variable hidrológica de dicha estación (Campo del Cielo) se buscaran los valores de precipitaciones medias máximas diarias ver tabla n°3.8., sobre los datos se realizará un estudio estadístico, seleccionando para ella la función de Distribución de Gumbel.

Año	PDMM (mm)
1978	83
1979	92
1980	160
1981	-
1982	62
1983	86
1984	70
1985	96
1986	43
1987	148
1988	73
1989	171
1990	74
1991	100
1992	96
1993	65
1994	94
1995	30
1996	59
1997	89
1998	74
1999	92
2000	65
2001	93
2002	70
2003	72

Tabla n°3.8. Series de precipitaciones medias máximas diarias estación Campo del Cielo (fuente: Departamento de Hidráulica Facultad de Ingeniería UNNE, año: 2017).

Método de Gumbel

"Los valores extremos son valores máximos o mínimos seleccionados de conjuntos de datos, se ha demostrado que la distribuciones de valores extremos seleccionados de un conjunto de muestras de cualquier distribución de probabilidad convergen en una de las tres formas de distribuciones de valor extremo, llamadas tipo I, II y III. Las propiedades de las formas limitantes fueron desarrolladas por Gumbel (1941) para la distribución de valores extremos tipo I" (Ven Te Chow, 1994, p387).

Mediante la aplicación del método, relacionaremos los valores de tiempo de recurrencia (TR), con los de la variable hidrológica analizada, precipitaciones medias máximas diarias. Gumbel define la probabilidad de ocurrencia de un valor mayor o igual al analizado mediante la siguiente expresión.

$$P(P) = 1 - e^{-e^{-y}}$$

y: variable reducida de Gumbel
e: base de los logaritmos naturales

La variable reducida "y" se obtiene con la expresión:

$$y = \alpha \cdot (P - Po)$$

De la cual los parámetros α y Po son parámetros que permiten el ajuste la serie de datos.

$$\alpha = \frac{1}{0{,}78 \cdot \sigma} \qquad\qquad Po = \overline{P} - \frac{0{,}557}{\alpha}$$

σ: desvió estándar de la muestra
ṗ: media

Se procede a ordenar la serie de mayor a menor, con los valores α y Po se efectúa el cálculo de la variable reducida "y"; y con esta se halla la probabilidad, aplicando la función para probabilidad de Gumbel, luego los tiempos de recurrencia correspondientes. Ver tabla n°3.9.

La altura de precipitación para el tiempo de recurrencia TR=25 años, se obtienen partiendo del tiempo de recurrencia obteniendo P (25), en este la variable reducida "y" y mediante α y Po finalmente la altura de precipitación ver tabla n°3.10.

$$P(P) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad \rightarrow \quad y = -ln\{-ln[1 - P(P)]\}$$

$$y = \alpha \cdot (P - Po) \quad \rightarrow \quad P = \frac{y}{\alpha} + Po$$

N°orden	Precipitación(mm)	Variable reducida y	Probabilidad P(p)	Tiempo de Retorno TR=1/P(p) (años)
1	171	3,909	0,019856269	50
2	160	3,476	0,030442954	33
3	148	3,004	0,048359983	21
4	100	1,116	0,279322434	4
5	96	0,971	0,315285797	3
6	96	0,959	0,318450243	3
7	94	0,880	0,339507417	3
8	93	0,824	0,355038431	3
9	92	0,814	0,358007074	3
10	92	0,801	0,361556274	3
11	89	0,672	0,399915749	3
12	86	0,565	0,433446171	2
13	83	0,456	0,469414092	2
14	74	0,110	0,59165097	2
15	74	0,093	0,597871792	2
16	73	0,071	0,605978468	2
17	72	0,033	0,619838141	2
18	70	-0,064	0,655696613	2
19	70	-0,069	0,657617065	2
20	65	-0,261	0,726925129	1
21	65	-0,277	0,732531107	1
22	62	-0,379	0,767904687	1
23	59	-0,513	0,81168537	1
24	43	-1,126	0,954236582	1
25	30	-1,638	0,994162874	1

Parametros Estadisticos	
Media	86,30
Desv. Estandar	32,59
α	0,039
x0	71,63

Tabla n°3.9. Ajuste de la probabilidad mediante método de Gumbel (fuente: elaboración propia, año 2017).

Precipitacion para TR=25 años	
$P_{(25años)}$	0,04
y	3,198534261
p(mm)	153

Tabla n°3.10. Ajuste de probabilidad para un tiempo de recurrencia de TR=25años (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Concluyendo el trabajo estadístico, llegamos a un valor de precipitación igual a **153 mm** para el TR = 25 años, con esta altura de precipitación nos basaremos para efectuar la determinación de los caudales con los cuales se dimensionaran las alcantarillas de ser necesarias.

3. Determinación de los caudales para la precipitación de diseño

La normativa que rige a los estudios hidráulicos, especificados en los reglamentos de la Comisión Nacional de Regulación del Trasporte (CNRT), en el apartado para vías y obras, referente a normativas ferroviarias, figuran en la norma Instrucción Técnica Sobre Estudios de Hidrología de Crecida (I GVO OA 004).

La norma específica que: “Cuando no se poseen datos del hidrograma de crecidas de la cuenca en estudio, pero sí de las condiciones pluviométricas en uno o varios puntos de la misma, se utilizarán los métodos hidrometeorológicos sintéticos, que brindan relaciones simplificadas entre lluvias y escurrimiento. Son aplicables en cuencas relativamente pequeñas, debiendo subdividirse la misma cuando se trate de grandes superficies. Resultan particularmente útiles para el diseño de alcantarillas y obras de drenaje. Se cuentan entre ellos el método racional, el método del hidrograma triangular sintético, el método del hidrograma sintético de Synder y otros.” (I GVO OA 004; 1990; p2).

Utilizaremos en este trabajo, para el análisis de caudales el Método del servicio de conservación de suelos (SCS).

3.1. Aplicación de método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS)

- **Volumen de escorrentía neta o en exceso (Q)**

Queda definido por la ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0{,}2 \cdot S)^2}{(P + 0{,}8 \cdot S)}$$

Dónde:
Q: volumen de escorrentía en mm.
P: precipitación de diseño en mm.
S: retención máxima posible en mm.

Siendo la retención máxima posible (S) función del número de curva (NC):

$$S(mm) = 254\,.\,\left(\frac{100}{NC} - 1\right)$$

Dónde:
S: retención máxima posible en mm.
NC: número de curva.

Además se determinó el volumen de escorrentía directo:

$$Qd = \mathrm{Q} * \mathrm{A}$$

Dónde:
A: área de la cuenca m2.
Q: volumen de escorrentía mm.

- **Determinación del número de curva (NC)**

Para determinar el NC de cada cuenca realizamos una estimación de los usos y aprovechamientos del suelo en las mismas, tipo de práctica con la que se cultiva, si existiera, y las condiciones hidrológicas del terreno y tipo de suelo. Nos basamos en las tablas que figuran en el libro Pequeños Embalses de Uso Agrícola de Rafael Dal-Ré Tenreiro año 2003 y que incluiremos en el anexo tablas gráfico nº3.4.

Se tomó como condición de humedad antecedente (precipitación durante los cinco días anteriores) la *CONDICION II* que corresponde a una humedad media del suelo.

Dividimos al uso del suelo en cuatro tipos predominantes: *Montes con pastos (explotación ganadera forestal), caminos de tierra, pastizales y caseríos*. Mediante imágenes satelitales identificamos el porcentaje de la cuenca ocupado por la división y hallamos un valor medio de NC en cada cuenca, mediante un promedio ponderado.

$$\mathrm{NC} = \frac{\sum NCi\ .\ Ai}{A}$$

Dónde:
A: área de la cuenca m^2.
Ai: área del uso del suelo en la cuenca m^2.
NCi: número de curva asignado a uso del suelo.
NC: número de curva medio.

El grupo hidrológico que tomaremos será el *GRUPO B* ya que este nos ofrece menor escorrentía y ajusta mejor a nuestro anteproyecto, debido a las características geográficas de la zona. La iteración en la búsqueda de un resultado de escorrentía (Q) que ajuste de una mejor manera a las características de nuestras cuencas nos llevó a tomar como grupo hidrológico al grupo A, ya que los resultados con otros grupos no condicen con la lógica y arrojan valores fuera de los coherentes. Como condición hidrológica para la infiltración consideramos una condición regular.

Los Resultados de cada cuenca los podemos ver en el anexo tablas, tabla nº3.11.

- **Parámetros característicos del hidrograma**

El hidrograma sintético del SCS expresa la relación del caudal (Q) con respecto al caudal pico (qp) y al tiempo de ocurrencia del pico (tp) en el hidrograma unitario. Los valores de qp y tp pueden determinarse utilizando un modelo simplificado de un

hidrograma triangular, como el indicado en la gráfico nº3.4., tal como se indican en las siguientes expresiones:

$$qp = \frac{0{,}208 * A * Q}{tp}$$

Dónde:
A: área km2.
Q: escorrentía mm.
tp: tiempo pico h.
qp: Caudal pico m3/s.

Sugiere además que el tiempo de recesión tr puede considerarse igual a 1,67 de tp; indicando además que el tiempo al pico o de retardo tp puedo considerarse como 0,70 de tiempo de concentración (tc).

$$tp = 0{,}7.tc \qquad tu = \frac{tP}{4}$$

El tiempo de concentración “tc” puede ser calculado por la ecuación de Kirpich:

$$tc = (\frac{11{,}9 \cdot L^3}{H})^{0{,}385}$$

Dónde:
L: longitud del curso en millas.
H: desnivel en pies.
tc: tiempo de concentración en h.

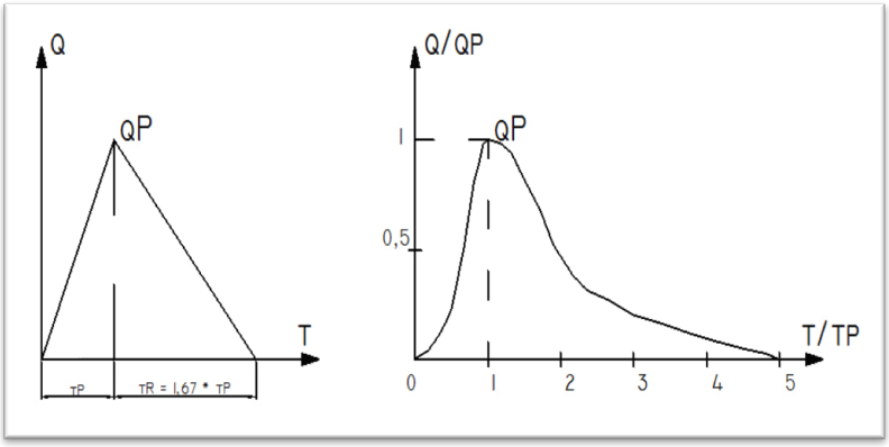


Grafico nº3.4. Hidrograma triangular sintético del Servicio de Conservación de Suelos SCS (fuente SCS).

- **Estimación de precipitación máxima compatible con el tiempo de concentración**

Debido a que los tiempos de concentración (tc) de las áreas de aporte en estudio son menores a 24 hs. Se trabajara para estimar la altura de precipitación para los distintos tiempos de concentración.

Contamos con datos pluviógraficos de la provincia de Entre Ríos ya que no poseemos datos de la zona en estudio, de igual manera estos resultan consistentes, ya que se encuentran en la región. Tomaremos la ciudad de Paraná ya que resulta la más cercana al proyecto.

A cada zona de homogeniedad meteorológica se le atribuye el mismo patrón de distribución temporal de la lámina total precipitada caracterizada por los cocientes rd/24 entre láminas de distinta duración d (min) con respecto a la precipitación de 24 hs y por la relación RT=P24hs/Pmax diaria. Los cocientes rd/24 se obtienen de la relación I-D-T representativa de la región de homogeneidad meteorológica.

La relación RT incorpora al análisis la diferencia que existe entre el día pluviométrico o pluviográfico (generalmente con hora de inicio y fin de registros predeterminadas) y el intervalo móvil de 24 hs que abarca las máximas intensidades de tormentas.

Es decir que en una localidad donde puede estimarse la precipitación máxima diaria (Pmax diaria), las láminas (hd) correspondientes a duraciones menores a 24 hs, pueden obtenerse afectando a la precipitación máxima diaria (Pmax diaria) por los coeficientes RT y rd/24.

$$hd(mm) = \left(\frac{rd}{24}\right) xRTxP_{24}$$

Dónde:
rd/24hs: relación entre la duración y la precipitación de 24 hs.
RT: defenecía entre el día pluviométrico y el intervalo de 24hs de la Pmax

Se obtuvo los valores de altura de precipitación hd (ver tabla n°3.11) empleando la ecuación antes descripta y para duraciones de evento que resulta iguales a los tiempos de concentración hallados para las áreas **C1 a C14**. Los valores de RT y rd/24 (interpolados) fueron obtenidos de las tablas n°3.12 y tabla n°3.13.

Area de aporte	Tiempo de concentración (tc)		RD	rd/24	hd25 años (mm)	hd50 años (mm)
	hs	min				
C1	2,69	161	1,15	0,49	86	96
C2	5,47	328		0,63	111	124
C3	5,98	359		0,65	114	128
C4	5,90	354		0,64	113	126
C5	3,40	204		0,53	93	104
C6	3,84	230		0,55	97	108
C7	2,95	177		0,5	88	98
C8	4,13	248		0,56	99	110
C9	8,31	499		0,72	127	142
C10	9,36	561		0,74	130	146
C11	8,34	501		0,72	127	142
C12	6,14	368		0,66	116	130
C13	6,89	413		0,68	120	134
C14	8,29	497		0,72	127	142

P25(mm)	153
P50(mm)	171

Tabla n°3.11 Valores de precipitación de diseño hd. Fuente: Elavoracion Propia. Año: 2017.

Localidad	RT
Concordia	1,16
Concepción del Uruguay	1,14
Paraná	1,15

Tabla n°3.12 Diferencia que existe entre el día pluviométrico y el pluviográfico. Fuente: Procedimientos para la estimación de tormentas de diseño para la provincia de Entre Rios.

	Duración (minutos)								
Localidad	10	30	60	90	120	180	360	720	1440
Concordia	0,18	0,29	0,38	0,43	0,47	0,54	0,66	0,82	1,00
C. del Uruguay	0,20	0,35	0,45	0,51	0,55	0,61	0,73	0,85	1,00
Paraná	0,16	0,27	0,35	0,41	0,45	0,51	0,65	0,80	1,00

Tabla n°3.13 Relación (rd/24) de los fluviógrafos de Entre Ríos. Fuente: Procedimientos para la estimación de tormentas de diseño para la provincia de Entre Rios.

3.2. Resultados

Los resultados de la aplicación de método del SCS se detallan en la tabla nº3.15., cabe aclarar para el diseño de alcantarillado son tenidos en cuenta los caudales de las áreas **C1 a C9,** las restantes áreas generan una escorrentía que no se dirige hacia las vías.

Se afectaron los valores de caudales por un valor de 0,50. Este valor surge de considerar como se mencionó la escasa pendiente la cual genera depósitos o agua sin movimiento que provoca que no toda la escorrentía que genera el área de aporte llegue a la salida, solo una parte del área aportara al sistema la cual consideramos como la mitad de la misma.

Además del caudal para una precipitación con un tiempo de recurrencia de TR 25 años se calcularon los caudales para un TR de 50 años los cuales utilizáramos en cada caso para dimensionar el sistema de alcantarillado y realizar una confrontación del mismo en el diseño de las alcantarillas.

Área de aporte	Área		Long.Cauce		Cotas (m)		Desnivel H		Pend. Media m/km	CN	S (mm)	Q25 (mm)	Q50 (mm)	Escorrentia de aporte	Tiempo de concentración(h)	Tp=0,7* Tc (h)	qp25 (m3/s)	qp50 (m3/s)
	m2	km2	m	mi	Inicial	Final	m	pie										
C1	11546262	11,55	2500	1,6	196,99	195,95	1,04	3,4	0,42	45	310	1,74	3,41	0,50	2,7	1,9	1,1	2,2
C2	13284135	13,28	4900	3,0	194,34	193,10	1,24	4,1	0,25	46	298	7,51	11,39	0,50	5,5	3,8	3,0	4,5
C3	23527967	23,53	7100	4,4	192,04	189,06	2,99	9,8	0,42	42	351	4,95	8,14	0,50	6,0	4,2	1,3	2,6
C4	27705771	27,71	6550	4,1	187,59	185,16	2,43	8,0	0,37	42	351	4,58	7,63	0,50	5,9	4,1	2,2	4,0
C5	42742937	42,74	4300	2,7	180,58	177,69	2,89	9,5	0,67	42	351	1,43	3,02	0,50	3,4	2,4	2,7	5,6
C6	11133371	11,13	3477	2,2	177,18	176,07	1,11	3,6	0,32	46	298	4,11	6,79	0,50	3,8	2,7	2,4	3,7
C7	20868463	20,87	2500	1,6	170,51	169,69	0,82	2,7	0,33	47	286	2,97	5,14	0,50	2,9	2,1	3,1	5,4
C8	2951879	2,95	4359	2,7	168,04	166,22	1,82	6,0	0,42	47	286	5,19	8,23	0,50	4,1	2,9	0,6	1,0
C9	54038684	54,04	12182	7,6	202,63	196,20	6,43	21,1	0,53	42	351	7,85	12,09	0,50	8,3	5,8	5,7	9,3
C10	53905022	53,91	14548	9,0	196,20	188,15	8,05	26,4	0,55	46	298	13,51	19,21	0,50	9,4	6,5	2,2	4,3
C11	41669772	41,67	10773	6,7	187,2	182,8	4,40	14,4	0,41	48	275	14,80	20,71	0,50	8,3	5,8	1,9	3,7
C12	35215595	35,22	8734	5,4	182,31	177,1	5,21	17,1	0,60	52	234	15,78	21,65	0,50	6,1	4,3	2,6	4,8
C13	24862119	24,86	9121	5,7	175,79	171,4	4,39	14,4	0,48	54	216	19,92	26,66	0,50	6,9	4,8	4,8	7,2
C14	23641378	23,64	11230	7,0	170,07	165	5,07	16,6	0,45	54	216	23,21	30,72	0,50	8,3	5,8	5,7	8,1

Tabla nº3.14. Resultados de cálculo de caudales por el Método del Servicio de Conservación de Suelos SCS (fuente: Elaboración propia, año: 2017)

4. Diseño de alcantarillado

Al construirse el terraplén de la vía generara en los puntos donde intersecta a los cauces una interrupción en el escurrimiento, por lo que debe colocarse alcantarillas para permitir el paso del agua, la dimensiones de dichas alcantarillas dependerán del caudal. Buscaremos definir las dimensiones necesarias para que no se produzcan inconvenientes en la traza.

Para el diseño optaremos por elegir una alcantarilla tipo, prefabricada de sección rectangular ver plano nº3.1 en anexo 3, elegiremos las dimensiones que cumplan con las condiciones que fijaremos a continuación.

4.1. Tipo de Estructura y característica de la embocadura

La alcantarilla son prefabricada tipo pórtico, construidas en hormigón armado H-30 y acero ADN420, son módulos que se conectan para lograr la longitud deseada y secciones variables con alas a 45° en planta, ver imagen n°3.1., el encastre debe realizarse en sentido de la corriente como figuran en los planos n°3 del anexo plano.

Imagen n°3.1. Alcantarilla tipo (fuente: Manual integral de vías, año: 2012).

4.2. Cálculo del tirante crítico

En el estado crítico tendremos que la velocidad crítica resulta:

$$\mathrm{Vc} = \sqrt{\mathrm{g} \cdot \mathrm{y_c}}$$

Mediante ecuación de continuidad sabemos:

$$\mathrm{Vc} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{Ac}} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{B}} \cdot \mathrm{yc} \qquad \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{B} \cdot \mathrm{yc}} = \sqrt{\mathrm{g} \cdot \mathrm{y_c}} \qquad \frac{\mathrm{Q}^2}{\mathrm{B}^2 \cdot \mathrm{yc}^2} = \mathrm{g} \cdot \mathrm{yc}$$

$$\mathrm{yc} = \sqrt[3]{\frac{\mathrm{Q}^2}{\mathrm{B}^2 \cdot \mathrm{g}}}$$

Dónde:
Vc: Velocidad crítica
Q: caudal
yc: tirante crítico
g: gravedad
Ac: sección crítica
B: ancho de canal

Si comparamos los valores de yc con los de la altura de agua a la salida Hs sabremos si estamos en estado crítico (yc<Hs) o no (yc>Hs).

4.3. Cálculo de la pendiente crítica

Despejaremos la pendiente crítica Sc de la ecuación Manning tenemos:

$$Vmáx = \frac{1}{n} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Por lo tanto, en estado crítico, tendremos:

$$Vc = \frac{1}{n} \cdot Rhc^{\frac{2}{3}} \cdot Sc^{\frac{1}{2}}$$

$$Sc = \frac{Vc^2 \cdot n^2}{Rc^{4/3}}$$

Dónde:
Vc: velocidad critica

$$Vc = \frac{Q}{Ac} = \frac{Q}{B \cdot yc}$$

Rc: radio hidráulico

$$Rc = \frac{Ac}{Pc} = \frac{B \cdot yc}{B + 2 \cdot yc}$$

Q: caudal
yc: tirante crítico
g: gravedad
Ac: sección crítica
B: ancho de canal
n: número de Manning para hormigón corresponde 0,012

Si comparando los valores de So (pendiente del canal) y Sc (pendiente crítica); sabremos si la pendiente es crítica (Sc>So) o no (Sc<So).

4.4. Identificación del tipo flujo

El caudal en la alcantarilla puede estimarse por la ecuación:

$$Q = C \cdot Ac \cdot \sqrt{2g(Hr - yc)}$$

Según Bodhaine C: 0,95 para F: 1; despejando el tirante de agua a la entrada Hr será:

$$Hr = \frac{Q^2}{C^2 \cdot Ac^2 \cdot 2g} + yc$$

El flujo en la alcantarilla variaría dependiendo de las dimensiones, el caudal, las condiciones de entrada y salida, y pendiente pudiendo llegar a funcionar a superficie libre o bajo presión. Tomaremos la sección que nos garantice un flujo a superficie libre en la alcantarilla, la cual definiremos con las ecuaciones antes mencionadas.

4.5. Criterios para el dimensionamiento

Se calculan los valores de tirante crítico (yc), y se los compraron con los valores de tirante a la salida (Hs). Para poder definir la profundidad de la corriente a la salida del conducto (hs), es necesario poseer una capacidad de juicio y experiencia de ingeniería para evaluar las posibles profundidades aguas abajo durante las crecidas y debiera realizarse una inspección en el lugar para determinar posibles secciones de control aguas abajo y hallar los niveles correspondientes. Como no contamos con dichos datos se fijaran valores hs25=0,3m y hs50=0,5m estimativos debido a la poca pendiente del terreno.

Para obtener la pendiente crítica (Sc) se determinaron primero los valores de radio hidráulico (Rc) y velocidad para la condición crítica (Vc); posteriormente estos resultados fueron cotejados con los valores de pendiente en el conducto (So).

Se adopta como condición de trabajo de las alcantarillas, que la profundidad de agua no deberá superar la altura de la alcantarilla para caudales de TR: 25 años, un máximo 1,5 veces la altura de la alcantarilla (Hradm=1,5*H) para caudales de TR: 50 años; éstas no funcionaran ahogadas, de esta manera se tiene condición de flujo a superficie libre. Las alcantarillas, debido a la escasa pendiente del terreno funcionan como un canal de pendiente suave en régimen subcrítico, en la salida se tendrá un tirante crítico.

Buscando cumplir las condiciones antes mencionadas se adoptaron las secciones necesarias, en algunos casos repitiendo secciones hasta obtener los resultados para los caudales de la tormenta de diseño de TR 25 años, además procedimos a verificar el sistema de alcantarillado propuesto para un caudal de diseño de TR igual a 50 años. Los resultados figuran en la tabla n°3.15.

Área de aporte	caudal q25(m3/s)	Dimensiones		Gravedad g (m/s2)	Numero de luces iguales	Tirante a la salida estimado Hs(m)	Altura critica yc(m)	¿yc>Hs?	Radio hidráulico critico Rc (m)	Velocidad critica Vc (m/s)	Numero de Manning n	Pendiente critica Sc(m/m)	Pendiente de alcantarilla So(m/m)	¿So>Sc?	Altura de agua en la embocadura Hr(m)	Hr/H	Hr/H<1	Tipo de Flujo
		ancho B (m)	alto H (m)															
C1	1,1	1	1	9,81	1	0,3	0,50	SI	0,25	2,22	0,012	0,0045	0,00042	no	0,76	0,76	SI	Tipo II
C2	3,0	2	1		1	0,3	0,62	SI	0,38	2,46		0,0032	0,00025	no	0,94	0,94	SI	Tipo II
C3	1,3	1	1		1	0,3	0,56	SI	0,26	2,34		0,0047	0,00042	no	0,85	0,85	SI	Tipo II
C4	2,2	2	1		1	0,3	0,50	SI	0,33	2,21		0,0031	0,00037	no	0,76	0,76	SI	Tipo II
C5	2,7	2	1		1	0,3	0,57	SI	0,36	2,36		0,0031	0,00067	no	0,86	0,86	SI	Tipo II
C6	2,4	2	1		1	0,3	0,52	SI	0,34	2,26		0,0031	0,00032	no	0,80	0,80	SI	Tipo II
C7	3,1	2	1		1	0,3	0,63	SI	0,39	2,48		0,0032	0,00033	no	0,96	0,96	SI	Tipo II
C8	0,6	1	1		1	0,3	0,34	SI	0,20	1,84		0,0041	0,00042	no	0,52	0,52	SI	Tipo II

Área de aporte	caudal q50(m3/s)	Dimensiones		Gravedad g (m/s2)	Numero de luces iguales	Tirante a la salida estimado Hs(m)	Altura critica yc(m)	¿yc>Hs?	Radio hidráulico critico Rc (m)	Velocidad critica Vc (m/s)	Numero de Manning n	Pendiente critica Sc(m/m)	Pendiente de alcantarilla So(m/m)	¿So>Sc?	Altura de agua en la embocadura Hr(m)	Hr/H	Hr/H<1,5	Tipo de Flujo
		ancho B (m)	alto H (m)															
C1	2,2	1	1	9,81	1	0,5	0,78	SI	0,31	2,77	0,012	0,0054	0,00042	no	1,20	1,20	SI	Tipo II
C2	4,5	2	1		1	0,5	0,81	SI	0,45	2,81		0,0033	0,00025	no	1,23	1,23	SI	Tipo II
C3	2,6	1	1		1	0,5	0,88	SI	0,32	2,93		0,0057	0,00042	no	1,34	1,34	SI	Tipo II
C4	4,0	2	1		1	0,5	0,74	SI	0,43	2,70		0,0033	0,00037	no	1,13	1,13	SI	Tipo II
C5	5,6	2	1		1	0,5	0,93	SI	0,48	3,02		0,0035	0,00067	no	1,42	1,42	SI	Tipo II
C6	3,7	2	1		1	0,5	0,70	SI	0,41	2,63		0,0032	0,00032	no	1,07	1,07	si	Tipo II
C7	5,4	2	1		1	0,5	0,91	SI	0,48	2,98		0,0035	0,00033	no	1,38	1,38	si	Tipo II
C8	1,0	1	1		1	0,5	0,60	SI	0,27	1,63		0,0022	0,00042	no	0,74	0,74	si	Tipo II

Tabla nº3.15. Dimensionamiento de alcantarillas (fuente: elaboración propia, año 2017).

4.6. Modelación del funcionamiento de alcantarilla C7 con el programa HY-8

En búsqueda de la sección óptima bajo las condiciones de funcionamiento antes mencionadas se realizó una modelación del funcionamiento de la alcantarilla que recibe un mayor caudal (C7), para verificar los resultados obtenidos anteriormente por las ecuaciones mencionadas.

El programa HY-8 fue desarrollado por Philip L. Thompson y fue entregada a la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA) para su distribución.

El ingreso de los datos en el programa se realiza a través de una ventana (corssing Date) que podemos ver en la imagen n°3.1., los valores ingresado corresponde a la alcantarilla C7 y la sección que se modela es la obtenida por el método analítico.

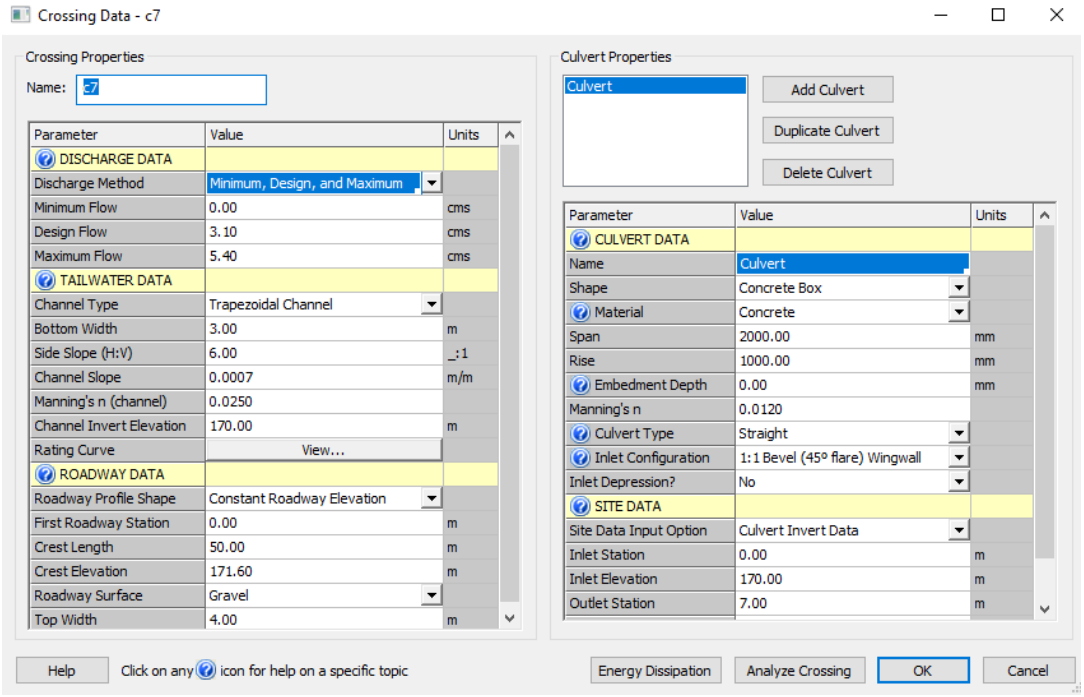


Imagen n°3.2. Programa HY-8 entrada de datos para modelación (fuente: elaboración propia año: 2017).

Como resultado, el programa ofrece un esquema trasversal del terraplén con su alcantarilla ver imagen n°3.3., con líneas azules nos muestra la altura del pelo de agua a la entrada, dentro de la alcantarilla y salida indicando el tipo de flujo que gobierna su funcionamiento. Para los caudales de diseño y caudal máximo que en nuestro caso son Q25 y Q50 respectivamente, podemos corroborar que se cumple el funcionamiento en flujo Tipo II previsto.

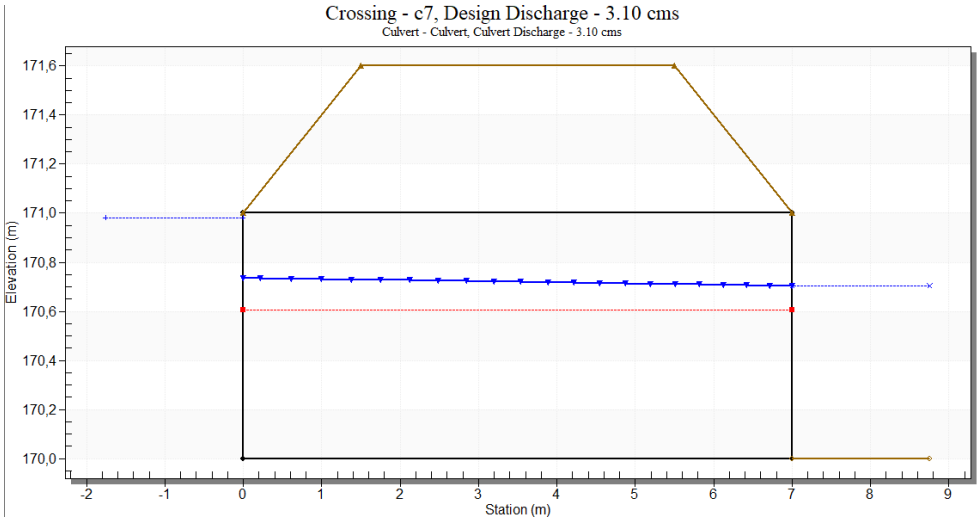


Imagen n°3.3. Esquema de funcionamiento alcantarilla C7 (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Además del esquema, el programa nos entrega una tabla y gráfica con los caudales y alturas que se alcanzara en la embocadura ver imagen n°3.4., comparamos con los valores de altura de embocadura Hr del método analítico la tabla n°3.15., los valores figuran en la tabla n°3.15., concluimos que las dimensiones previstas son las adecuadas ya que las dimensiones en este caso cumplen con las exigencias previstas.

	Caudal (m3/s)	Altura de agua en la embocadura Hr(m)	
		Analitico	HY-8
Q25	3,1	0,96	0,96
Q50	5,4	1,38	1,44

Tabla n°3.15. Valores comparados de método Analítico y programa HY-8 (fuente Elaboración Propia, año 2017).

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)
170.00	0.00
170.34	0.54
170.51	1.08
170.65	1.62
170.77	2.16
170.88	2.70
170.96	3.10
171.08	3.78
171.19	4.32
171.31	4.86
171.44	5.40
171.60	6.00

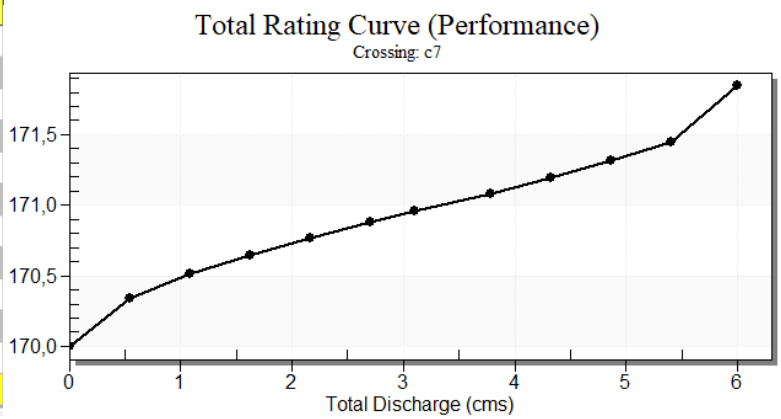


Imagen n°3.4. Tabla y gráfica de caudales y alturas que se alcanzara en la embocadura alcantarilla C7 (fuente: Elaboración Propia, año: 2017).

5. Desagües pluviales en la estación Los Pirpintos

Contemplaremos la necesidad realizar los desagües pluviales en la estación ferroviaria de la localidad Los Pirpintos, esta se encuentra dentro de la ciudad antes mencionada en un predio de más de 20 ha ver gráfico n°3.6. El predio cumple con diversas tareas las cuales resultan fundamentales para el correcto funcionamiento del ferrocarril como ser la acumulación de cargas, maniobras, talleres, aprovisionamiento etc. por lo que alejar los excedentes de precipitación resulta fundamental para mantener el correcto servicio.

Gráfico n° 3.6. Predio estación ferroviaria en Los Pirpintos-Santiago del Estero (fuente: Google Pro, año: 2017).

Contamos para el trabajo con una red de nivelación la cual nos indicará el sentido de escurrimiento y nos definirá las áreas que aportan caudal a nuestro sistema, con lo cual delimitaremos el lugar donde deba realizarse conductos o canales, sus dimensiones y pendientes.

5.1. Delimitación de las áreas de aporte en el predio

Las divisorias de aguas que definen las áreas de aporte al sistema de desagüe, se calcularon partiendo de la base que el movimiento del agua en el terreno se produce por gravedad yendo de puntos de mayor elevación a menores.

El proceso de delimitación se divide en dos partes, por un lado se indicaron mediante los puntos de nivelación el sentido se escurrimiento de las calles aledañas al predio y los badenes se orientaron de modo de alejar el escurrimiento proveniente de la ciudad (se

desconoce el sentido de escurrimiento de las calles de la ciudad este trabajo solo se remite al predio mencionado). La segunda parte comprendió determinar la dirección del escurrimiento dentro del predio, recurriendo a los puntos antes mencionados, la orientación está definida por las vías, estas resultan la línea más alto del predio lo dividen longitudinalmente en dos partes. Para mejorar el escurrimiento se construirán drenes en la zona de operaciones de vías férreas con el fin de contar con un sistema que aleje la acumulación de agua en las vías.

Mediante la delimitación del sentido de escurrimiento y los drenes dentro del predio definimos tres áreas de aporte A1, A2 y A3, los detalles de sus dimisiones, pendientes y longitud del curso de agua más largo figuran en la tabla n°3.16.

Los drenes (Di) que se colocarán entre las vías secundarias tendrán un área que aporta a ellos (ai), la cual definirá un caudal (qi), este caudal dependerá del caudal de aporte del área (Qi) los qi de cada área de aporte de drenes figuran en la tabla n°3.17.

$$\mathrm{qi}(m3/s) = \mathrm{ai}(ha) * \mathrm{Qi}(m3/s.ha)$$

5.2. Método racional

El método racional resulta el más utilizado para el diseño de alcantarillas por su simplicidad. El caudal se obtiene del producto de la intensidad de precipitación (ip) por el área de la cuenca y la relación entre el caudal y el caudal pico es el coeficiente de escorrentía (c).

$$\mathrm{Q} = \frac{\mathrm{c} * \mathrm{ip} * \mathrm{A}}{3{,}6}$$

Dónde:
Q: caudal de la subcuenca (m3/s).
ip: intensidad de precipitación (mm/h).
A: área subcuenca (km2).

Las hipótesis básicas, en la que descansa la teoría del método, según lineamientos clásicos son:

La intensidad de precipitación es constante durante el tiempo de concentración que es el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya al derrame, esto solo se cumple para tiempos de concentración pequeños, no obstante hasta tiempos de una hora la influencia de la desuniformidad es pequeña.

La intensidad de precipitación también debe ser la misma en toda la cuenca, la influencia de la desuniformidad resulta despreciable para superficies menores de 500 ha según (Rühle, 1966).

El coeficiente de escorrentía es constante, dependiendo solo de las características de la cuenca, suele objetarse considerando que es posible que cuando se produzca el evento la humedad antecedente sea tan reducida que no se originen un derrame máximo.

Nos basaremos en este método para determinar los caudales de las áreas de aporte delimitadas anteriormente, y procederemos a continuación con la obtención de los parámetros que intervienen en la ecuación antes mencionada.

- **Determinación del tiempo de recurrencia (TR)**

La elección del tiempo de recurrencia para el diseño de conductos de sistemas menores de desagüe varía de los 2 a 10 años.

El autor (Tucci, 1995) proporciona valores de TR aceptados internacionalmente, producto de estudios técnicos y económicos acordes a cada tipo de obra y ocupación del espacio.

Para la selección del TR tomaremos al tipo de obra como “micro drenajes” y la ocupación del suelo “áreas con edificios de servicios públicos” nuestro TR corresponda a un evento que se repetirá cada 5 años.

- **Tiempo de concentración (tc)**

El tiempo de concentración es una característica intrínseca de cada cuenca, se lo define como el tiempo que tarda la gota de agua más alejada o con mayor dificultad, para llegar al punto de salida de la cuenca, o bien como el tiempo transcurrido entre el inicio de la lluvia y el inicio del escurrimiento en la salida de la cuenca.

Para la determinación de tc emplearemos la fórmula de Kirpich (1940) desarrollada para cuencas rurales con canales bien definidos los resultados figuran en la tabla n°3.15.

$$tc = 3.989 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Dónde:
L: longitud del curso más largo (km).
S: pendiente media del curso de agua más largo (m/m).
tc: tiempo de concentración (minutos).

- **Intensidad media máxima de la lluvia (ip)**

La determinación de o los eventos de lluvia que deben ocuparse, se realiza comúnmente utilizando una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia (ip) la duración (tc) y el tiempo de recurrencia (TR).

La intensidad media máxima se determina a partir de la curva intensidad-duración-frecuencia (IDF) que resultan de unir puntos representativos de intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes a un mismo periodo de retorno.

A efecto de este anteproyecto y no contando con datos más cercanos, ocuparemos las curvas IDF para la ciudad de Roque Sáenz Peña-Chaco que se encuentra a 180 km de la ciudad Los Pirpintos- Santiago del Estero.

Dichas curvas fueron confeccionadas por el Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. (Ruberto y Gómez, 2009) gráfico n°3.7.

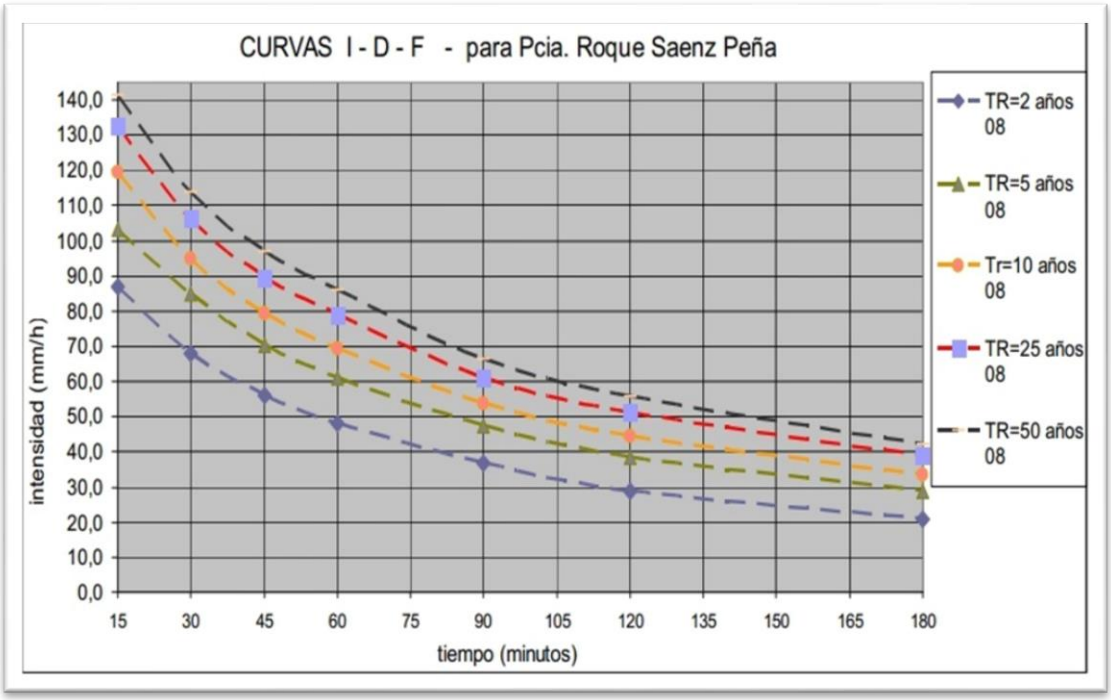


Grafico n°3.7. Curvas intensidad duración frecuencia Pcia. Roque Saenz Peña (fuente: Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, año: 2009).

La intensidad de precipitación puede obtenerse gráficamente o por medio de la siguiente fórmula, los resultados figuran en la tabla n°3.15:

$$ip = \frac{A}{(td + B)^C}$$

Dónde:
ip: intensidad de precipitación (mm/h)
A, B y C: parámetros de ajuste de la función adoptada.

td: duración del evento en minutos.

Los parámetros a utilizar en la formula anterior se obtienen de la siguiente tabla nº 3.18.

TR (años)	Parametros		
	A	B	C
2	3340,0	31,96	0,9432
5	2867,2	30,90	0,8581
10	2320,0	28,14	0,7921
25	2060,0	27,40	0,7366
50	1748,7	27,40	0,6821

Tabla n°3.18. Parámetros de ajuste para las curvas IDF de Pcia. Roque Saenz Peña; (fuente Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, año: 2009).

- **Coeficiente de escorrentía (c)**

Para poder hacer uso del método racional debe determinarse el coeficiente de escorrentía, esta resulta la variable menos precisa. El porcentaje de lluvia que llega a los sistemas de desagüe depende de la permeabilidad, pendiente del terreno y las posibles depresiones (encharcamiento) que pudieran presentarse. Superficies como techos y pavimentos generan casi el cien por ciento de escorrentía cuando estos estén totalmente mojados y son independientes de la pendiente.

Mediante imágenes satelitales y fotográficas del lugar definimos la naturaleza de las superficies dentro del predio de la estación y la composición de las calles aledañas, estimamos un porcentaje de ocupación y a futuro un posible incremento en la impermeabilización a los efectos de obtener el caudal de diseño máximo.

Los coeficientes fueron seleccionados de tabla (Ven Te Chow, 1994) fueron:

- Concreto y Techos con periodo de retorno 5 años C=0,8.
- Zonas verdes condición promedio (cubierto de paso del 50% a 75% del área), pendiente plana 0-2% C=0,28.

Ponderamos los coeficientes según el porcentaje de área correspondiente, realizando luego una estimación de incremento del área impermeabilizada ver tabla n°3.19.

Área de aporte A1				
área	A	0,129	km2	12,87 ha
Long. Cauce	L	1,22	km	
Pendiente	S	0,00044	m/m	
tiempo de concentración	tc	91,0	min	
intensidad de precipitación	ip	31	mm/h	
coeficiente escorrentía	C	0,38		
caudal	Q1	0,42	m3/s	
caudal por hectáreas	Q1	0,033	m3/s/ha	
Area de aporte A2				
área	A	0,043	km2	4,33 ha
Long. Cauce	L	0,597	km	
Pendiente	S	0,00028	m/m	
tiempo de concentración	tc	62,9	min	
intensidad de precipitación	ip	39	mm/h	
coeficiente escorrentía	C	0,38		
caudal	Q2	0,18	m3/s	
caudal por hectáreas	Q2	0,042	m3/s/ha	
Area de aporte A3				
área	A	0,033	km2	3,29 ha
Long. Cauce	L	0,484	km	
Pendiente	S	0,00059	m/m	
tiempo de concentración	tc	40,0	min	
intensidad de precipitación	ip	51	mm/h	
coeficiente escorrentía	C	0,38		
caudal	Q3	0,18	m3/s	
caudal por hectáreas	Q3	0,054	m3/s/ha	

Tabla n°3.16. Determinación de caudales de aporte y características (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Dren	Área ai(ha)	aportes qi(m3/s)
D1	0,24	0,010
D2	0,20	0,008
D3	0,20	0,011

Tabla n°3.17. Áreas y caudales por dren (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Area de aporte	área (ha)	porcentaje de		C ponderado
		techos y	zonas	
A1	12,9	25	75	0,38
A2	4,3	25	75	0,38
A3	3,3	25	75	0,38

Tabla n°3.19. Determinación de los coeficientes de escorrentía ponderados (fuente: elaboración propia, año: 2017).

5.3. Dimensionamiento de los canales

De acuerdo al sentido de escurrimiento dentro del predio se construirán dos canales, los que llamaremos canal San Martin y canal Cornelio Saavedra correspondiente a las calles del mismo nombre (ver plano n°4 del anexo planos), los caudales que deben transportar son en el caso de canal San Martin Q1 provenientes del área A1 y Q2 del área A2 para Cornelio Saavedra, se procederá a determinar las dimensiones necesarias de los mismos.

La sección necesaria para transportar el caudal de las áreas A1 y A2 se obtienen mediante la aplicación de la fórmula de Manning, adoptaremos para la misa una forma trapecial ver gráfico n°3.8:

$$q = \frac{A * Rh^{\frac{2}{3}} * So^{1/2}}{n}$$

Dónde:
A: área (m2).
q: caudal (m3/s).
Rh: radio hidráulico A/P (m).
So: pendiente del canal (m/m).
n: número de Manning.

Geometría del Canal:

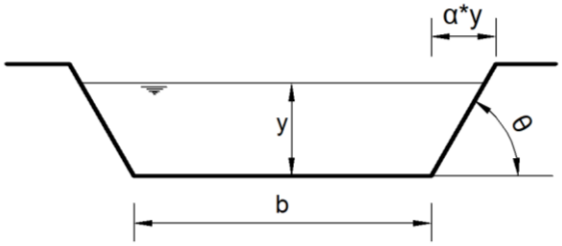


Grafico n°3.8. Sección trasversal y longitudinal del canal (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Dónde:
b: base del canal (m).
ɵ: inclinación de las paredes del canal.
y: altura pelo de agua (m).

Se cargaron los datos en una planilla Excel tomando:

- El ancho (b) corresponde al ancho de la pala retroscavadora 1,5 m.

- La pendiente del canal se eligió teniendo en cuenta la pendiente del terreno la cual en dicha zona corresponde a So=0.0004 m/m en promedio.
- Los caudales corresponden a las áreas A1 y A2=A3
- La inclinación de las paredes del canal es la que ofrece la mayor eficiencia según White, 2008 la misma es de unos 60°.
- El número de Manning corresponde a valores experimentales en canales excavados en tierra con raíces y malezas.

Mediante tanteo, se buscó igualar el caudal (Qi) variando la altura del pelo de agua (y), tomamos un valor mayor para tener en cuenta el deterioro y obstrucciones que se pudieran presentar los resultados figuran en la tabla n°3.20.

Dimensiones de canal San Martin			
pendiente mínima	So	0,0004	m/m
altura pelo agua	y	0,8	m
inclinación paredes	φ	60	°
ancho base	b	1,5	m
radio hidráulico	Rh=1/2y	0,4	m
numero de Manning	n	0,03	
	α ctanφ	0,57735	
área sección transversal	A	1,5695	m2
caudal A1		**Caudal de cuneta**	
0,42	≤	0,57	
Dimensiones de canal Cornelio Saavedra			
pendiente mínima	So	0,0004	m/m
altura pelo agua	y	0,5	m
inclinación paredes	φ	60	°
ancho base	b	1,5	m
radio hidráulico	Rh=1/2y	0,25	m
numero de Manning	n	0,03	
	α ctanφ	0,57735	
área sección transversal	A	0,89434	m2
caudal A2		**Caudal de cuneta**	
0,18	≤	0,24	

Tabla n°3.20. Dimensionamiento de canales dentro del predio (fuente: elaboración propia. año 2017).

Tomaremos para los dos casos un canal H (altura)= 1,00 m y B (ancho base)=1.5 m, como podemos ver en el plano n°5 del anexo planos.

5.4. Dimensiones de los conductos de salida de Drenes

El agua será captada por los drenes que se distribuyen a lo largo del área de captación (ver detalle de dren plano n°6 del anexo planos), luego el agua será conducida hacia las canales por medio de caños de material PVC.

Para el cálculo del diámetro nos apoyaremos en la fórmula de Manning utilizaremos una sección circular considerando que el conducto no está a presión pero si trabaja a sección llena y flujo uniforme.

$$D = \left(\frac{3{,}21 * n * Q}{\sqrt{So}}\right)^{3/8}$$

Dónde:
Q: caudal del conducto (m3/s).
So: pendiente mínima recomendada en conductos 0,003 (m/m).
n: número de Manning para hormigón 0,015

Se determina el mínimo diámetro necesario y se selecciona el siguiente diámetro comercial, se colocará además en el encuentro entre el dren y el caño de conducción una cámara de inspección de 0,90x0, 90 cm para realizar desobstrucciones si fueran necesarias los resultados figuran en la tabla n°3.21.

Conducto de vinculación D1				
caudal	D1	0,010	m3/s	D (m) Adoptado
numero de Manning	n	0,011		
pendiente mínima	Smin	0,003	m/m	
Diámetro del conducto	D	0,15	m	0,2
Conducto de vinculación D2				
caudal	D2	0,008	m3/s	D (m) Adoptado
numero de Manning	n	0,011		
pendiente mínima	Smin	0,003	m/m	
Diámetro del conducto	D	0,14	m	0,2
Conducto de vinculación D3				
caudal	D3	0,011	m3/s	D (m) Adoptado
numero de Manning	n	0,011		
pendiente mínima	Smin	0,003	m/m	
Diámetro del conducto	D	0,16	m	0,2

Tabla n°3.2. Dimensiones de conductos de vinculación y salida (fuente: elaboración propia, año: 2017).

CAPÍTULO 4

Diseño y dimensionamiento de la vía

En este capítulo detallaremos las diferentes partes que componen la vía, buscando definir en cada caso sus dimensiones, tipo y materiales que ocuparemos para concretar la correcta rehabilitación del tramo estudiado.

Abarcaremos la infraestructura definiendo los perfiles transversal tipo que deberemos utilizar en cada caso, para la zona de camino, y la superestructura con la correspondiente elección de las partes que la constituyen. Incluiremos además el dimensionamiento de las juntas y sus componentes, aparatos de vías, aparatos de dilatación, señalizaciones etc.

1. Estructura de la vía

La vía férrea puede dividirse mediante una línea horizontal como la que podemos ver en el gráfico nº4.1., y quedara definida entonces mediante la suma de estas dos partes que divide esta línea, las cuales resultan:

- *Infraestructura:* conforma la plataforma, es la base donde se apoya el paquete estructural.
  Permite el apoyo de la vía recibiendo los esfuerzos del paquete estructural, además mediante sus pendientes aleja el agua de lluvia, permitiendo la evacuación.
  Está constituida, en terrenos naturales por terraplenes y desmontes en obras de artes por puentes, viaductos y túneles.

- *Superestructura:* constituye el paquete estructural que está formado por dos hileras de rieles, los que se apoyan sobre los durmientes, a través de las sujeciones, a su vez los durmientes se apoyan sobre la capa de balasto.

2. Objetivos de la vía

Resumiendo podemos decir que las diferentes partes que constituyen la infraestructura y la superestructura se diseñan y dimensionan buscando que la vía cumpla con la guía del material rodante evitando que estos descarrilen, soporte las fuerzas verticales, horizontales y longitudinales que producen la circulación de los trenes, y se trasmita las fuerzas a la plataforma a través de la superestructura de vía (riel, durmiente, fijaciones y balasto). Llegando a garantizar una confiabilidad en la circulación de los trenes y conseguir una alta disponibilidad operativa.

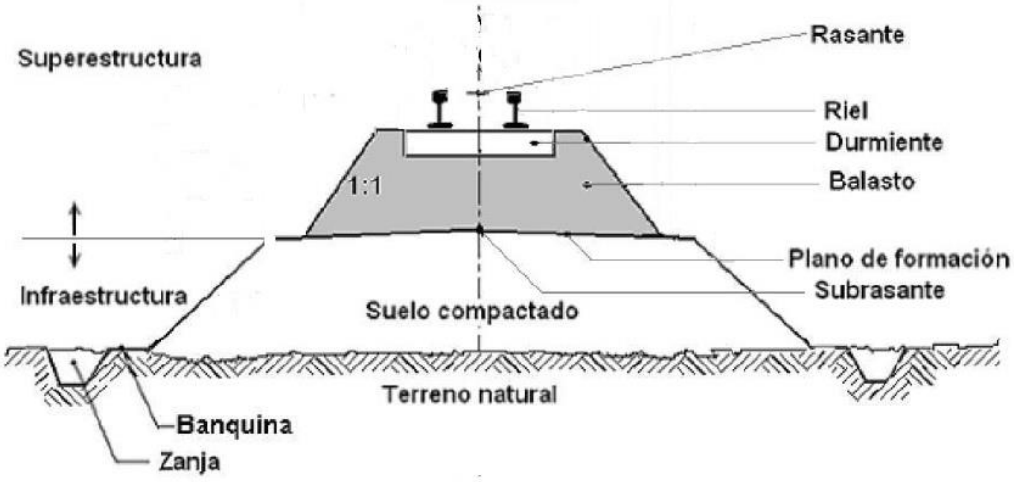


Gráfico nº4.1. Perfil Transversal de vía (Fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

3. Contenido

Dividiremos el trabajo en las siguientes partes:

- Diseño geométrico de la zona de vía.
- Clasificación de la vía.
- Elección de durmientes, rieles y sujeciones.
- Dimensionamiento y cálculo de juntas.
- Calculo de balasto y plataforma.
- Aparatos de vías (ADV)
- Dispositivos de dilatación (DD) y Aparatos de dilatación (AD)
- Riel largo saldado (RLS) y conformación de la vía.
- Soldadura aluminotermica.
- Señalizaciones y paso a nivel.
- Estaciones

4. Diseño geométrico de la zona de vía

Como se dijo anteriormente, la vía está formada por la infraestructura y la superestructura. Los mismos deben estar diseñados y dimensionados de forma tal que soporten las distintas cargas que transmite el tren en su paso.

4.1. Trocha

Una característica geométrica muy importante que define el paso del tren, es la trocha. La misma es la distancia que separa a los dos rieles que conforma la vía. Se mide a

14mm por debajo del plano de rodadura de los rieles en forma perpendicular al eje de la vía como se indica en la gráfico n°4.2.

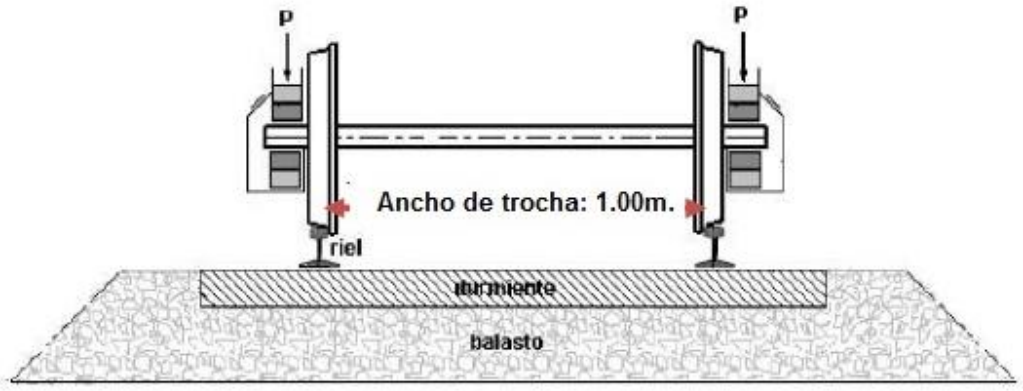


Gráfico n°4.2. Especificación de ancho de trocha (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

En el país coexisten tres anchos de trochas las cuelas dificultan la conexión con vías de diferentes regiones o en algunos casos provincias del país. Los distintos anchos que se utiliza en el país son:

- Trocha métrica: 1000mm.
- Trocha media: 1435mm.
- Trocha ancha. 1676mm.

La trocha métrica la ocupa el FFCC Belgrano Cargas S.A., que corresponde a nuestro anteproyecto. La trocha media es ocupada por los trenes del Gral. Urquiza y las líneas de subtes en Bs As. Mientras que la trocha ancha la ocupan los ferrocarriles: Gral. Mitre, Gral. Roca, San Martín, Sarmiento, Patagónico y Comodoro Rivadavia.

4.2. Curvas

Siendo que la trocha es un parámetro importante en la geometría de la vía, también es necesario definir el alineamiento horizontal y vertical.

Estas alineaciones horizontales y verticales se componen por líneas rectas, y curvas que unen dichas rectas de manera de adaptarse a la topografía del terreno, evitar obstáculos y que sea factible para una conducción segura.

La alineación en recta se presenta en el plano horizontal como una recta, siendo el trazado ideal, pero no siempre puede ser recta por razones de espacio físico, o para evitar obstáculos.

Las alineaciones curvas son las que se representan por una curva en el plano horizontal en el eje de la vía. Las mismas se determinan por su radio, por la longitud de su tangente (medida desde el punto de tangencia al vértice de la poligonal).

Las curvas pueden ser simples o compuestas, y su determinación se puede realizar por:

- Por el radio – medido en metro
- Por el ángulo al centro que forman las tangentes
- Desarrollo
- Longitud de tangentes.

- *Curva simple:* es la que tiene un único valor de radio a lo largo de todo su desarrollo, son las más usadas en vías de ferrocarriles, son las que se ven el gráfico n°4.3.

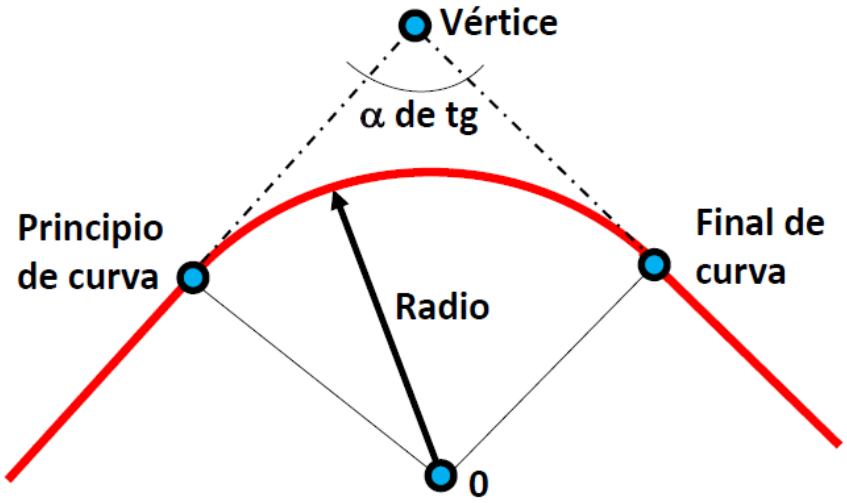


Gráfico n°4.3. Esquema de curva simple (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

- *Curva compuesta:* son una sucesión de curvas que pueden ser de distintos radios, pero del mismo signo con puntos de tangencias comunes, como la figura n°4.4.

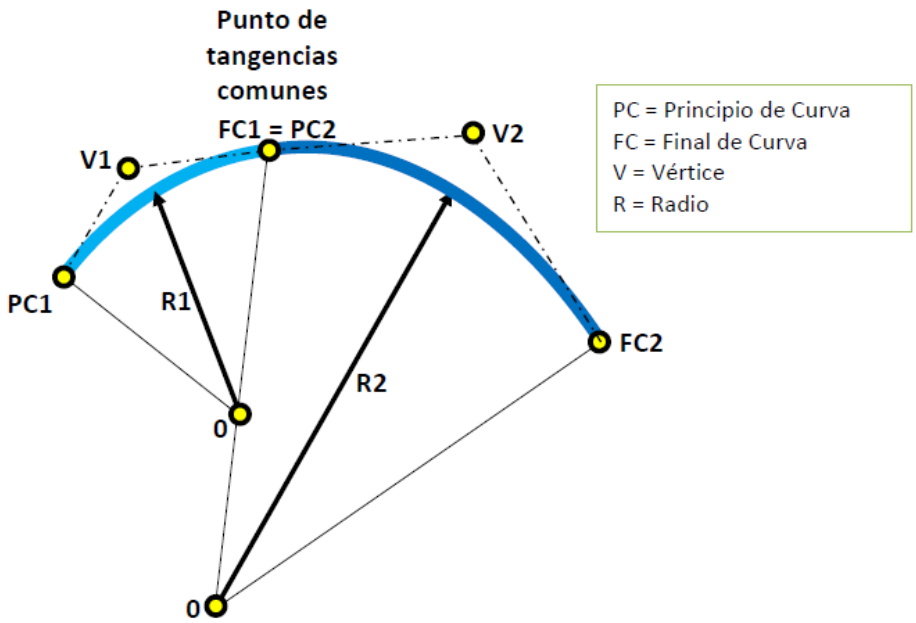


Gráfico n°4.4. Esquema de curva compuesta (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

Además las curva compuesta pueden estar formadas por radios de distinto signo se muestra en el gráfico n°4.5.

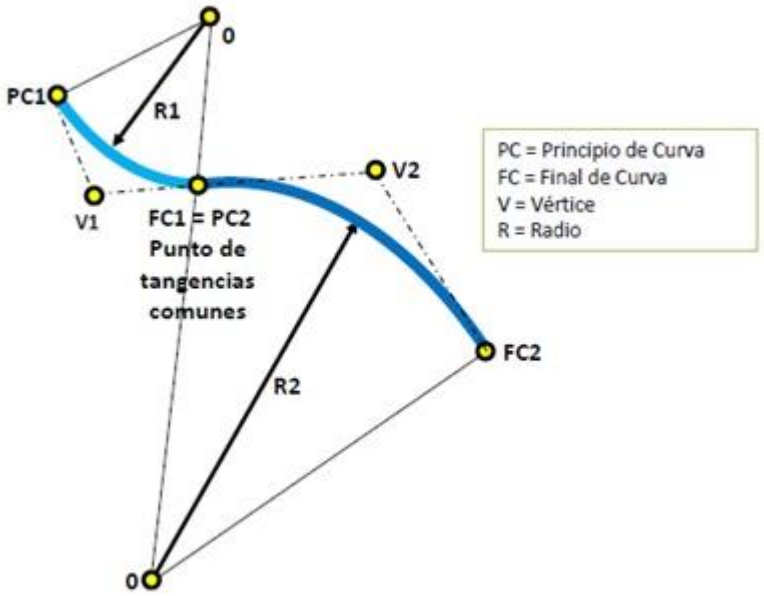


Gráfico n°4.5. Esquema de curva compuesta de distintos signos (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

4.2.1. Rectificación del trazado de curvas

El proceso de ratificación de curvas se encuentra descripto en la norma de la Administración de Infraestructura Ferroviaria, Rectificación del trazado de las curvas por el método de las flechas (NTVO n°4).

El método descripto en la norma, permite verificar el trazado de las vías en curva partiendo de los valores de las flechas, medidas en el medio de una cuerda de longitud constante. Se aplica de una manera general, a las vías muy deformadas y, en particular, a las vías en curso de renovación, se parte de la relación:

$$f = \frac{C^2}{8R}$$

Dónde:
f: flecha medida en metros
C: cuerda
R: radio de curva medida en metros.

Si la cuerda llegase a ser de 20 m la fórmula se simplifica a la relación siguiente. Se materializar la cuerda geométrica de los arcos sucesivos de la curva ver Gráfico n°4.6.

$$f = \frac{50}{R}$$

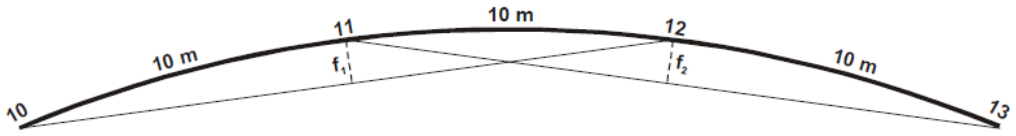


Gráfico n°4.6. Esquema de flechas en curvas de más de 20 m (fuente: NTVO n°4, año: 1972).

En toda la curva, cada 10m se coloca la cuerda de 20m y se obtiene el valor de la flecha como indica la figura anterior.

4.2.2. Peraltes en curvas

Es la diferencia de cota que existe entre ambos rieles de la vía en la curva. Esa diferencia se materializa a través de una elevación gradual del riel exterior con respecto al interior, manteniendo a este último al mismo nivel que la recta. Ver gráfico n°4.7.

Las funciones que debe cumplir el peralte son:

- Mejorar la distribución de las cargas en ambos rieles.
- Reducir la degradación y desgaste de los rieles y el material rodante.
- Compensar el efecto de la fuerza centrífuga.
- Proporcionar confort a los pasajeros.

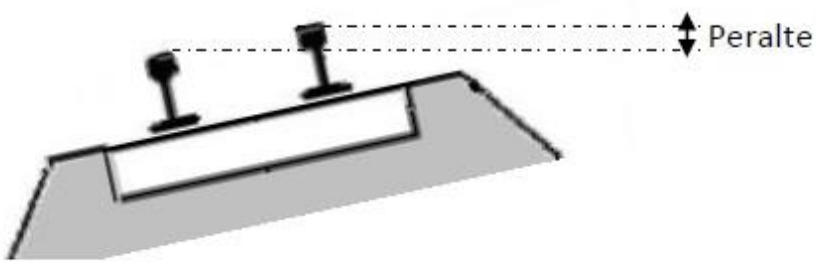


Gráfico n°4.7. Esquema de peralte (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

- **Cálculo del peralte**

El tren al ingresar en una curva de la vía está sometido a una aceleración centrífuga, cuyo valor es el cociente entre el cuadrado de la velocidad y el radio. Esta aceleración se mantiene a lo largo de toda la curva circular. El cálculo del peralte teórico depende del ancho de la trocha como se indica en la tabla n°4.1.

	ANCHO DE TROCHA (mm)		
	1000	1435	1676
peralte teórico	8.3 V^2/R	11.8 V^2/R	13.8 V^2/R
peralte práctico	5.53 V^2/R	7.87 V^2/R	9.2 V^2/R
peralte máximo	110mm.	160mm.	190mm.

Tabla n°4.1: Cálculo de peraltes (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

La norma de la Administración de Infraestructura Ferroviaria Colocación de la vía – peralte curvas de transición y enlace (NTVO n°3), nos indica los pasos a seguir para calcular el peralte para trenes rápidos y lentos, dando los parámetros admisibles para insuficiencia como para exceso de peralte.

El peralte práctico se calcula como 2/3 del peralte teórico.

- **Insuficiencia de peralte**

Al existir un peralte teórico y uno práctico, es evidente que los trenes rápidos circulan con insuficiencia de peralte (no compensa la aceleración centrífuga), lo que se debe tener en cuenta en trenes de pasajeros. Los distintos reglamentos de tratados de ferrocarriles admiten que no supere lo que indica la tabla n°4.2.

	ANCHO DE TROCHA (mm)		
Insuficiencia de peralte I	1000	1435	1676
	90mm.	130mm.	150mm.

Tabla n°4.2. Insuficiencia de peralte (fuente: Manual integral de vías. Año: 2014).

El valor límite se ha reducido a 65mm para el ancho de nuestra trocha cuando el estado de conservación de la vía no es la adecuada según la norma NTVO n°3.

$$I = Pt - P = 115\ mm$$

Dónde:
I: insuficiencia de peralte (mm).
Pt: peralte teórico (mm).
P: peralte practico (mm).

La aceleración soportada por el pasajero, como tiene relación directa con la insuficiencia de peralte, ese valor está dado por:

Aceleración: 0.65m/seg^2

- **Velocidad máxima admisible en función del radio y el peralte**

El peralte no debe superar el valor máximo y la aceleración sin compensar se debe mantener en los valores que se mencionó. Para una curva de radio R, la variable a limitar es la velocidad.

$$V = 4{,}5\sqrt{R}$$

Dónde:
V: velocidad limite (km/h).
R: radio de la curva (m).

Se requiere que los vehículos no pueden ser volcados por la acción de la fuerza centrífuga, por lo que el centro de gravedad del vehículo debe estar ubicado lo más bajo posible.

- **Curvas de transición**

Es necesaria una continuidad en la curvatura de los rieles en el plano vertical, por esta razón se incorporan a las curvas, las transiciones. Esta se introduce entre la recta y la curva circular, es una curva cuyo radio disminuya gradualmente de infinito, en la recta, hasta el valor máximo en el inicio de la curva circular, para que también disminuya la aceleración centrifuga. La curva de transición tiene una longitud que cuanto más larga es, mejor se adapta el material rodante y disminuye la fuerza centrífuga, ver gráfico n°4.8.

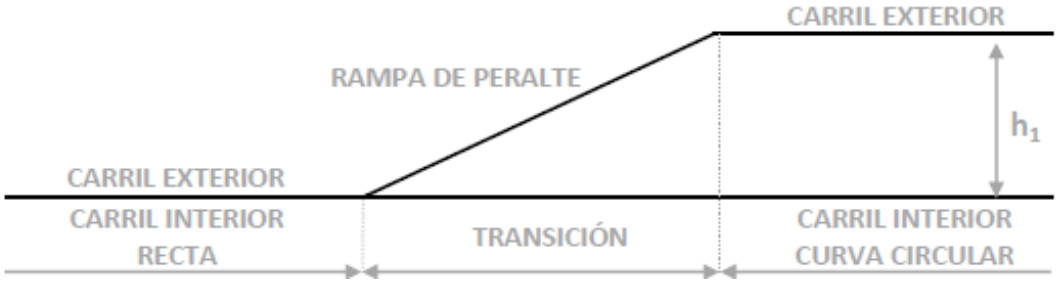


Gráfico n°4.8. Rampa de peralte (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

4.2.3. Sobreancho de la trocha en vía curva

En curvas de radios reducidos, se recurre a dotar a la curva de un sobreancho que debe ser ganado durante la curva de transición, de tal forma que en el punto de tangencia entre la curva circular y de transición se alcance el valor máximo, a razón de 1mm por metro. En la tabla n°4.3. se aprecia los valores de sobreancho en función del radio de curvatura extraídos de la norma de ADIF S.E. Sobreancho de trochas (NTVO n°14)

R > 250 m ----------	S = 0 mm
250 m ≥ R > 150 m ----------	S = 6 mm
150 m ≥ R > 110 m ----------	S = 12 mm
110 m ≥ R ----------	S = 18 mm

Tabla n°4.3. Sobreanchos (fuente: NTVO n°14, año: 1972)

4.2.4. Radios mínimos

La distancia ente centros de bogíes, base rígida y los dispositivos de enganche limitan la inscripción de los vagones, coches y locomotoras en las curvas., los radios dependen del ancho de la trocha, especificados en la tabla n°4.4.

Trocha ancha	220 a 250m.
Trocha media	180m.
Trocha métrica	120 a 150m.

Tabla n°4.4. Radios mínimos (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

4.2.5. Altimetría

El trazado ideal de las vías del ferrocarril sería que se desarrolle en horizontal, a veces esta situación es imposible, tanto por la topografía o por evitar algún obstáculo y que se adapte al terreno.

Según el sentido de circulación del tren se llama rampas al tramo donde aumenta la cota y pendiente en tramos donde se pierde altitud la vía longitudinalmente. Las curvas verticales surgen de enlazar los tramos de la rasante que tienen distintas pendientes.

Se llaman curvas verticales convexas cuando se enlaza la rampa con pendiente. Curvas cóncavas son las que unen pendientes de distintos gradientes con pendiente horizontal. Se muestra una figura de curvas verticales en el gráfico n° 4.9.

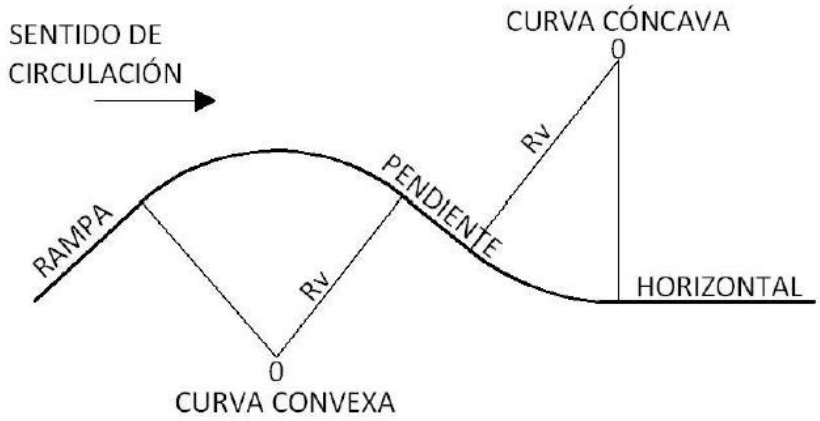


Gráfico n°4.9. Esquema de curva vertical (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

4.2.6. Conclusiones

En el caso de nuestro anteproyecto, la rehabilitación mantendrá la traza existente. La misma no posee curvas horizontales, debido a que no se encuentra algún obstáculo a evitar. Como la zona de este estudio tiene una escasa pendiente y no presente singularidades en su topografía (lomas o depresiones), tampoco es necesaria la materialización de curvas verticales.

4.3. Zona de vía y secciones transversales

Se llama zona de vía a la franja de terreno que es ocupada solamente por la vía. La misma debe estar delimitada por alambrados. Esta franja ocupada por el ferrocarril varía entre 30 y 40m. Para el caso de una sola vía, se respeta el eje del terreno ocupado por la misma. En el caso de tener doble vías, se respeta el eje de la entrevía.

Esta zona también puede ser ocupada como zona de préstamos para extracción de suelos en caso que haya que construir terraplenes para la rehabilitación de vías.

El perfil transversal del paquete de la vía se puede presentar en tres situaciones distintas como ser:

- **Suelo natural:** cuando se comprueba después del escarificado que el suelo es apto.
- **Desmonte:** cuando por razones de diseño, resulta necesario bajar la cota del terreno natural, se realiza excavaciones hasta llegar al nivel requerido.
- **Terraplén:** se realiza terraplén cuando en el perfil longitudinal o transversal indica que debemos levantar la cota del terreno natural. Para la misma se colocan capas de 20cm de suelo seleccionado compactada según requerimientos. Por lo general, el talud del terraplén es 1:1,5 no se realiza pendiente 1:1 por la escasa estabilidad y 1:2 tampoco por el exceso de aporte de suelo.

A continuación se muestra en los gráficos n°4.10.a 4.10.b y 4.10.c las secciones transversales tipo.

De la observación de las especificaciones antes mencionadas y mediante el análisis de los perfiles existentes se trazaron una serie de perfiles los cuales pueden observarse en el plano n°12

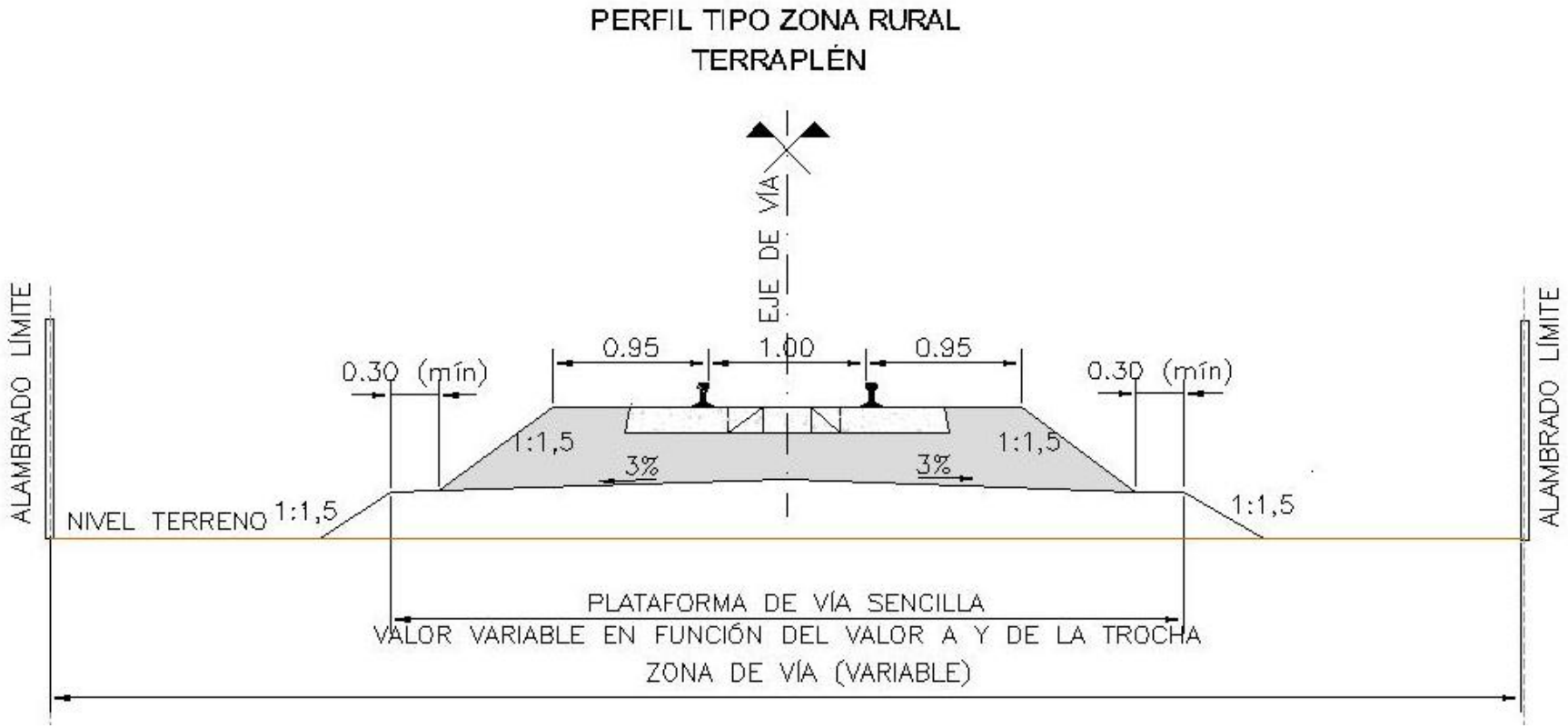


Gráfico n°4.10.a. Perfil tipo en zona rural en terraplén (fuente: ADIF SE, año: 2017).

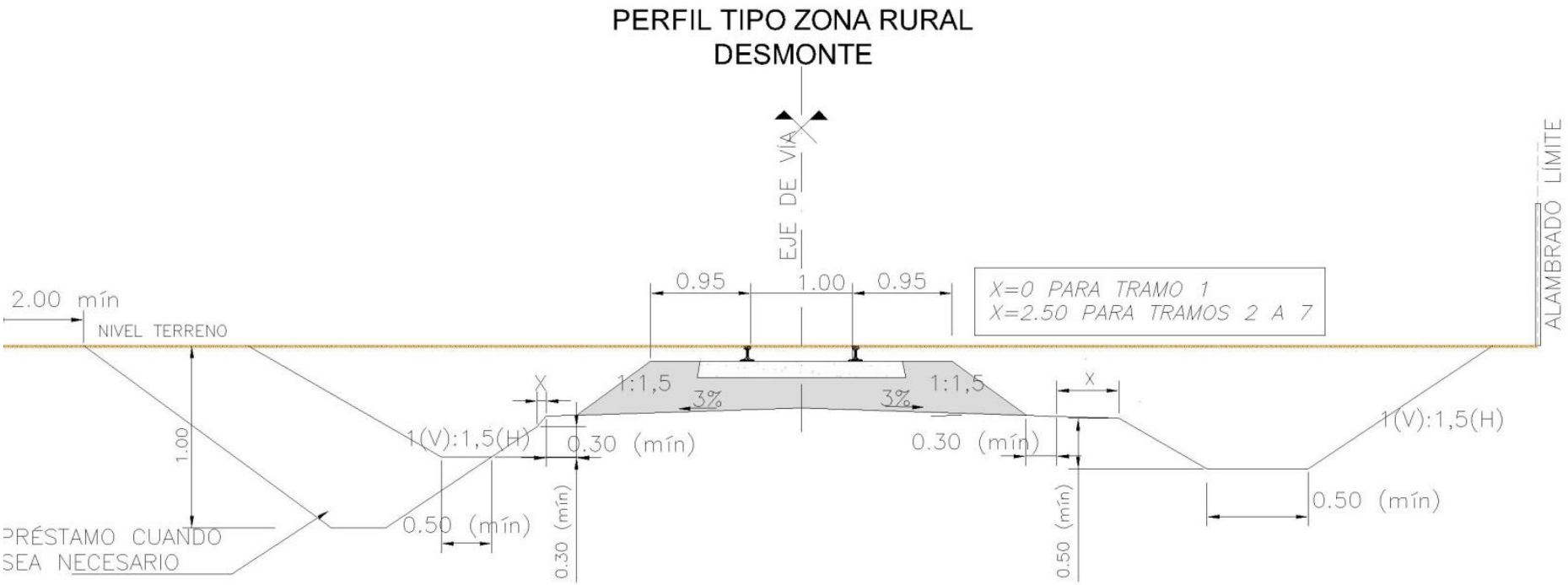


Gráfico n°4.10.b. Perfil tipo en zona rural en desmonte (fuente: ADIF SE, año: 2017).

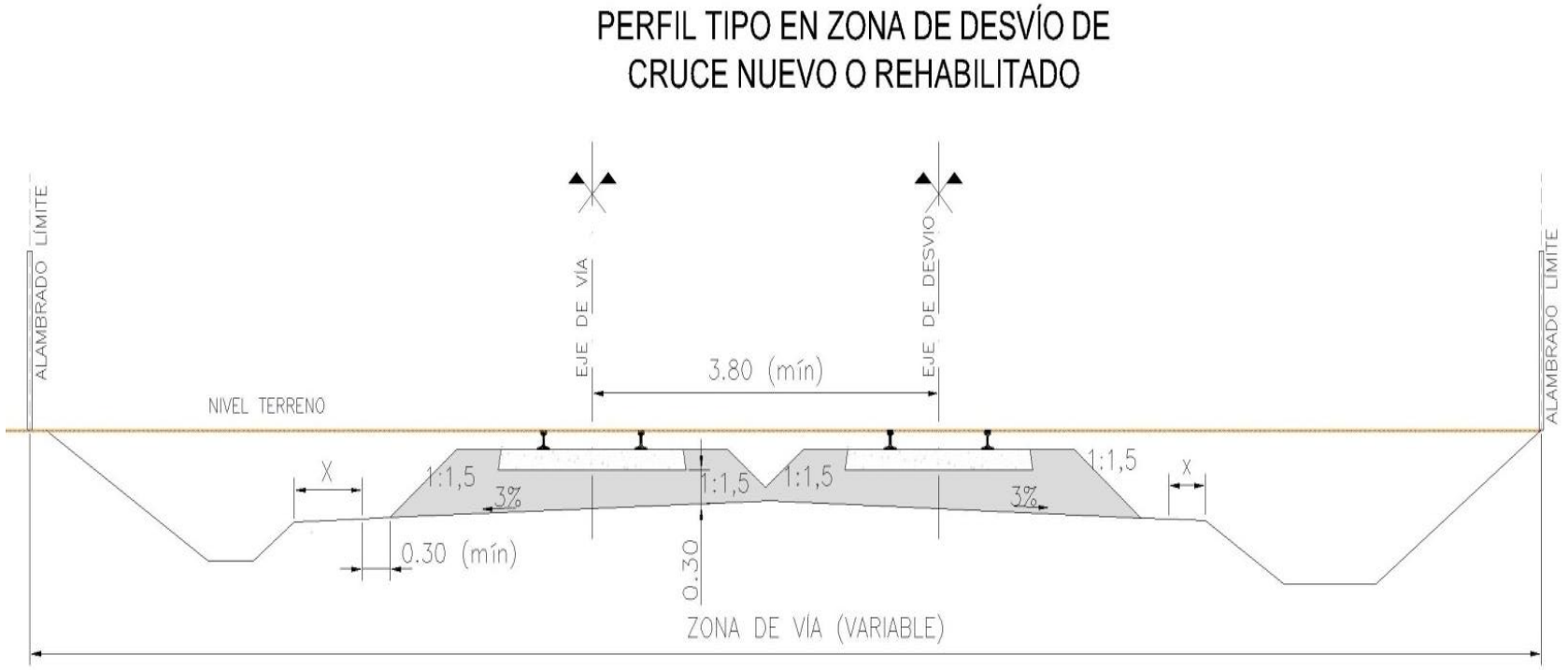


Gráfico n°4.10.c. Perfil tipo en zona rural en desvío (fuente: ADIF SE, año: 2017).

5. Clasificación de la línea

Para realizar los trabajos de conservación y renovación de vías, la Administración de Infraestructuras Ferroviarias S. E. (ADIF SE), especifica en la norma Estructura, balastado y conservación en la vía (NTVO N°1) como debe clasificarse a las líneas.

La norma antes mencionada proporciona una ecuación, resolviéndola y comprando con valores limites determinamos a que grupo pertenece nuestra línea. Se dividen en 9 grupos que quedan limitados por valores.

Procederemos a obtener a que grupo pertenece nuestra línea partiendo de la ecuación

$$TF = Tv * \left(\frac{V}{100}\right) + Tm * \left(\frac{Pe}{18D}\right)$$

Dónde:
Tv: Carga del tráfico de pasajeros (tn/días).
Tm: Carga real del tráfico de cargas en (tn/días).
V: Velocidad máxima (km/h) admisible de los trenes más rápidos el factor
$\left(\frac{V}{100}\right) = 0.8\ para\ V < 80\ km/h$
D: Es el diámetro (en m) mínimo de las ruedas de los vagones que más se repiten
$D = 0{,}76\ m\ \ para\ \ trochas\ de\ 1{,}00\ m$
Pe: Es el peso máximo del eje equipado, con ruedas de diámetro D (tn).

Estos 9 grupos quedan limitados según los siguientes valores:

1°	TF> 102.000
2°	102.000 ≥TF > 70.000
3°	70.000 ≥TF > 40.000
4°	40.000 ≥TF > 25.000
5°	25.000 ≥TF > 12.500
6°	12.500 ≥TF> 6.000
7°	6.000 ≥TF> 3.000
8°	3.000 ≥ TF> 1.000
9°	1.000 ≥ TF

Para resolver la ecuación ingresamos los valores siguientes:

Tv: como no se considera tráfico de pasajeros el primer término de la ecuación es anulado.
Tm: el tráfico de cargas es tomada del análisis de cargas del Capítulo 2 el cual resulta en unos 80.600 tn/día.

Pe: mayor peso del eje equipado según datos del vagón tipo 22,00 tn, tomados de ADIF S.E.
D: 0,76 m por ser una trocha métrica.

$$TF = 80.600\frac{tn}{dia} * \left(\frac{22{,}00tn}{18 * 0{,}76m}\right) = 144.869$$

Llegamos a un valor que nos indica que nuestra línea pertenece al Grupo n°1 (U.I.C n°1). Esta definición será ocupada cuando se la requiera en adelante.

6. Elección de durmientes, rieles y sujeciones

6.1. Durmientes

Los durmientes constituyen una parte del paquete estructural (superestructura) de las vías férreas, se colocan en sentido trasversal a los rieles separados entre sí por una cierta distancia, se unen a los rieles por sujeciones y forman en conjunto con estos el emparrillado de la vía. Se fabrican de diferentes materiales como ser madera, hormigón, mixto de hierro y hormigón, y deben cumplir con diversas funciones. Daremos una descripción de los diferentes tipos usados en la actualidad en nuestro país, sus cualidades, características y optaremos por uno que cumpla con las exigencias de la rehabilitación que se plantea.

6.1.1. Funciones de los durmientes

Para mantener el correcto funcionamiento de la vía, los durmientes deben desempeñar las siguientes funciones:

- Deben servir de soporte a los rieles y mantenerlo fijos y asegurados en su posición en altura, separación e inclinación.
- Repartir las cargas verticales y horizontales de los rieles y transmitirla al balasto a través de su superficie de apoyo.
- Contener la estabilidad de la vía en el plano horizontal (longitudinal y transversal), y en el vertical frente a esfuerzos estáticos de temperatura y peso propio o dinámicos debido al tren.

La influencia sobre la estabilidad en el plano vertical estará dada por la longitud y el ancho del durmiente, mientras que en el plano lateral serán el canto y el ancho los que deberemos tener en cuenta. El peso del durmiente influye tanto en la estabilidad longitudinal como en la vertical.

6.1.2. Tipos de durmientes utilizados

La clasificación de durmientes se realiza de acuerdo al tipo de material o la forma, generalmente la forma estará gobernada por el tipo de material empleado, por lo tanto describiremos los diferentes materiales, que se emplean en la actualidad en nuestra zona de anteproyecto.

- **Madera**

Los durmientes de madera siguen representando en la actualidad un gran porcentaje del total colocados en la red ferroviaria, han estado desde el comienzo del ferrocarril. Sus principales características son su gran elasticidad, pueden utilizarse con rieles de cualquier ancho de patín, generan una buena sujeción, y su conservación y su reparación es relativamente fácil. Pero presentan problemas a lo largo del tiempo debido a la característica de su material como ser la perdida de flexibilidad y sección, lo que conduce a irregularidades en la vía. Son de madera dura: quebracho colorado o quebracho blanco y en menor escala se usaron durmientes de urunday y curupay que son considerados en las normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación-Durmientes de quebracho colorado, guayacán y urunday (IRAM-FA L 95-57).

- **Hormigón tensado**

Los durmientes monobloc están formados como su nombre indica por un solo bloque de hormigón que constituye toda la pieza. Pueden ser pretensados o posteadas desde el punto de vista funcional resultan iguales.

En la actualidad se están fabricando para la zona los del tipo pretensados, en la que los alambres de tesado son puestos bajo tensión entre dos macizos fijos separados en el orden de los 200 m, los moldes se colocan en la posición adecuada y el hormigón es vertido, luego de un tiempo de curado se procede a cortar los alambres de tesado transfiriendo por medio mecánico la fuerza de este al durmiente.

El tesado de la armadura permite que el durmiente trabaje siempre a compresión, esto resuelve el problema de los momentos alternativos que se generan con el paso del tren en la zona central del elemento.

Los durmientes tienen un peso que oscila los 300kg por unidad, por lo que para su manipuleo son necesarios elementos mecanizados. Su tolerancia de carga por eje es de 22 tn.

Presenta varias ventajas en comparación con su homólogo de madera:

1. Posee una vida útil de 70 años y no requiere conservación.
2. Debido a la homogeneidad en su constitución, su elasticidad es permanente durante toda su vida útil.
3. Resulta apto para el uso de riel largo soldado (RLS).

4. En sentido transversal reduce el riesgo de pandeo.

Su alto costo inicial, luego se amortiguara debido a la disminución de reparaciones. Su peso, que resulta una ventaja para la estabilidad, genera inconvenientes en su manipulación, acarreo y traslado, como así también en su colocación, como se mencionó requiere medios mecánicos.

6.1.3. Elección del Durmiente

En nuestro caso la elección de durmientes de madera no resulta factible, el origen del material hace imposible su elección ya que la tala del quebracho colorado en el volumen requerido sumado la baja tasa de crecimiento generan un deterioro importante en el ecosistema de la zona.

El durmiente de hormigón si bien posee un alto costo inicial, alcanza una vida de servicio muy larga y su uso resulta en un bajo costo anual de mantenimiento. Optaremos por lo tanto durmientes de hormigón pretensado.

Especificaciones

Tomaremos las especificaciones requeridas por ADIF S.E. para la renovación de vías del ferrocarril Belgrano Cargas S.A. las cuales figuran en la Sección 4: Especificaciones Técnicas de la Licitación del Pliego de Especificaciones.

“El durmiente de hormigón a colocar en la renovación de vía será monoblock de hormigón pretensado de 2,00m de longitud y de altura y ancho variable entre su centro y los extremos. Podrá emplearse alguno de los diseños/sistemas de fabricación ampliamente utilizados en redes ferroviarias mundiales (sistema banco corto o banco largo), para lo cual se presentarán antecedentes de montaje. La distribución de estos durmientes será de 1500 Nº/Km” (ADIF S.E.; 2016).

Las especificaciones para el diseño del durmiente serán:

- Tren tipo 45 vagones de 3.100 tn.
- Diámetro de la rueda del vagón: 762 mm.
- Carga máxima por eje: 22 tn.
- Velocidad de diseño máxima: 90 km/h.
- Trocha: 1.000 mm.
- Radio mínimo de diseño: 300 m.
- Inclinación de las hileras de los rieles 1:40.
- Tipo de riel y calidad: 54E1 R260.
- Características de la fijación: Doblemente Elástica.
- Longitud máxima del durmiente de hormigón: 2.000 mm.
- Peso Mínimo: 215 Kg.

- Cuantía Mínima de Acero Pretensado: 4,6 Kg x Durmiente.

Según la Norma para durmientes de hormigón monobloque (ALAF 5-022) de la Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles establece que la geometría del durmiente, deberá tener forma y dimensiones simétricas con relación al eje longitudinal, sin aristas vivas y deberá cumplir las medidas que figuran en la tabla n°4.5.

Limites de las dimensiones nominales del DH en mm					
Trocha	Longitud	Ancho		Altura	
		base máximo	apoyo del riel mínimo (A)	parte central mínima	apoyo del riel máximo
Angosta	1900(min)	320	150	153	250
Normal	2400 a 2600	320	150	(B)	250
Ancha	2600 a 2800	320	150	(B)	250

(A) En el apoyo de los rieles
(B) 85% de la altura del apoyo

Tabla n°4.5. Medidas de durmiente de hormigón pretensado (fuente: ALAF, año 2016)

Partiendo de las dimensiones mínimas y máximas expuestas en la tabla n°4.5., se deberá adoptar un durmiente que posea dichas medidas. La armadura como el tipo de hormigón deberá responder a las especificaciones de diseño expuestas, los detalles se pueden ver en la grafico n°4.11.

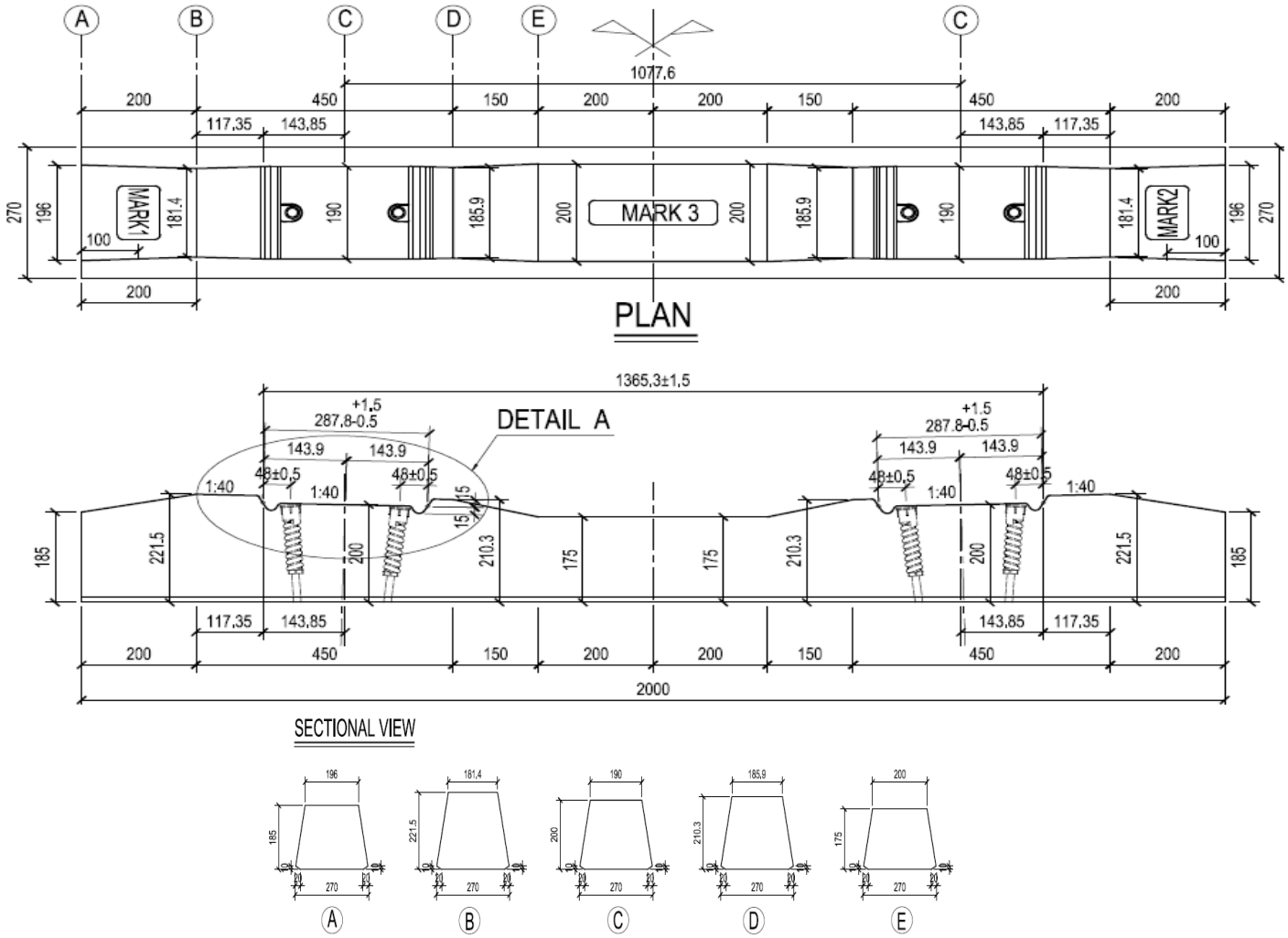


Grafico n°4.11. Durmiente de hormigón pretensado para renovación vías Belgrano Cargas SA (fuente: ADIF SE, año 2017).

6.2. Rieles

El riel es el elemento que mejor caracteriza el transporte ferroviario, en virtud que la característica técnica más importante del ferrocarril es el contacto rueda – riel.

6.2.1. Funciones esenciales

El carril constituye el elemento fundamental de la estructura de la vía y actúa como calzada, dispositivo de guiado y elemento conductor de la corriente eléctrica. Deben cumplir las siguientes funciones:

- Resistir directamente las tensiones que recibe del material rodante y transmitirlas, a su vez, a los otros elementos que componen la estructura de la vía.
- Realizar el guiado de las ruedas en su movimiento.
- Conducir la corriente eléctrica para la señalización y eventualmente las corrientes de retorno de la tracción eléctrica.

6.2.2. Forma de la sección transversal

La forma de la sección transversal de los rieles, o el perfil de los mismos, está condicionada por su interacción con la rueda a su vez, la rueda del material rodante con la estructura armónica y los demás elementos de la estructura de la vía.

Los primeros rieles metálicos fueron dotados de un reborde lateral, que luego fue sustituido por la pestaña de las ruedas; posteriormente se utilizaron carriles de dos cabezas con la intención de que su duración fuera doble, puesto que cuando una cabeza se hubiera desgastado en servicio, el riel podría invertirse y volverse a emplear. En la práctica esto no pudo lograrse, a causa de que el sistema de sujeción deteriora la cabeza inferior, dejándola inservible.

En 1836 apareció el riel de patín plano, diseñado por el ingeniero inglés Charles Vignole. Este diseño que es el que perdura actualmente, permite una fácil sujeción a los durmientes y consta de tres partes: cabeza, alma y patín. Otro tipo de perfil es el riel de garganta, utilizado fundamentalmente en vías instaladas en pavimentos, tales como tranvías, puertos y playas de maniobras. En la gráfico n°4.12 se observa los perfiles de tipo garganta y tipo Vignole.

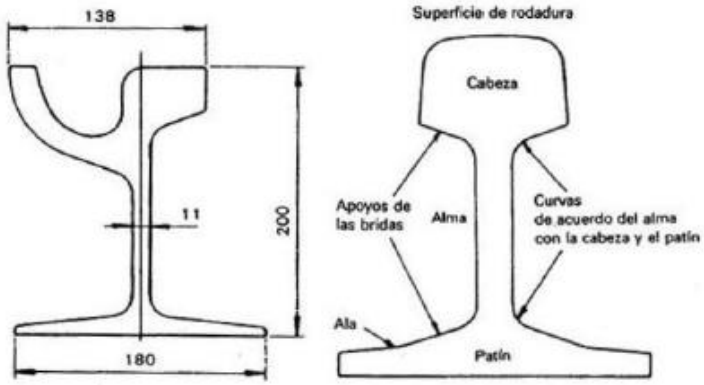


Gráfico n°4.12. Perfiles de rieles tipo graganta y Vignole (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

- **Cabeza**

La cabeza debe tener un ancho y altura suficiente desde el punto de vista de las cagas soportadas y de la altura de la pestaña. La transmisión del esfuerzo no debe tener lugar bajo la forma de un contacto puntual. La forma de la superficie de rodadura debe garantizar una buena repartición de los esfuerzos aplicados.

Las dimensiones de la cabeza deben ser tales que:

- Permita el reparto de las cargas transmitidas por el contacto rueda-riel.
- Transmita los esfuerzos al alma a través de radios de acordamiento adecuados.
- Debe tener un margen de desgaste lateral en curvas y un margen de desgaste vertical por efecto del rozamiento.

A través de la experiencia y el estudio del reparto de cargas (fotoelasticidad) se puede afirmar que las dimensiones de la cabeza son del orden de: 60 a 70 mm para el ancho y de 50 mm en altura. Anchos mayores pueden provocar desequilibrio de masas, la altura de 50 mm proporciona un equilibrio de masas con el patín, reduciendo las tensiones residuales del enfriamiento posterior al laminado en el proceso de fabricación. El radio de bombeo es el radio de curvatura de la cabeza. Se ha comprobado que para lograr un mejor reparto de las tensiones superficiales, el radio de bombeo más adecuado debe ser 300 mm, pues es el que más se aproxima al perfil de desgaste más estable.

La inclinación de las caras laterales de la cabeza debe ser tal que en alineaciones rectas no exista contacto entre ellas y la pestaña de la rueda, pero en alineaciones curvas de radio reducido se produce este contacto, por lo cual para reducir la presión de contacto y por ende el desgaste lateral, se le da a las caras laterales una inclinación de 1/20, lo que además permite incrementar el ancho de las caras inferiores de la cabeza favoreciendo el acople de las eclisas. La inclinación de las caras inferiores está comprendida entre 1/3 y 1/4, valores inferiores a estos dificultan el acordamiento con el alma.

- **Patín**

Debe tener un ancho suficiente, con el fin de aumentar la rigidez del emparrillado de la vía y a fin de asegurar una repetición correcta de la carga, sin giro del carril. Es preciso encontrar una relación óptima entre la altura total del carril y el ancho del patín; esta relación debe ser del orden de 1,1 a 1,2.

La estabilidad del riel, así como los esfuerzos inducidos sobre las sujeciones por la tendencia al vuelco de este, están fuertemente influenciados por la relación alto total del carril/ancho del patín.

Desde el punto de vista de la producción es necesario prever buenas condiciones de laminación y enfriamiento. La forma y el espesor del patín dependen, en una gran medida de las condiciones de laminación.

Si bien una doble inclinación en la cara superior del patín produce una economía de material, muchos fabricantes prefieren una única pendiente para facilitar el laminado y reducir así los costos de fabricación.

- **Alma**

El alma debe asegurar la trasmisión óptima de las solicitaciones exteriores, debidas a las circulaciones, desde la cabeza hasta el patín. Hay que tener en cuenta los efectos posibles de la corrosión y de las solicitaciones transversales a la hora de elegir el espesor del alma.

El espesor debe ser suficiente para resistir los esfuerzos cortantes las tensiones alrededor de los agujeros de las eclisas. Se recomienda que el espesor sea e > 15 mm.

Los acordamientos ente el alma con la cabeza y el patín son zonas de concentración de tensiones, los radios de acordamiento recomendados para reducir estas tensiones varían de 15 mm a 35 mm.

Los rieles que podemos encontrar en los distintos ramales de nuestra red ferroviaria son

- Riel 85lbs 522 A (42,16 kg/m)
- Riel 90 lbs RA – A (44,65 kg/m)
- Riel 100 lbs BSR (49,61 kg/m)
- Riel U36
- Riel U50
- Riel UIC 54

Los cuales se pueden observar en la gráfico n°4.13.

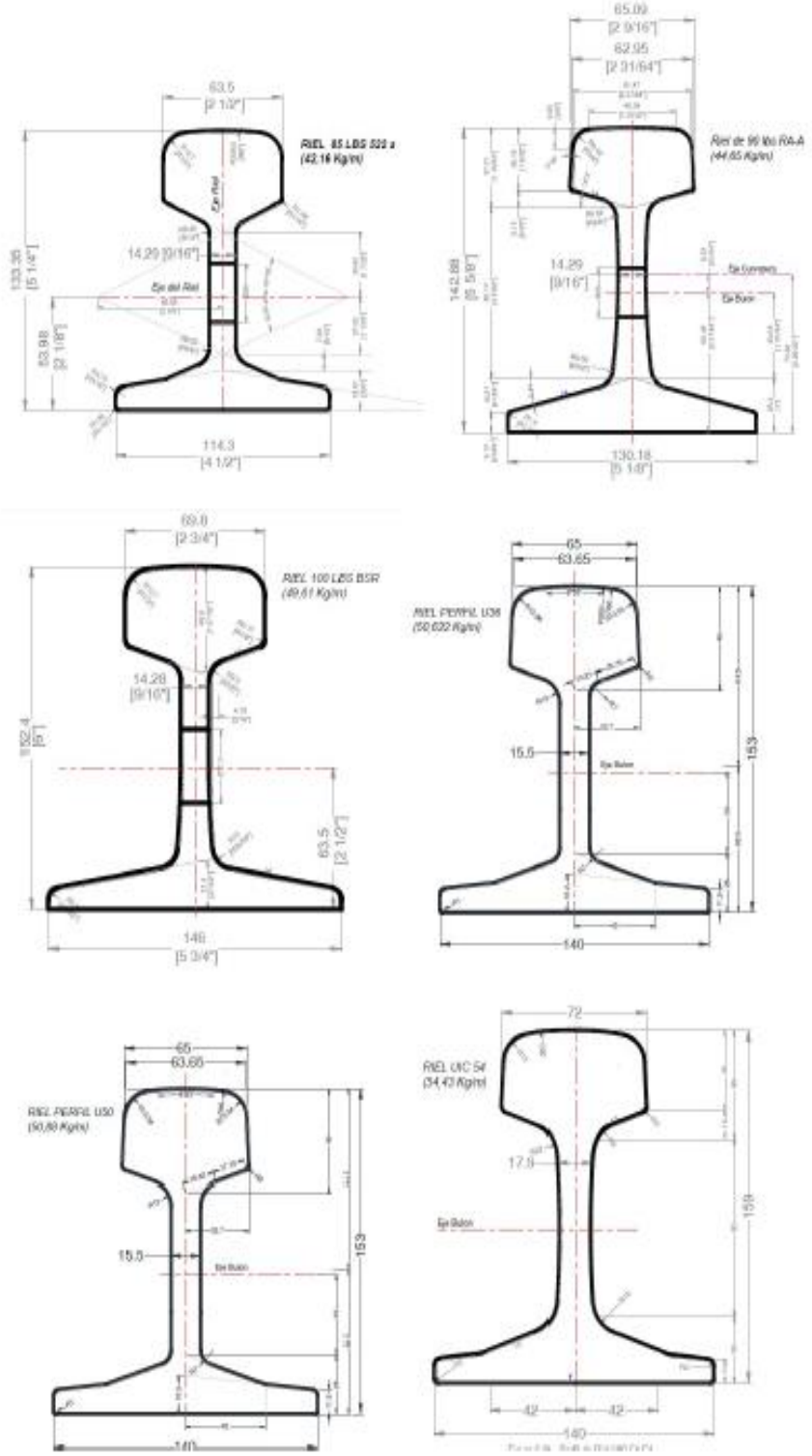


Gráfico n°4.13. Rieles utilizados en Argentina (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

6.2.3. Condiciones de fabricación que deben cumplir los aceros de los rieles

El acero de los rieles debe cumplir un conjunto de condiciones contradictorias entre sí, que obliga a buscar soluciones de compromiso (intermedias):

- Debe tener una débil resistencia a la rodadura: rieles lisos y rígidos.
- Debe poseer máxima adherencia: rieles rugosos.
- Deben carecer de fragilidad: rieles blandos.
- Deben tener resistencia al desgaste: rieles duros.
- Deben tener flexibilidad: rieles flexibles.
- Deben poseer soldabilidad.

6.2.4. Composición química de los aceros para rieles

El riel, que empezó siendo de hierro, es de acero hace ya bastantes años. La composición química del acero de los rieles es variable, y en relación con esta composición están los resultados de dureza, fragilidad, resistencia a la deformación y al desgaste. Los pliegos de condiciones definen las proporciones de los componentes, que esencialmente son el carbono, manganeso, silicio, fósforo y azufre, estos dos últimos resultan nocivos, especialmente el fósforo.

La composición química del acero es:

Carbono: de 0,37 a 0,73 %, con él aumenta la dureza y la resistencia al desgaste, pero también influye en la fragilidad.

Manganeso: de 0,86 a 1,75%, tiene influencia en la dureza, la resistencia al desgaste y a la tenacidad no frágil), pero disminuye la soldabilidad.

Silicio: 0,30%, aumenta la dureza, la resistencia el desgaste y facilita la laminación del riel.

Azufre y fósforo: menos de 0,05%, no son deseables porque dan fragilidad, pero es muy costosa su eliminación.

Variando estos componentes y de acuerdo al proceso de fabricación utilizado se consiguen distintas calidades de rieles.

A través de las cargas y de la circulación de los trenes los rieles se desgastan en vertical y lateralmente por el contacto de la pestaña con las ruedas. El mayor desgaste lateral de los rieles se produce en el riel exterior de las curvas. En vía recta por deficiencias en la alineación y nivelación se dan los desgaste laterales.

Los desgastes de los rieles en las juntas dependen fundamentalmente del estado de estas y del balasto.

6.2.5. Propiedades físicas de los aceros para rieles

Los aceros que se utilizan para rieles se sitúan en la gama de los contenidos de carbono entre 0,3% y 0,9 %, de estructura del tipo perlita – ferrita. Resistencia a la tracción: para los aceros comunes varía de 680 a 850 N/mm2, par a los aceros duros

es superior a 900 N/mm2. Para curvas de radios reducidos en líneas con tráficos importantes, se utilizan rieles con aceros especiales de resistencia a la tracción de 1000 a 1300 N/mm2. Los alargamientos en rotura deben ser < 14 % para aceros comunes y < 10 % para aceros duros.

Peso específico: 7,85 t/m3.

Coeficiente de dilatación térmica: α =1,05 x 10-5 1/ºC

Módulo de elasticidad: E =2,1 x 106 kg/cm^2

Dureza Brinell: 210 a 270ºBr (para aceros comunes) y 370ºBr (para aceros especiales).

6.2.6. Defectos de los rieles

Se denomina defectos a aquellas anomalías que aparecen en los rieles como consecuencia de su fabricación. La importancia de los defectos es muy grande, no solo desde el punto de vista económico, sino desde la seguridad de la circulación, puesto que la presencia de defectos en los rieles da lugar, bajo las cargas de servicio, a la aparición de averías o roturas en los mismos. Los defectos más importantes que aparecen en los carriles como consecuencia son los siguientes:

1) Defectos imputables al proceso de fabricación

Pese a los rigurosos controles en el proceso de fabricación así como a los ensayos de recepción, inevitablemente un cierto número de rieles deben ser retirados de servicio en forma prematura, por fisuras, roturas y averías. De estos defectos, un 20% a 25 % son de carácter metalúrgico, es decir debidos al proceso de fabricación, mientras que de un 75% a 80 % son atribuibles a causas externas.

2) Defectos debidos al tráfico

Los defectos provocados por el tráfico, son debidos a la fatiga por repetición de las cargas, cargas por eje muy elevadas, altas velocidades, también influye el trazado (curvas de radio reducido que da lugar al desgaste y fuertes pendientes que provocan patinajes). Entre los defectos más comunes se pueden enumerar los siguientes:

- Poceaduras por patinaje o frenado: debido a los fuertes rozamientos elevan la temperatura del riel en la superficie, plastificando la superficie de rodadura, dando lugar a la formación de escamas y provocando que se despegue la lámina superior.

- Flexión y fisuras en los extremos de los rieles con deformaciones permanentes debido a los golpes producidos por las ruedas al pasar por las juntas.

- Fisuras radiales en los orificios de los bulones de las eclisas.

- Fisuras transversales en la cabeza del riel provocadas por “mancha oval” que se debe a un proceso de enfriamiento muy rápido en la fabricación del riel, se puede evitar si el proceso de fabricación tiene un enfriamiento controlado.

- El desgaste del riel, se produce por una pérdida de masa de la sección transversal producida por la abrasión provocada por el paso de los vehículos.

Dentro de los distintos tipos de desgaste se encuentra: el desgaste lateral del riel exterior en curvas de radio reducido, así como la deformación plástica severa en el riel interior, este tipo de desgaste se mide con perfilómetros. Desgaste ondulatorio, se trata como su nombre lo indica de un desgaste que se caracteriza por deformaciones longitudinales en la superficie de rodadura de diferente longitud de onda.

3) Defectos debidos a las condiciones del medio ambiente

Los defectos atribuibles al medio ambiente; tales como la corrosión producida en zonas húmedas (túneles, o zonas mal drenadas); así como también zonas de alta salinidad. También influye las variaciones de temperatura, en épocas de frío intenso, aumenta la fragilidad de los rieles, lo que puede provocar roturas bruscas al paso de los trenes (la superficie de rodadura sufre un aumento de temperatura, mientras el resto de la sección del riel está frío lo que produce variación de tensiones que causa la rotura).

6.2.7. Desgaste de rieles

Se define como el límite de desgaste en función del área consumida del hongo del riel, tanto en vertical como en lateral, este está en el orden de los 25 a 30 % de su sección.

Para los límites de desgaste también pueden ser determinados a través de analizar el modulo resistente del hongo, considerando los aspectos de carga por eje, volumen transportado, densidad de durmientes que posee la vía y la velocidad del corredor.

Como desgaste vertical máximo, se considera que en vía principal la pestaña más alta no toque y/o desgaste las eclisas de las juntas. Está en el orden de los 8 a 10 mm según el perfil del riel.

La vida útil del riel es determinada básicamente por el límite de desgaste que ha experimentado a través del cálculo de su módulo resistente mínimo en función de su perfil, a su vez el desgaste del riel se da en función de la carga y clase de vía. Por lo tanto la vida útil del riel será variable conforme a las condiciones de tráfico y clase de vía a la cual el riel estará sujeto a sus características o perfil.

Es importante tener presente estos conceptos, cuando se procede a la inversión de rieles con desgaste laterales muy importantes que estarían al límite de su condenación, sea por ancho del hongo medido con calibre a 14 mm por debajo de la rodadura y/o con ángulos próximos a 30º.

Además del análisis referente a capacidad de soporte del riel en cuanto al tráfico ferroviario, la clasificación de los rieles para reemplazo debe atender las siguientes condiciones.

Verificar la existencia de fisuras, defectos superficiales, defectos identificados por ultrasonido, desgaste en ambos laterales del hongo (es decir que ya fue invertido), desgastes laterales y horizontales que superan los límites permitidos.

Verificar el perfil ante corrosión, principalmente en el patín del riel.

Rieles que presenten fisuras, fracturas, defectos superficiales (patinadas) que no posibiliten su corrección mediante esmerilado.

Los defectos geométricos afectan e incrementan el desgaste de los rieles y estos son:

- Alineación
- Nivelación longitudinal
- Nivelación transversal, alabeo
- Variaciones brusca de la trocha
- Inclinación deficiente del entalle

Todos estos defectos deben ser corregidos y estar dentro de los límites fijados para cada clase de vía y/o velocidad de circulación.

En curvas el riel exterior es el que más se desgasta, agravándose aún más en curvas de radios reducidos entre 250 a 500 m.

Para evitar desgaste en curvas se debe tener presente los siguientes parámetros:

- Correcto sobreancho con variación correcta en transición y constante en el sector de curva circular.
- Alineación en transición y curva circular lo más correcta posible y tratar siempre cuando se realizan estas correcciones locales con equipos de mecanización pesada que logran este objetivo o calcular la curva por el método de la flechas y proceder al ripado o alineación.
- Peralte inadecuado o brusco alabeo en transición y curva circular.

6.2.8. Elección del tipo de riel según su peso

La determinación del riel óptimo de acuerdo a su peso por metro lineal (q) es un problema en el que intervienen muchas variables, tales como las cargas por eje, la velocidad máxima, la densidad de tráfico, etc.. Se ha tratado a lo largo del tiempo de plasmar mediante fórmulas matemáticas, la relación existente entre el peso del riel (Kg/m) en función de las variables anteriormente mencionadas. La forma de calcularlo ha ido variando con la aparición de nuevas ecuaciones que dan una idea de cómo varía el peso con dichas características.

Congreso ferroviario de El Cairo (1968):

q (kg/m) = 2,5* P

Dónde:

P: es la carga estática por eje máxima en Ton/ eje.

Fórmula de Yershov:

q (kg/m) = Vmáx / 2,2

Dónde:

Vmáx: es la velocidad máxima de circulación en Km/ h.

Si bien estas fórmulas dan una idea del tipo de perfil de riel más adecuado según las características de la línea, las conclusiones finales para determinar la elección del tipo de riel dependen de las condiciones técnicas y económicas de cada país.

Por otra parte a nivel mundial las distintas acerías fabricantes de rieles tienden a la normalización y estandarización, como así también las distintas administraciones ferroviarias, lo cual invalida cualquier cálculo teórico, lo normal es acudir a consideraciones prácticas, tales como:

- El peso del riel (Kg/m) aumenta proporcionalmente con las cargas por eje, las velocidades y la densidad del tráfico.
- El aumento del peso del riel disminuye la resistencia a la rodadura y los gastos de explotación.
- No es recomendable que una red ferroviaria tenga más de 3 o 4 tipos de perfiles distintos, siendo recomendable la estandarización de los mismos.

Actualmente las principales administraciones ferroviarias a nivel mundial, consideran la elección del tipo de riel en función de la densidad de tráfico (T).

Cálculo del riel

Datos:

ADIF S.E. define para la renovación de las vías que la carga máxima por eje será de 22t (ver gráfico n°3.14.).
Carga máxima por eje – 22tn/eje
Velocidad máxima de circulación: 70km/h

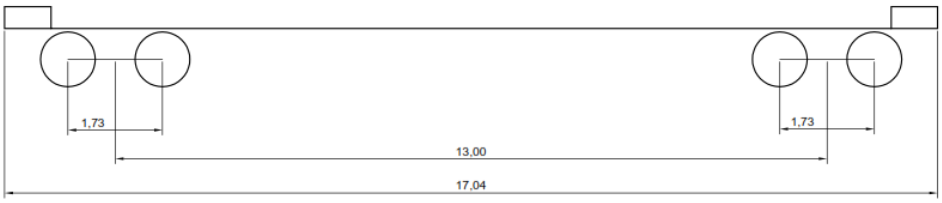


Gráfico n°3.14. Vagón tipo (fuente: ADIF S.E. , año: 2016).

Congreso ferroviario de El Cairo (1968):

q = 2,5* P = 2,5*22 tn = 55 kg/m

Fórmula de Yershov:

q = Vmax / 2,2 = 70km/h /2,2 = 31,82 kg/m

Para adoptar el riel se utilizaron las tablas de especificaciones geométricas para los distintos tipos de rieles del Manual del Acero en la Construcción o bien las tablas de

perfiles de los fabricantes. También se pueden utilizar las tablas del Ex – Ferrocarriles Argentinos que en la actualidad son usados por la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT).

Se adopta un riel U.I.C. 54 E1 de 18 metros de longitud, cuyas características se pueden observar en el grafico n°4.15.

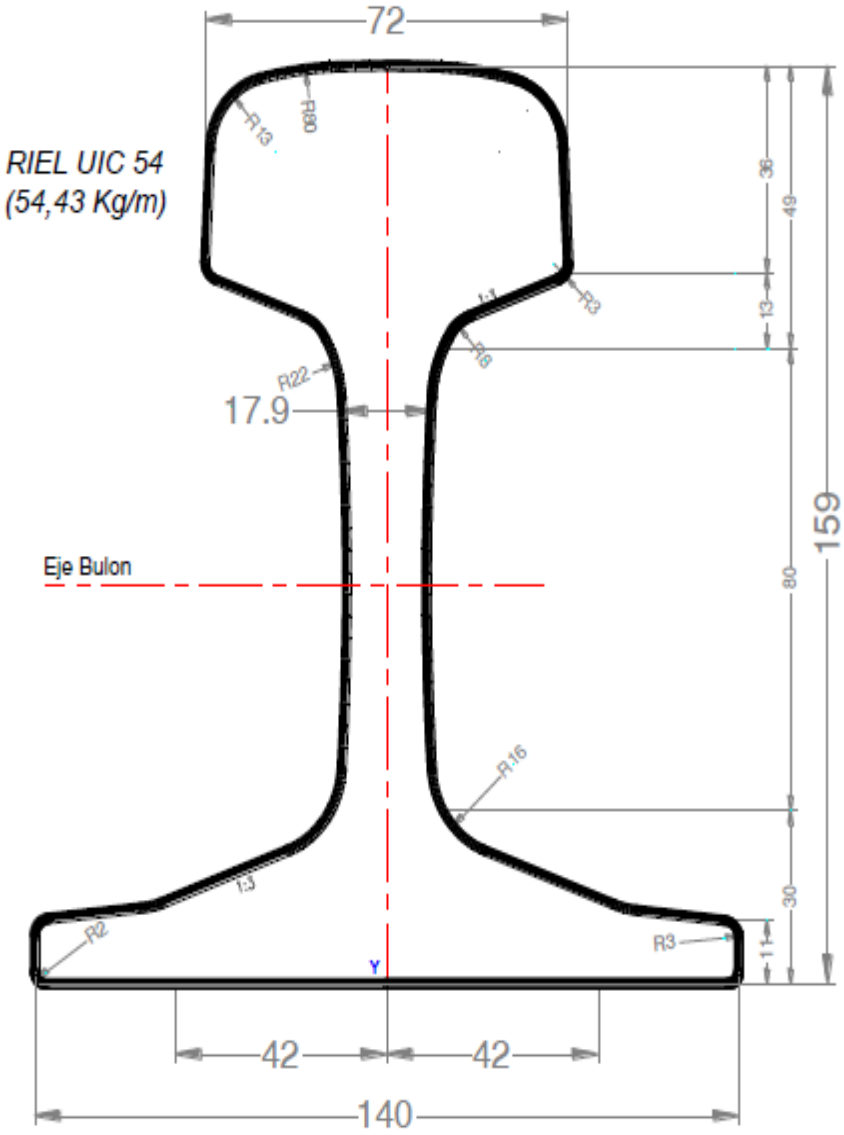


Gráfico n°4.15. Riel adoptado (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

6.3. Sujeciones

Su función es tan importante como la del durmiente, riel o balasto, son elementos que hacen posible la continuidad de la vía, estos cumplen con la función básica de unir el riel con los durmientes.

Sus funciones básicas son:

- Fijar los rieles a los durmientes.
- Asegurar la invariabilidad del ancho de vía.
- Facilitar la trasferencia de esfuerzos a la infraestructura generadas por el material rodante.

Para cumplir las funciones antes descriptas las sujeciones deberán poseer características básicas como resistencia mecánica y elástica adecuada, un menor número de partes lo que facilita su fabricación y montaje, bajo costo y gran duración.

La sujeción puede estar formada de varios partes como ser elementos de anclaje al durmiente, placas de asiento, y elementos de anclaje de la placa.

6.3.1. Clasificación

Una posible clasificación de las sujeciones puede ser:

- Sujeciones directas: puede existir una placa o no entre el riel y el durmiente pero la fijación se realiza a través de un solo elemento o conjunto de elementos trabajando en paralelo.
- Sujeciones indirectas: la sujeción de la placa al durmiente se realiza a través de un elemento o conjunto de elementos, independientes de los elementos que unen el riel a la placa.
- Sujeciones Mixtas: la unión de la placa al durmiente se realiza a través de elementos que cumplen solo esa función, pero la unión del riel a la placa se efectúa por elementos que actúan simultáneamente como sujeción del riel a la placa y a su vez al durmiente.

También de acuerdo a la naturaleza del elemento de sujeción podremos clasificar en:

- Sujeciones rígidas: la transmisión del esfuerzo se realiza por medio de un elemento rígido.
- Sujeciones elásticas: la transmisión del esfuerzo se realiza por un elemento elástico, pueden ser doblemente elásticas, en cuyo caso la sujeción del riel a la placa y la placa al durmiente son elásticas, o simplemente elásticas donde solo es elástica la fijación riel-placa o placa-durmiente.

6.3.2. Placas de asiento

No son un elemento de sujeción, pero forman parte del sistema de sujeción, la función primordial de este elemento es reducir la presión trasmitida por el riel, protegiendo al durmiente del riel, además proporciona elasticidad a la vía sobre durmientes de hormigón.

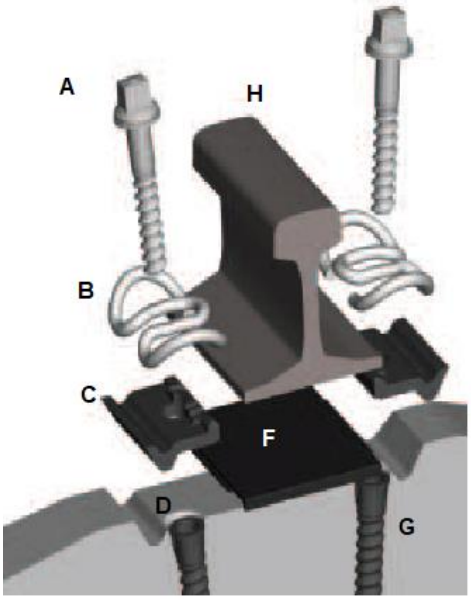
Cada sujeción lleva su placa de asiento específica, pero se pueden dividir en metálicas y elásticas, las metálicas tiene como finalidad ocupar una superficie mayor que la del patín del riel de modo de disminuir la tensión, las segundas pueden ser de caucho material sintético o madera y funcionan como amortiguador de vibraciones que el riel trasmite al durmiente da elasticidad a la vía he impide el desplazamiento longitudinal.

6.3.3. Elección de la sujeción

Habiendo seleccionado durmientes de hormigón para la renovación, con el fin de cumplir con las consignas descriptas anteriormente se optó por seleccionar como sujeción a una del tipo elástica con clip. En este tipo de sujeción se dispone de un elemento que, generalmente trabaja a torsión o flexión y torsión combinadas, está constituida por una barra de elevada elasticidad, su deformación al momento del montaje proporciona la fuerza para fijar el riel.

Optaremos por el sistema de sujeción de carril para durmientes de hormigón Sistema W 14 con clip elásticos SKL 14 de la empresa Vossloh Fastening Systems GmbH. La misma deberá cumplir con las especificaciones de la norma Sujeción de vías (ALAF 5-031) de la Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles.

El riel está separado del durmiente por medio de una placa de asiento intermedia elástica. El clip elástico con forma de "W" mantiene el riel presionado sobre el durmiente de hormigón mediante los brazos elásticos exteriores. El riel se introduce lateralmente por las placas acodadas que forman un canal. Las esfuerzos que se transmiten del riel a la placa acodada y de ahí a al durmiente de hormigón no generan curvaturas o esfuerzos de corte en el tirafondo. El bucle central del clip elástico evita que se generen deformaciones excesivas plásticas, a su vez funciona como protección antivuelco del riel. Ver gráfico n°4.16. y 4.17.



Descripcion:
A:Tirafondo
B:Clip elastico
C:Placa acodada
D:Espiga roscada
F:Placa de asiento
G:Durmiente
H:Riel

Imagen n°4.16. Detalle de elementos de sujecion sistema W14 con clip elásticos SKL 14 (fuente: empresa Vossloh Fastening Systems GmbH, año 2017).

Imagen n°4.17. Detalle de premontado y montado de sujecion sistema W14 con clip elásticos SKL 14 (fuente: Empresa Vossloh Fastening Systems GmbH, año 2017).

7. Dimensionamiento y cálculo de junta

Se denomina así a la unión longitudinal de dos rieles entre sí (ver Imagen n°4.1). Se realiza mediante dos piezas metálicas, que sirven de unión, llamadas eclisas. Este tipo de unión constituye un punto de debilidad de la vía, desde el punto de vista dinámico, por la discontinuidad de rigidez que se genera debido a una variación del momento de inercia. Se produce un choque al paso de las ruedas aumentando la resistencia a tracción provocando el corrimiento de los rieles y el deterioro de la capa de balasto en la zona. A la separación que queda entre los dos rieles se la denomina cala o luz.

Imagen n°4.1. Junta semisuspendida sobre durmientes de madera (fuente: Manual Integral de Vías, año 2010).

7.1. Funciones de las juntas

Podemos citar entre sus funciones:

- Facilitar la dilatación del riel ante las variaciones de la temperatura.
- Solidaridad entre los rieles que logren un comportamiento como una viga continúa.
- Presenten una resistencia a la deformación, lo más idéntica posible a la de los rieles.
- Que impidan los movimientos verticales o laterales de los extremos de los rieles, permitiendo el movimiento longitudinal (dilatación térmica), por tal razón el riel debe ser de mayor diámetro que el bulón de la eclisa.

7.2. Tipos de juntas

De acuerdo a la disposición de los durmientes (ver gráfico N°4.18) debajo de la junta, esta adopta formas de trabajo distintas, por los cual se denominan:

a) Suspendidas: El punto de junta carece de apoyo efectivo, la longitud de las eclisas es tal que no alcanza los durmientes.
b) Apoyadas: en estas el apoyo de la junta se realiza sobre el durmiente o los durmientes.
c) Semisuspendidas: Son similares a las suspendidas pero la longitud de la eclisa es tal que alcanza a los durmientes (resultan las más utilizadas)

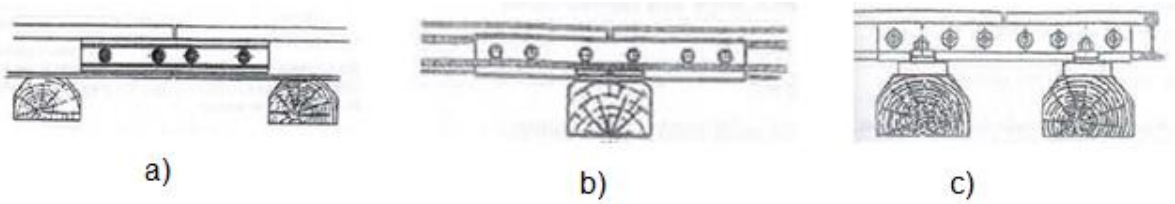


Gráfico n°4.18. Tipos de juntas (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

Si tomamos en cuenta la distribución de la junta respecto a otras en la vía, podemos distinguir dos procedimientos establecidos:

- Juntas a escuadras: en ambos rieles tienen la junta en un mismo plano perpendicular al eje de la vía.
- Juntas alternadas: son las que se encuentran desfasadas a una longitud predeterminada que se adopta 12m y/o media longitud de barra cuando estas son de 36 a 45m y se usa esta distribución de juntas en curvas.

7.3. Eclisas

La función de la eclisa es unir los rieles de forma que sus ejes longitudinales queden inmovilizados en una posición tanto en el plano horizontal como vertical. Las dos eclisas deben aportar prácticamente el mismo momento de inercia del riel. Con el transcurso del tiempo, las formas de las eclisas fueron cambiando. En la actualidad las más usadas son las eclisas tipo barras que en la parte exterior tienen dos rebordes y/o saliente en toda la longitud de la eclisa (ver gráfico n°3.19) que evitan el giro del bulón, cabeza cuadrada y cuello redondo cuando este es ajustado.

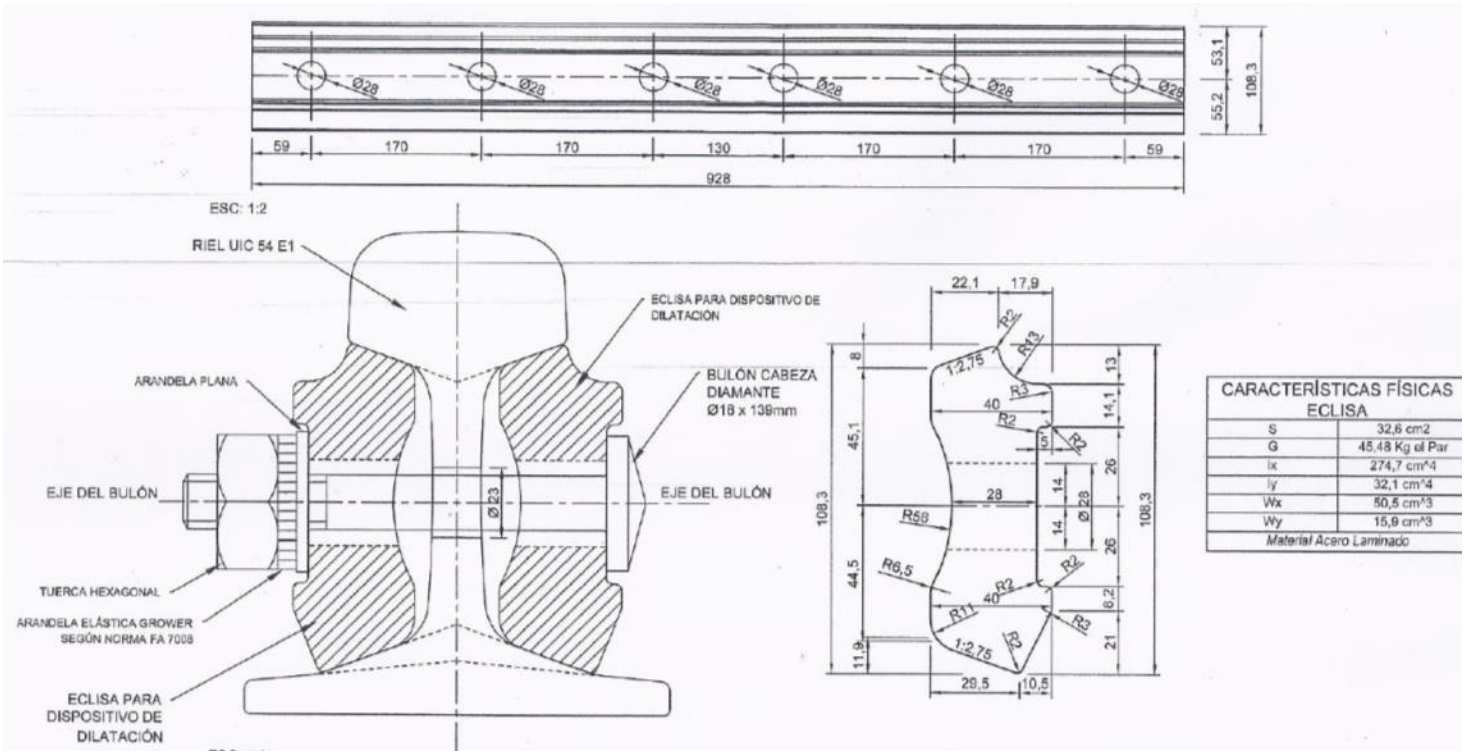


Gráfico n°3.19. Eclisas tipo para la renovación de la línea (fuente: ADIF SE, año: 2015).

Las eclisas se fabrican para cada tipo de riel y de acuerdo a la distribución de los agujeros que posee en cada extremo y pueden ser de 4 a 6 agujeros en el caso para el riel adoptado corresponderán 6 agujeros en las eclisas. Las características de las eclisas se establecen en la Norma IRAM-FA L 70-09 de Agosto de 1970.

7.4. Bulones

Son tornillos de cuerpo cilíndricos con un fileteado o rosca en su parte extrema o punta, con cabezas de distintas formas que se usan para apretar en forma conjunta con una tuerca a los dos componentes de la junta (ver gráfico n°4.20). Para el caso este deberán ser de fabricado en acero SAE 1040 a 1045, con una resistencia de 60 a 70 kg/mm, poseer un alargamiento mínimo de 17% bajo norma del Instituto de Racionalización de Materiales (IRAM-FA L 70-06).

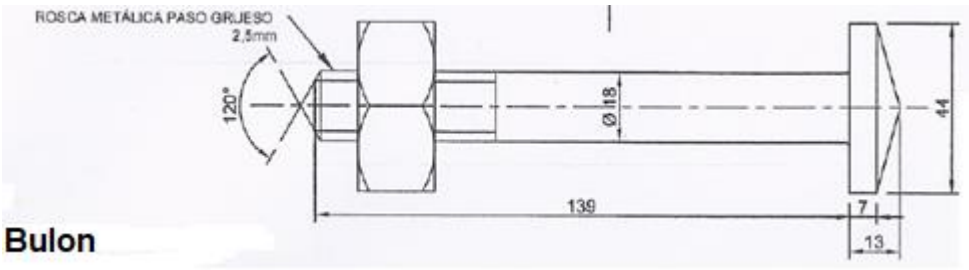


Gráfico n°4.20. Bulón Tipo para juntas (fuente: ADIF SE. Año: 2015).

7.5. Montaje

Para concretar la junta, en el momento del montaje de la eclisa se debe verificar la correcta alineación del hongo y la nivelación de la superficie de rodamiento. El apretado de los bulones deberá seguir el siguiente orden, tanto en montaje manual como en el montaje mecanizado:

- Ajustar primeramente los bulones del centro de las eclisas.
- Seguidamente ajustar los bulones intermedios.
- Por ultimo ajustar los bulones de los extremos.

Las eclisas actuales son las tipos barras, y se proyectan para que aporten el mismo momento resistente que el riel. El largo de las eclisas tiene relación con la cantidad de bulones cuanto más larga, mejor. Las eclisas a ser ajustadas, no deben tocar el alma del riel, o si no pierden tiraje y no durarán los bulones.

7.5.1. Luces y/o calas de dilatación en juntas

Las juntas deben permitir la libre dilatación y contracción del riel debido a la temperatura para fijar el tamaño de las luces de dilatación en el momento de la construcción o renovación de la vía nos remitiremos a la norma técnica de la Administración de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF SE), Vigilancia de las luces de dilatación y corrección del “corrimiento” (NTVO N°15).

Se recurre a la ecuación del Artículo 5 de dicha norma para fijar la abertura de las juntas a dar en el momento de la construcción o renovación, en vía al aire libre:

$$a = \propto * L * 10^3 * (tc - t)$$

Dónde:
a: Luz o Cala (mm).
L: largo del riel (m) la cual corresponde a rieles de 18,00 m
tc: temperatura de cierre (grados) del riel
la obtendremos mediante la ecuación:

$$tc = 1{,}25\ taire + 7° = 1{,}25 * 47° + 7° \cong 65°$$

taire: corresponde a 47° para la zona.
t: temperatura de colocación (grados) del riel de unos 32° aproximadamente.
α:11,7*10^{-6} 1/c°

$$a = 11{,}7 * 10^{-6} * 18{,}00\ m * 10^3 * (65 - 32) \cong 9mm$$

Se procederá a calcular la separación máxima (deberá ser mayor que la luz antes calculada a), que admite la junta mediante la ecuación descripta en el Manual Integral de Vías la cual relaciona los espacios disponibles entre los oficios (ver gráfico n°4.21) en los rieles y el diámetro del bulón

$$s = r + e + a - 2 * (d + b)$$

Dónde:
r: diámetro del agujero de riel (23mm).
e: diámetro del agujero de la eclisa (28mm).
a: distancia entre los ejes de los agujeros centrales de la eclisa (130mm)
d: diámetro del bulón (20mm).
b: distancia entre el extremo del riel y el eje del 1° agujero (60mm).
s: luz o cala máxima (mm).

Los valores son los correspondientes al tipo de riel y eclisa adoptado.

$$s = 23mm + 28mm + 130mm - 2 * (20mm + 60mm) = 21mm > 9mm\ (BC)$$

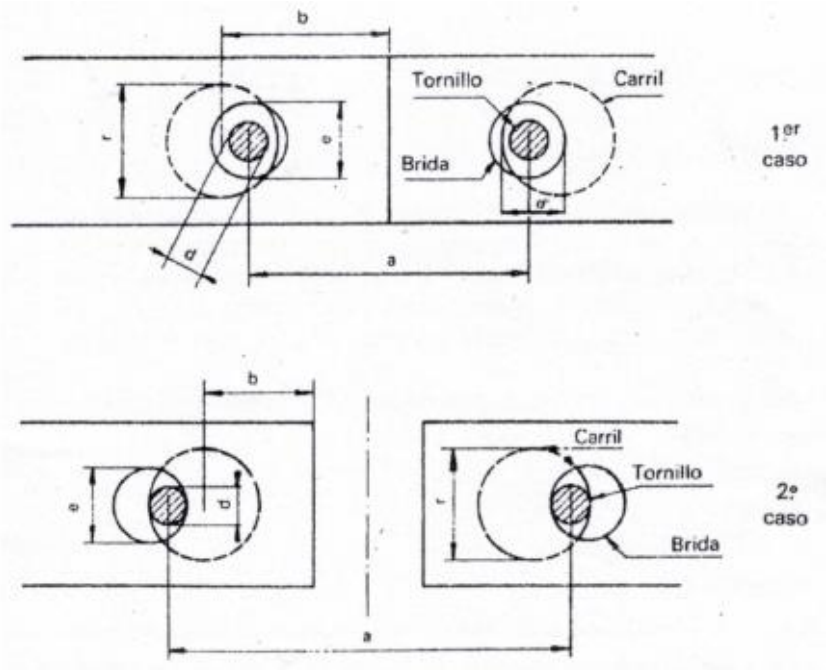


Gráfico n°4.21. Esquema de luz o cala (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

7.5.2. Anclas

Tiene la función de impedir el corrimiento de los rieles que se genera por efecto de la circulación del material rodante. Se colocan en contacto con los, de modo que los rieles transmitan las fuerzas que producen a causa de su corrimiento directamente a los durmientes y permitiendo al balasto efectuar la sujeción del durmiente.

Deben colocarse después de que el riel haya sido fijado a los durmientes, correctamente espaciados y encuadrados. No deben disponerse en los durmientes de juntas y contrajuntas, debido a que estos poseen otras solicitaciones y pueden ser sobrecargados, lo que generaría que se descuadrar.

Su distribución se lleva a cabo en función de la solicitaciones longitudinales que debe resistir la vía y todos los planos de distribución están en función de una cantidad

estimada mínima, el numero puede variar si la vía está en pendiente, zona de frenado, o lugares próximos a soporta corridas de largo trenes.

Una forma de verificar la cantidad de anclas es ver si hay una tendencia a empujar los durmientes y desplazar el balasto. Además podemos verificar el corrimiento mediante testigos cada 100 o 200m en zonas de frenado, aceleración y en cercanías de los paso a nivel según indica la norma técnica de la Administración de Infraestructuras Ferroviarias S. E. (ADIF SE), Ancla de doble cierre - colocación, extracción y distribución (NTVO N°12).

Actualmente los tipos de anclas son: Fair o V, las tipo T y las de doble cierre o tipo U, todas (ver gráfico n°4.22.) son utilizadas y dan buenos resultado cuando se posee patines de rieles con poco desgaste.

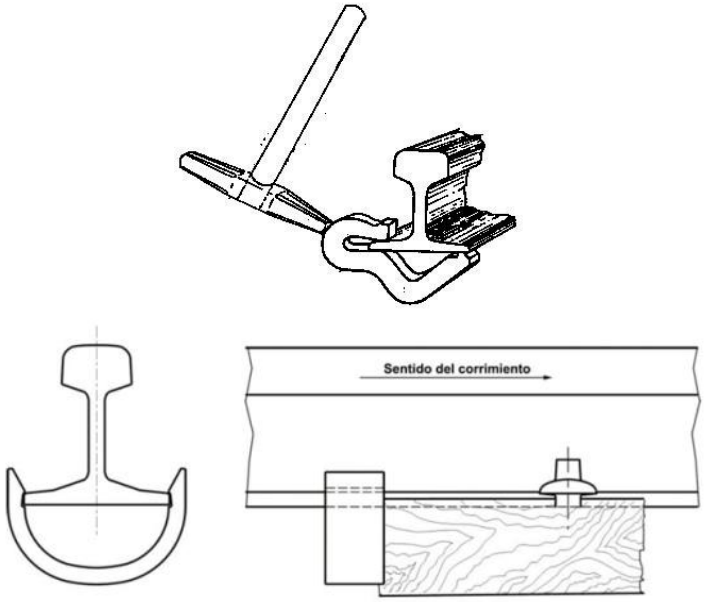


Gráfico n°4.22. Anclas tipo Fair (superior) y tipos U (inferior) (fuente: Manual Integral de Vías, año: 2014).

Cálculo de los esfuerzos que absorbe cada elemento debido a la variación de temperatura

Se procederá a obtener en número de anclajes necesarias para absorber los esfuerzos generados por la temperatura:

Partimos de los datos necesarios los cuales figuran en la tabla n°4.6

Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm2
Sección transversal del riel	Ariel	69.77	cm2
Coeficiente de dilatación del acero	α	0.000015	1/°C
Diámetro del agujero del riel	ϕriel	28.37	mm
Diámetro del bulón	ϕbulón	22.28	mm
Diámetro del agujero de la eclisa	ϕeclisa	23.8	mm
Espesor de la eclisa	d	1.27	cm
Luz máxima entre rieles	δ	13	mm
Carga máxima de tracción en el bulón	Pmáx bulón	5000	kg
Tensión de rotura del bulón	σrot bulón	5200	kg/cm2
Factor de seguridad	FS	1.5	
Tensión admisible al aplastamiento de la eclisa	σadm aplast	3800	kg/cm2
Número de rieles soldados consecutivos	Nrieles	4	
Longitud de cada riel	Lriel	18	mm
Fuerza axial que genera torceduras entre rieles	Paxrot	5000	kg
Fuerza que puede absorber cada durmiente	Fdurm	600	kg
Temperatura del riel en verano	ti	65	°C
Temperatura del riel en invierno	tf	-5	°C

Tabla n°4.6. Datos de entrada para el cálculo del número de anclas necesarios (fuentes: elaboración propia, año 2017).

a) Esfuerzo generado por la dilatación del riel

P= E x A_{riel} x α= 1673.60 kg/ºC

Cada eclisa absorbe: P/2= 836.80 kg/ºC

A cada lado del eje de la eclisa hay cuatro agujeros que transmiten:
P/4= 418.40 kg/ºC

b) Aportes a la resistencia a la variación de temperatura
b.1) Del bulón por flexión

Momento flector máximo en el bulón

$$Mmax = \frac{P}{4} xd = 531.37 kgcm/°C$$

Módulo resistente del bulón

$$W = \frac{\pi x\ (\emptyset bulon)^3}{32} = 1.09 cm3$$

Tensión de flexión en el bulón

$$\sigma fl = \frac{Max}{W} = 489.38 \frac{kg}{cm2C°}$$

Tensión de tracción en el bulón

$$\sigma tr = \frac{Pmaxbulon}{Abul} = 1282.50 \frac{kg}{cm2}$$

$$\sigma r = \sigma flx\Delta trbul + \sigma tr$$

$$\Delta trbul = \frac{\sigma rbul - \sigma tr}{\sigma fl} = 8.01°C$$

$$\Delta tadmflexbul = \frac{\Delta trbul}{FS} = 5.34°C$$

b.2) Del bulón por aplastamiento

$$\sigma aplx\Delta t = (\frac{P/2}{\emptyset bxd})x\Delta t = 295.73 \text{ kg/ (cm2 ºC x } \Delta t)$$

$$\sigma apx\Delta t \leq \frac{\sigma admapl}{\sigma ap}$$

$$\Delta tamdplbul = \frac{\sigma admapl}{\sigma apl} = 12.85ºC$$

b.3) De la fricción entre eclisa y riel

$$\Delta t = \frac{2xPmàxbul}{P} = 5.98ºC$$

b.4) De la libre dilatación del riel

$$\Delta tdil = \frac{\delta}{NrielesxLrielx\alpha} = 15.70°C$$

b5) Del contacto entre rieles:

Se adopta una fuerza axial admisible 60% menor a la que genera torceduras en el riel

$$Pxadm = 0.60\ xPaxrot = 30000kg$$

$$\Delta tcont = \frac{Paxadm}{P} = 17.93°C$$

c) Resistencia total a la temperatura

$$\Delta total = \Delta tadmflexbul + \Delta tadmaplbul + \Delta tfric + \Delta tdil + \Delta tcont = 57.79°C$$

d) Número de anclas

Diferencia de temperatura a absorber mediante anclajes del riel al durmiente

$\Delta \tan c = \Delta t - \Delta ttotal = 12.21°C$

Fuerza a absorber por las anclas

Fanc= Δtanc x P= 20439.29kg.

e) Número necesario de durmientes con anclas

$$Nnecduranc = \frac{Fanc}{Fdurm} = 34.07$$

Adoptamos un número de durmientes por riel largo soldado de Ndurm/riel= 19

Para una longitud total de:
L= Nrieles x Lriel= 72m.

Con un número de anclas por durmientes Nanc/durm= 4 y un número de rieles por km:

Nrieles/km x 72.84m/riel= 1000m/km= 13.89 rieles/km.

f) Número inicial de anclas por km

$$N´anc/km = \frac{Nanc}{durm} x \frac{Ndurm}{riel} x \frac{Nrieles}{km} = 1056 anclas/km$$

Se aumenta el número de anclas un 20% para absorber temperaturas anormalmente elevadas:

Nanc/km= 1267anclas/km

8. Balasto y plataforma

8.1. Balasto

El balasto es el material que se coloca sobre la superficie de apoyo (plataforma o plano de formación) en un espesor de 10 a 30 cm y debajo de los durmientes, a los efectos de la sustentación, elasticidad y drenaje de la vía. Además permite una repartición uniforme de la carga de los vehículos.

El balasto debe estar constituido por piedra partida proveniente de cantera, por la trituración de rocas de calidad aceptada por las normas. La granulometría más usada es la de grado A1, según norma FA 7040.

Aunque hay lugares donde se usan otros tipos de balasto tales como escoria de altos hornos, ripios arenosos y tierra, el de piedra partida es el de mejor calidad y el de mejor comportamiento en vías de alta carga por eje.

8.1.1. Funciones

Se reconocen en el balasto las siguientes funciones:

- Repartir uniformemente sobre la plataforma las cargas que recibe de la traviesa de forma tal que su tensión admisible no sea superada.
- Estabilizar vertical, longitudinal y lateralmente la vía.
- Amortiguar, mediante su estructura pseudo-elástica, las acciones de los vehículos sobre la vía.

- Proporcionar una rodadura suave a los vehículos y un notable confort a los viajeros.
- Proteger la plataforma de las variaciones de humedad debidas al medio ambiente.
- Facilitar la evacuación de las aguas de lluvia.
- Permitir la recuperación de la calidad geométrica de la vía mediante operaciones de alineación y nivelación.
- Garantizar la elasticidad de la vía con el fin de reducir las fuerzas dinámicas y transmitirlas lo más atenuada posible al plano de formación.

8.1.2. Características

Para poder cumplir las funciones referidas en el apartado anterior, los materiales utilizados como balasto en las vías férreas deben poseer ciertas características

- Naturaleza del material

Para poder soportar elásticamente las cargas que el durmiente le transmite el balasto necesita ser bateado, es decir, compactado mediante la acción unos bates; este hecho exige que los materiales utilizados deban resistir la acción de los bates sin llegar a la rotura.

Las rocas utilizadas para el balasto deben ser rocas duras y tenaces, como las rocas ígneas y metamórficas, tales como el granito, diorita, cuarcita, basalto, etc.

- Granulometría

Para que el bateo mecanizado sea posible de forma eficaz, se necesita que dichos materiales posean dimensiones comprendidas entre los límites máximos y mínimos. Se limita de este modo el tamaño superior del balasto a 6 cm y el inferior a 2 cm. Esto se ha estudiado empíricamente a través del tiempo comprobando que las partículas muy grandes darían lugar a un mal apoyo de la cara inferior del durmiente. Por otro lado las partículas muy pequeñas hacen que el balasto pierda elasticidad, además que se colmate fácilmente perdiendo permeabilidad y capacidad de drenaje.

Una buena granulometría mejora la trabazón entre las partículas, logrando que las partículas más pequeñas ocupen los huecos que queden entre las más grandes.

- Forma geométrica de las partículas.

Por lo que se refiere a la forma de las partículas, indicaremos que el carácter lajoso de las mismas dificulta el compactado del balasto por los bates mecánicos, dando lugar, además, a unas deformaciones plásticas superiores a las correspondientes a formas más próximas a la cúbica. Se exige, por lo tanto, que el balasto tenga una forma poliédrica con aristas vivas, lo que obliga a su obtención mediante operaciones de machaqueo de rocas sanas.

- Índice de huecos

Al reducir el índice de huecos, aumenta el ángulo de fricción interna del balasto, por lo tanto aumenta el esfuerzo cortante y al aumentar este, aumenta la resistencia a la deformación, logrando así una mayor estabilidad de la vía. Al reducir la porosidad, se logra una mayor fricción y una mejor trabazón entre las partículas. Para reducir la

porosidad inicial, se debe dar a la capa de balasto una energía de vibración adecuada mediante el empleo de máquinas bateadoras. Para poder efectuar un buen bateo mecanizado, el espesor de la capa de balasto debajo del durmiente debe ser de al menos 15 cm.

8.1.3. Análisis de las especificaciones sobre balasto

Material a utilizar

Distintos materiales son utilizados como balasto, tomando como criterio para su elección consideraciones técnicas y económicas.

En Argentina se utilizan las normativas de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT). Para el caso del balasto la normativa consultada es la FA 7040 que establece:

- El balasto utilizado deberá estar constituido por piedra partida triturada proveniente del triturado de rocas de calidades similares.
- Deberá estar constituido por partículas duras, libres de materias agresivas, grietas o hendiduras.
- Las rocas empleadas en la fabricación de balasto serán rocas magmáticas, metamórficas de origen ígneo y cuarcíticas.
- Se excluirán aquellos que contengan carbonatos y/o sulfatos así como también las escorias de altos hornos.
- El balasto será extraído de bancos sanos (roca fresca) de la cantera, con exclusión de aquellos que presenten alteración.
- No deberá presentar componentes frágiles tales como determinados vidrios de origen cementante, formando parte de la masa.

Forma de las partículas

En lo que se refiere a la forma de las partículas del balasto, prescriben que las mismas deben presentar forma poliédrica o piramidal, con aristas vivas.

Limitando además el porcentaje de partículas planas o achatadas, entendiéndose por tales, aquellas partículas cuya mayor dimensión sea superior a cinco veces su espesor promedio, en una proporción no mayor del 5% en masa.

Granulometría

Las curvas granulométricas del balasto deberán estar situadas en todos los puntos entre los valores límites de la tabla nº4.7; se podrá solicitar al proveedor rectificación de elaboración, si las curvas granulométricas resultantes no son aproximadamente paralelas a las determinadas por los limites adoptados.

DESIGNACION DEL TAMIZ	GRADO A-1	GRADO A-2
	BALASTO PARA CAPA BATEADO	BALASTO PARA LEVANTE CALIBRADO
	Material que pasa (% en masa)	Material que pasa (% en masa)
IRAM 63 mm (2 1/2")	100	---
IRAM 51 mm (2")	85 a 100	---
IRAM 38 mm (1 1/2")	35 a 70	---
IRAM 25 mm (1")	0 a 15	100
IRAM 19 mm (3/4")	0	15 a 100
IRAM 16 mm (5/8")	---	0 a 30
IRAM 9,5 mm (3/8")	---	0

Tabla n°4.7. Valores de granulometría límites (fuente: Norma FA 7040, año: 1975).

Tolerancias

El porcentaje de piedra partida retenida por el tamiz IRAM 63 mm (2 ½´´) no deberá exceder el 5% en masa pero deberá pasar en todos los sentidos por el tamiz IRAM 89 mm (3 ½´´).

El porcentaje de piedra partida pasante por el tamiz IRAM 19 mm (3/4´´) no deberá exceder el 5% en masa, pero deberá quedar retenido por el tamiz IRAM 11 mm (7/16´´).

Optaremos por adoptar un balasto cuya granulometría deberá corresponder con los valores límites de grado A1, como puede verse en la tabla n°4.7.

Resistencia al choque, al desgaste y al medio ambiente

Con respecto a la resistencia al choque, desgaste y al medio ambiente la normativa de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT), en su gerencia de infraestructura, establece la metodología de los ensayos y sus valores limites correspondientes.

8.2. Plataforma

La plataforma es el elemento que soporta la estructura de la vía y que recibe a través de la capa de balasto las tensiones debidas a la acción del tránsito.

8.2.1. Funciones

Las plataformas ferroviarias tienen como función principal el proporcionar el apoyo a la estructura de la vía de modo que no sufra deformaciones que impidan o influyan

negativamente en la explotación, bajo las condiciones de tráfico que determina el trazado de la vía.

Dicho apoyo implica la existencia en la plataforma de ciertas características resistentes, que deberán alcanzarse por tratamientos especiales, cuando el suelo no alcance los niveles previstos por si solo o mediante la intercalación de capas de asiento intermedias entre el suelo natural y la capa de balasto.

8.2.2. Problemas que presenta la plataforma

Los problemas que la infraestructura presenta pueden agruparse en la forma siguiente:

- Determinación de su capacidad portante: esto incide directamente sobre el dimensionamiento de la vía, en particular sobre el espesor óptimo de balasto.
- Causas y efectos de deformaciones y asientos: este aspecto incide sobre la degradación de la geometría de la vía con el tráfico.

8.2.3. Aspectos fundamentales de la plataforma

Los aspectos fundamentales que permiten determinar los tipos de suelos a emplear en la construcción de la plataforma son las siguientes:

- Características geotécnicas de los distintos tipos de suelos que constituyen la plataforma.
- Condiciones hidrológicas y geológicas del lugar donde se desea emplazar (o donde se haya emplazado la vía).
- Características del tráfico que soporta (o que soportaría): velocidad, carga por eje, tonelaje bruto.

Debe determinarse si los pesos que circulan, mayorados por la velocidad, a través de las transferencias sucesivas, llegan a la plataforma siendo menores que las tensiones admisibles de la misma. Si las tensiones sobrepasan los límites admisibles, aparecen los problemas de hundimiento y rápida degradación.

8.2.4. Deformaciones y asientos debidos a la inestabilidad de la propia plataforma

La plataforma ferroviaria se encuentra sometida a solicitaciones de carácter estático y dinámico, teniendo su origen este último, en los impactos y vibraciones debidas a la variación de la carga en el carril y en las vibraciones transmitidas por el material rodante.

Sin embargo los métodos de cálculo se limitan a tener en cuenta los esfuerzos estáticos y en ocasiones dinámicos, no quedando recogidos los fenómenos de carácter vibratorio.

Por lo tanto el comportamiento resistente de la plataforma no siempre este asegurado y sean posibles asientos y deformaciones, cuyo origen se encuentra en la inaptitud de la infraestructura, para soportar las acciones del tráfico y que pueden incrementarse por los siguientes motivos:

- Drenajes insuficientes: el efecto del agua disminuye la capacidad portante de la plataforma.

- Elevado nivel de la napa freática.
- Durmientes de superficie de apoyo reducida y con separación excesiva entre ellas.
- Bajo peso por metro lineal de los rieles.
- Espesor insuficiente de la capa de balasto.
- Contaminación de la capa de balasto.

Por tales motivos es importante para mantener y prolongar la estabilidad de la plataforma, prever oportunamente o realizar medidas correctivas para aliviar las tensiones en la plataforma, tales como:

- Construir los drenajes necesarios (cunetas laterales y de coronamiento, drenes).
- Dotar a la subrasante y capas de base de pendientes transversales (4%).
- Aumentar el espesor de las capas de balasto dentro de los límites normalizados lo que permite que las tensiones sobre la plataforma disminuyan al aumentar dicho espesor.
- Disminuir la separación entre durmientes.
- Colocar rieles de mayor peso.

8.2.5. Mejoramiento artificial de la calidad de los suelos

Para mejorar el poder soporte de un suelo, se pueden emplear varios procedimientos:

- Estabilizado granulométrico: mediante la mezcla de suelos de distinta granulometría, incluso agregándole piedra triturada o polvo de cantera.
- Estabilizado con suelo-cal: es un procedimiento recomendado para suelos arcillosos, ya que la cal absorbe humedad por lo tanto evita la expansión por aumento de volumen.
-
- Estabilizado con suelo-cemento. Este tipo de tratamiento resulta más eficaz en suelos granulares (tipo gravas o arenas).
-
- Estabilizado con materiales sintéticos: En muchos casos se ha realizado estabilizado del suelo mediante la incorporación de productos sintéticos, tales como productos asfálticos. En otros casos se le han incorporado al suelo a presión soluciones de silicato de potasio o de sodio, la reacción química resultante forma un gel de ácido silícico que hace aumentar la capacidad portante del suelo y además lo hace impermeable al agua.

- Revestimiento de la subbase con impermeabilizantes: Como ya se ha mencionado el agua es el principal enemigo de la infraestructura, se puede proteger la plataforma del agua de lluvia colocando como capa de coronamiento de la misma, una carpeta asfáltica. Si bien esta es una muy buena solución, resulta muy costosa.

8.2.6. Protección de los taludes

Factores fundamentales que se deben analizar:

- Naturaleza del terreno (material suelto o roca).

- Características geométricas y resistentes (ángulo de estabilidad del talud).
- La presencia de agua

Metodologías a aplicar para solucionar el problema:

- Métodos que mejoran o conservan el perfil geométrico del talud.
- Tratamientos que disminuyen las tensiones cortantes en el talud.
- Sistemas que incrementan la resistencia del talud al esfuerzo cortante.

Protección contra la erosión:

- Revestimiento de los taludes y contrataludes con suelos vegetales (suelo-pasto) y siembra de gramíneas.
- Arbolado.
- Revestimiento de los taludes y contrataludes con morteros y telas impermeabilizantes.

Protección contra desprendimientos en contrataludes:

- Inyecciones.
- Bulonado.
- Revestimiento de los taludes y contrataludes con mallas y telas metálicas.

Protección en el pie del talud:

- Muros de contención.
- Gaviones.
- Tablestacas.

8.2.7. Capacidad portante de la plataforma

El estudio de la capacidad portante de la plataforma exige la consideración no solo de las características geotécnicas de los materiales que la constituyen, sino además la influencia del agua y las condiciones de drenaje del lugar, así como también las condiciones del tráfico (densidad y cargas por eje).

En general el orden de magnitud de la capacidad portante que deberá exigirse a la plataforma, está comprendido entre 0,6 y 1 kg/cm^2 según ponen de manifiesto tanto los cálculos teóricos como las medidas experimentales.

Los suelos no cohesivos (gravas y arenas) tienen una buena resistencia, los suelos plásticos no obstante (arcillas y algunos limos) requieren un mejoramiento artificial de sus características resistentes.

De las investigaciones realizadas por Heukelom y Klomp, en el marco de la carretera, les permitió formular la siguiente expresión para la tensión admisible de un suelo σ_{adm} , después de N ciclos de cargas:

$$\sigma_{adm} = \frac{0{,}006 \times E_d}{1 + 0{,}7 \times logN}$$

Dónde:

Ed: módulo de elasticidad dinámico del suelo que se puede calcular como Ed= 100*CBR.
N: número de ciclos de carga.

La aplicación de dicha fórmula en el campo ferroviario fue llevada a cabo por primera vez por el profesor Eisemann, lo que permitió proponer los siguientes valores para la tensión admisible de los distintos suelos.

- Arcilla blanda……. 0,2 a 0,3 kg/cm^2
- Arcilla semiresistente…… 0,3 a 0,4 kg/cm^2
- Arena con granulometría uniforme…… 0,4 a 0,6 kg/cm^2
- Grava arcillosa…….. 0,8 a 1,0 kg/cm^2

Estos valores fueron obtenidos, a partir de la expresión anterior, para un número de ciclos N igual a 2 x 10^6, fijado de modo cuasi empírico.

Si bien la expresión constituye un importante avance en el conocimiento de la capacidad portante de los suelos, se presenta el problema de como determinar en la práctica el valor del módulo dinámico $E_{d.}$ Numerosos investigadores han tratado de establecer correlaciones entre dicho modulo y el índice CBR, por ser este un parámetro de fácil determinación. Sin embargo, las correlaciones propuestas presentan una gran variedad.

En la práctica ferroviaria se utiliza normalmente, la expresión debida a Heukelom:

$$\mathrm{E_d} = 100 \times \mathrm{CBR}$$

8.2.7.1. Diseño integral del sistema balasto-plataforma

Los estudios experimentales en distintas administraciones ferroviarias han llevado a considerar por un lado las características del tráfico que soporta el tramo de vía objeto de diseño y por otro lado, las características resistentes del sistema balasto – plataforma en su conjunto (teniendo en cuenta todo el paquete estructural constituido por la capa de balasto, las capas de coronación y la subrasante).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, existen diversos métodos para el diseño del sistema balasto-plataforma.

De acuerdo a lo ya expuesto, las subrasante puede clasificarse según su capacidad portante en:

- Subrasante de capacidad portante mala: 3 < CBR < 5
- Subrasante de capacidad portante media: 5 < CBR < 20
- Subrasante de capacidad portante buena: CBR ≥ 20

En la dinámica ferroviaria se consideran dos variables clásicas:

- **Rigidez**

Este concepto tendrá relación con el sistema durmiente balasto plataforma, sobre el cual estará apoyado el riel. La rigidez será utilizada para el dimensionamiento de una vía férrea mediante el uso de teorías como las de Zimmermann, Talbot y

Timoshenko. La rigidez de la vía está íntimamente relacionada con el dimensionamiento de los elementos de la infraestructura, en especial del balasto. Esta rigidez viene asociada a una resistencia a la deformación vertical que experimentaría la vía.

- **Amortiguamiento**

Está ligado a la rigidez del conjunto de la vía como un emparrillado. Se emplea en laboratorio, en ensayos in situ utilizando modelos matemáticos que representen el mecanismo de transmisión de esfuerzos. La acción dinámica de los ferrocarriles por el movimiento de las ruedas de los vehículos sobre la vía, tendrá particular importancia, ya que la transmisión de esfuerzos a la plataforma no podrá ser tratada como en el estado estático, por este motivo, el sustento que proporciona la infraestructura, a través de la plataforma, considera el Módulo de Elasticidad Dinámico Ed.

Para cálculos aproximados se puede evaluar la carga dinámica del ferrocarril (según Eisemann) obtenida de multiplicar la carga estática "Qe" por el factor de mayoración "ϕ".

$$Q = Q_e \times \phi$$

ϕ: es el coeficiente de mayoración de cargas estáticas, se calcula con la expresión:

$$\emptyset = 1 + \emptyset_v \times k \times s$$

Dónde:

$$\emptyset_v = 1 + \frac{(v - 60)}{140}$$

Reemplazando

$$\emptyset = 1 + k \times s \times \left[1 + \frac{(v - 60)}{140}\right]$$

Dónde:
ϕ: coeficiente de mayoración de cargas.
k: factor igual a 3; que proporciona una seguridad estadística del 99,7%
v: velocidad expresada en km/h
s: coeficiente que tiene en cuenta el estado de la vía adopta los valores:

0,1 vías en muy buen estado
0,2 vías en buen estado
0,3 vías en mal estado

Se utilizarán las expresiones de Talbot para la rigidez partiendo por el hundimiento que produce la carga Q, para el posterior cálculo del espesor del balasto.

En relación a la aplicación práctica de la metodología que el único factor desconocido es el módulo de la vía U.

En este sentido Talbort indico para dicho factor un intervalo de variación de 37 a 357 kg/cm 2, intervalo que coincide con el indicado por Hay y Ahlf.

En relación a la influencia del espesor del balasto en el módulo de la vía, la gráfico nº4.23. muestra los resultados obtenidos por López Pinta, los cuales ponen de manifiesto una relación de tipo lineal para ambos factores, fijada la capacidad portante de la infraestructura.

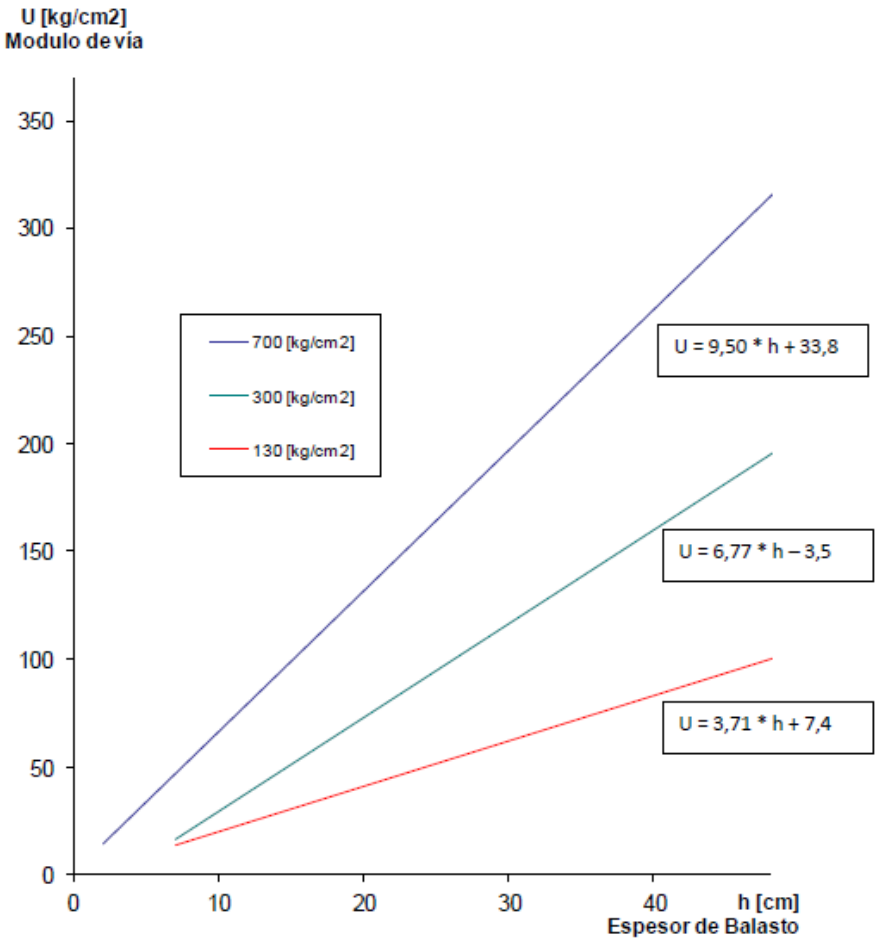


Gráfico n°4.23. Variación del módulo de la vía U con el espesor del balasto para distintas infraestructuras (fuente: Tratado de ferrocarriles I, año: 1977).

Como se mencionó anteriormente, el espesor del balasto tiene influencia en la rigidez de la vía, ya que cuanto mayor es la altura del balasto, tanto más es la elasticidad de la vía. Para la relación con la rigidez se debe conocer la tensión máxima en la base del durmiente, que es la carga que soporta inmediatamente el balasto utilizando la ecuación:

$$\sigma_d = \frac{Q \times d}{2 \times F} \sqrt[4]{\frac{U}{4 \times Er \times Ir}}$$

Dónde:

σd= Tensión en la base del durmiente (kg/cm^2).

Q= Carga dinámica por rueda (kg). Se la puede calcular multiplicando la carga estática Qe por el factor de mayoración ϕ.

U= Módulo de vía (kg/cm^2).

Er= Módulo de elasticidad del riel (kg/cm^2).

Ir= Momento de inercia del riel (cm^4).

F= área que soporta el peso de una rueda (cm^2).

d= separación entre durmientes (cm).

Para el cálculo del espesor de balasto el Ingeniero Fox, elaboró mediante ensayos de laboratorio un método que relaciona la altura o espesor de balasto con la razón entre los módulos elásticos de la plataforma “Ep” y del balasto “Eb” con la razón de las tensiones admisibles del balasto y de la plataforma. Esto implica que las características portantes de la infraestructura tienen un papel muy importante en la altura de balasto necesaria para soportar las cargas dinámicas producidas por el movimiento de los trenes sobre la superestructura.

En el gráfico n°23, se ilustra el ábaco propuesto por Fox para el cálculo de la altura de balasto. De aquí se obtiene la razón de las tensiones admisibles de la plataforma y del balasto (σp / σd).

El cálculo se realiza mediante el tanteo de la altura de balasto, asumiendo un espesor de balasto, para luego calcular la tensión admisible de soporte de la infraestructura.

La tensión en la plataforma se obtiene de la expresión

$$\sigma_p = \left({}^{\sigma_p}/_{\sigma_d}\right) \times \sigma_d$$

Si $\boldsymbol{\sigma_p > \sigma_{padm}}$, se debe realizar otra iteración con un nuevo valor de h.

Si $\boldsymbol{\sigma_p < \sigma_{padm}}$, verifica => Buenas condiciones.

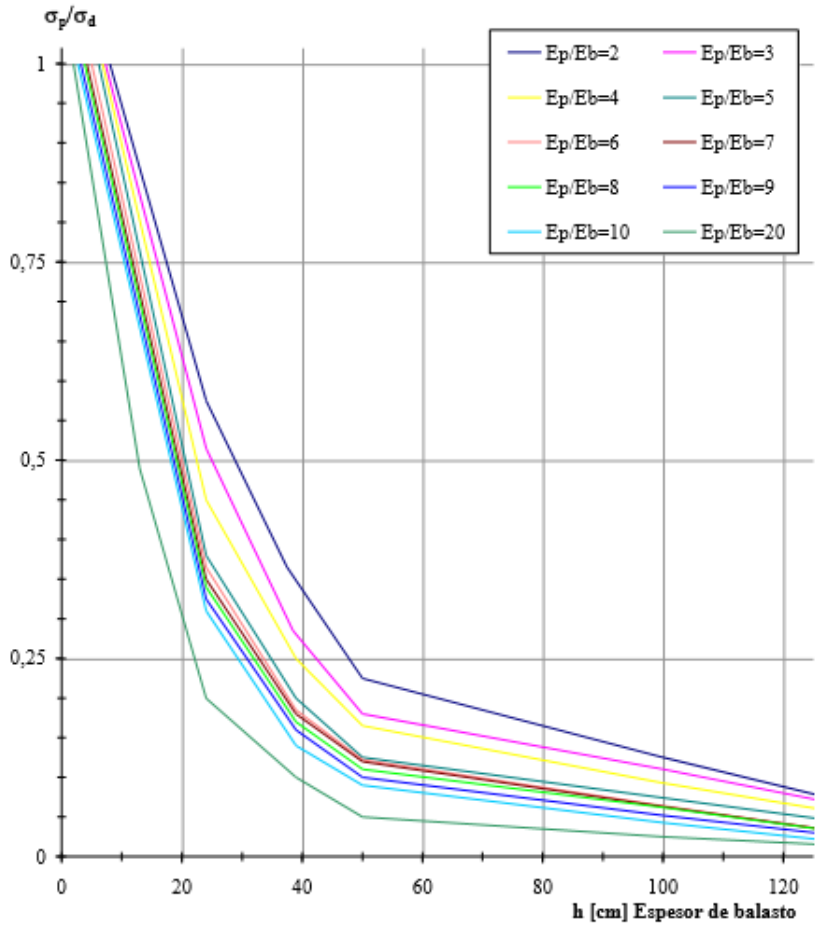


Grafico n°4.23. Abaco Propuesto por Fox (fuente: Tratado de Ferrocarriles I año:1977).

8.2.7.2. Calculo del espesor del balasto

Datos:
Carga estática (Q): 11 tn/rueda
Trocha (S): 1 m
Coeficiente del estado de la vía (s): 0,2
Factor que proporciona seguridad estadística del 99,7% (k): 3
Separación entre durmientes: 0,667 m
Velocidad: 70 km/h
Inercia del riel: 2.337,9 cm4
Módulo de elasticidad del riel: 2.100.000 kg/cm2

El cálculo se realiza para el tramo que va desde la progresiva 1332 al 1325, luego mediante una tabla resumen quedara expresado los resultados para todos los tramos en estudio.

a. Coeficiente de mayoración de carga estática

$$\emptyset = 1 + \left[1 + \frac{(v - 60)}{140} \times k \times s\right] = 1 + \left[1 + \frac{70 - 60}{140}\right] \times 3 \times 0{,}2 = \mathbf{1{,}96}$$

b. Carga dinámica

$$Q = \emptyset \times Q_e = 1{,}96 \times 11 \frac{tn}{rueda} = \mathbf{21{,}61\ tn/rueda}$$

c. Valor soporte CBR

De acuerdo al Capítulo 2 se determinaron los siguientes CBR para las progresivas del 1332 al 1325 se tiene un valor de CBR= 9

d. Módulo de elasticidad dinámico de la plataforma

Se obtiene en función del valor del valor soporte CBR mediante la siguiente expresión de Heukelom

$$E_d = 100 \times CBR = 100 \times 9 = 900$$

e. Tensión admisible de la plataforma

Se utiliza la fórmula propuesta por Heukelom y Klomp luego de las investigaciones que efectuaron en el marco de la carretera, que da la tensión admisible después de N ciclos de carga.

Dicha tensión está en función del módulo de elasticidad de suelo obtenido en condiciones dinámicas Ed.

$$\sigma_{padm} = \frac{(0{,}006 \times E_d)}{(1 + 0{,}7 \times \log N)}$$

En el campo ferroviario del Profesor Eismann, realizo ensayos aplicando esta fórmula, en distintos tipos de suelos para ciclos de carga, N = 2.000.000.

Por lo tanto la tensión admisible será:

$$\sigma_{padm} = \frac{(0{,}006 \times E_d)}{(1 + 0{,}7 \times \log N)} = \frac{(0{,}006 \times 900)}{(1 + 0{,}7 \times \log 2.000.000)} = 1{,}00\ kg/cm^2$$

f. Módulo de elasticidad de la plataforma

El módulo elástico y dinámico de la plataforma se relaciona a través de un coeficiente igual a 2,1, por lo tanto

$$E_p = \frac{E_d}{2{,}1} = \frac{900\ kg/cm^2}{2{,}1} = 429\ kg/cm^2$$

g. Relación entre la tensión de la plataforma y la tensión en la cara interior del durmiente

Se obtiene de la tabla n°4.8, en función de la relación entre los módulos de elasticidad del balasto y la plataforma Eb/Ep, cuyo valor va desde 2 a 20, y el espesor del balasto h

Se adopta:

Eb/Ep= 2,5

h = 20 cm

Adaptación del Abaco de Fox						
h (cm)	Relación tensión en la plataforma/tensión durmiente σp/σd					
	Para la relación módulos de elasticidad del balasto y de la plataforma Eb/Ep					
	2	4	6	8	10	20
5	1	1	1	1	1	1
10	0,9	0,89	0,82	0,79	0,76	0,68
15	0,8	0,73	0,66	0,62	0,57	0,45
20	0,69	0,59	0,52	0,48	0,44	0,34
25	0,57	0,45	0,39	0,34	0,31	0,23
30	0,49	0,37	0,31	0,27	0,24	0,17
35	0,42	0,3	0,24	0,22	0,19	0,13
40	0,35	0,24	0,19	0,17	0,15	0,1
45	0,3	0,21	0,16	0,14	0,13	0,08
50	0,24	0,17	0,13	0,11	0,11	0,07
55	0,21	0,15	0,11	0,1	0,1	0,06
60	0,2	0,14	0,1	0,09	0,09	0,05

Tabla n°4.8. Adaptación del ábaco de Fox (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Ingresando con los valores anteriores e interpolando entre 2 y 4 se obtiene

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_d} = 0{,}67$$

Con el método de Timoshenko – Saller – Hanker (coeficiente de balasto c) o con el método de Talbort (módulo de la vía U), se calcula la tensión en la cara inferior del durmiente σd que multiplicado por el valor obtenido de la relación σp/σd nos permite obtener la tensión de la plataforma σp.

$$\sigma_p = \left({}^{\sigma_p}/_{\sigma_d}\right) \times \sigma_d$$

h. Calculo de la superficie de apoyo del durmiente F1. Criterios utilizados

1. Durmiente de hormigón monobloc

Se considera que F1 es la superficie definida en la cara inferior del durmiente por su ancho Bd y una longitud igual a dos veces la distancia del eje del riel al borde exterior del mismo, tal como se ve en el gráfico n°4.24.

$$F1 = 2 \times a \times Bd$$

Dónde:
a = distancia del eje del riel al borde exterior del mismo.
Bd = ancho del durmiente

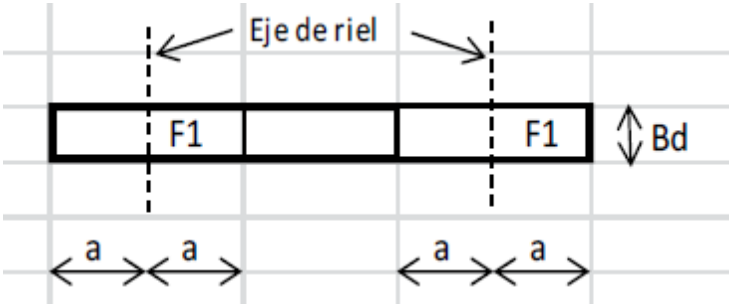


Gráfico n°4.24 Determinación del ancho ficticio primer criterio (fuente: elaboración propia, año: 2017).

2. A la superficie total de la base del durmiente se le descuenta la superficie correspondiente a los 50-60 cm de la parte central. La mitad de la superficie así obtenida se considera igual a F1, como se ve en el gráfico n°4.25.

$$F1 = Bd \times \frac{(Ld - Lc)}{2}$$

Dónde:
Bd = ancho del durmiente
Ld= longitud del durmiente
Lc = Longitud central = 50 cm

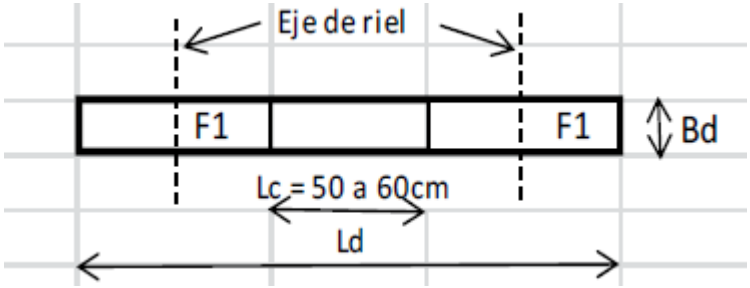


Gráfico n°4.25. Determinación del ancho ficticio segundo criterio (fuente: elaboración propia, año: 2017).

En nuestro caso se adopta la segunda opción, por lo que se procede al cálculo de F1 y del ancho ficticio d.

Datos:
Longitud de durmiente (Ld) = 200 cm
Ancho del durmiente (Bd) = 27 cm
Separación entre durmiente (sd) = 66,7 cm
Longitud sector central (Lc) = 50 cm

$$F1 = 27\ cm \times \frac{(200\ cm - 50\ cm)}{2} = 2025\ cm^2$$

$$Ancho\ ficticio\ d = \frac{F1}{sd} = \frac{2025\ cm^2}{66{,}7\ cm} = 30\ cm$$

i. Tensión en la plataforma

1. Módulo de la vía U

Se obtiene a través de la tabla n°4.9 determinación de módulo de vía U; en el cual se ingresa con el valor de la altura del balasto se obtiene los módulo de la vía para distintos valores del módulo de elasticidad de la plataforma, a partir de los cuales se obtiene por interpolación el valor correspondiente al tramo.

Adaptación del Abaco de Fox			
h (cm)	130 kg/cm2	300 kg/cm2	700 kg/cm2
	U (kg/cm2)		
	U=3,71*h+7,4	U=6,77*h-3,5	U=9,58*h+33,8
5	25,95	30,35	81,7
10	44,5	64,2	129,6
15	63,05	98,05	177,5
20	81,6	131,9	225,4
25	100,15	165,75	273,3
30	118,7	199,6	321,2
35	137,25	233,45	369,1
40	155,8	267,3	417
45	174,35	301,15	464,9
50	192,9	335	512,8
55	211,45	368,85	560,7
60	230	402,7	608,6

Tabla n°4.9. Determinación de módulo de vía U (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Ep = 130 kg/cm2 ---------- U = 81,6 kg/cm2
Ep = 300 kg/cm2 ---------- U = 131,9 kg/cm2
Ep = 700 kg/cm2 ---------- U = 225,4 kg/cm2

Del punto f se tiene que Ep = 429 Kg/cm2 interpolando entre los valores anteriores se obtiene el valor de U correspondiente.

$$\rightarrow \qquad \mathrm{E_p} = 429\ {}^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{cm^2}} \ - - - - - - - - - - - \ \mathrm{U} = 162\ \mathrm{kg/cm^2}$$

2. La tensión en la cara inferior del durmiente (contacto durmiente – balasto), se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma_d = \left[\frac{Q}{2 \times b}\right] \times \sqrt[4]{\frac{U}{4 \times E_r \times I_r}}$$

Dónde:
Carga estática (Q): 11 tn/rueda
Ancho ficticio (b): 30 m
Módulo de la vía (U): 162 kg/
Inercia del riel (Ir): 2.337,9 cm4
Módulo de elasticidad del riel (Er): 2.100.000 kg/cm2

$$\sigma_d = \left[\frac{Q}{2 \times b}\right] \times \sqrt[4]{\frac{U}{4 \times E_r \times I_r}} = \left[\frac{11.000}{2 \times 30}\right] \times \sqrt[4]{\frac{162}{4 \times 2.100.000 \times 2.337{,}9}} = 1{,}73\ kg/cm^2$$

3. Finalmente teniendo en cuenta los del puntos g y 2, se tiene que la tensión en la plataforma es

$$\sigma_p = \left({}^{\sigma_p}/_{\sigma_d}\right) \times \sigma_d = 0{,}67\ \times 1{,}73\ {}^{kg}/_{cm^2} = 1{,}15\ kg/cm^2$$

j. Verificación

Se compara la tensión de la plataforma con la tensión admisible de la plataforma determinada en el punto e.

$$\rightarrow \quad \sigma_p = 1{,}15 \frac{kg}{cm^2} > \sigma_{p\ adm} = 1{,}00\ \frac{kg}{cm^2} \qquad \therefore \ M.C.$$

Al no verificar los valores anteriores se debe realizar otra iteración con un valor de h mayor.

k. Resumen de resultados

Finalizando el proceso de cálculo obtenemos los espesores de balasto necesario para los tramos analizados los resultados se presentan en la tabla n°4.10.

Progresiva (Km)	h (balasto)	U (Kg/cm²)	σd	σ=(σp/σd)*σd	σpadm	Verificación
1332-1325	30	241	1,91	0,88	1,00	BC
1324-1313	30	287	1,99	1,32	1,33	BC
1312-1300	20	218	1,86	1,24	1,55	BC
1299-1290	35	245	1,92	0,75	0,78	BC
1289-1268	20	229	1,88	1,25	1,66	BC

Tabla n°4.10. Espesores de balasto (fuente: elaboración propia, año: 2017).

9. Aparatos de vías (ADV)

Se llama así a los dispositivos que aseguran la continuidad de la vía en conexiones de diversas trayectorias con máxima seguridad. Los aparatos de vía en el tramo en estudio se encuentran emplazados dentro de las estaciones Se forman por la combinación de tres dispositivos: cambios, carriles de unión y cruzamientos simples, los cuales se indican en el gráfico n° 4.26.

La combinación de estos tres elementos básicos señalados forman todos los ADV que pueden agruparse en:

- Desvíos: permiten el paso de una vía a otra. Formados por cambios carriles de unión y cruzamientos sencillos
- Traviesas: permiten el paso de una vía sobre otra.

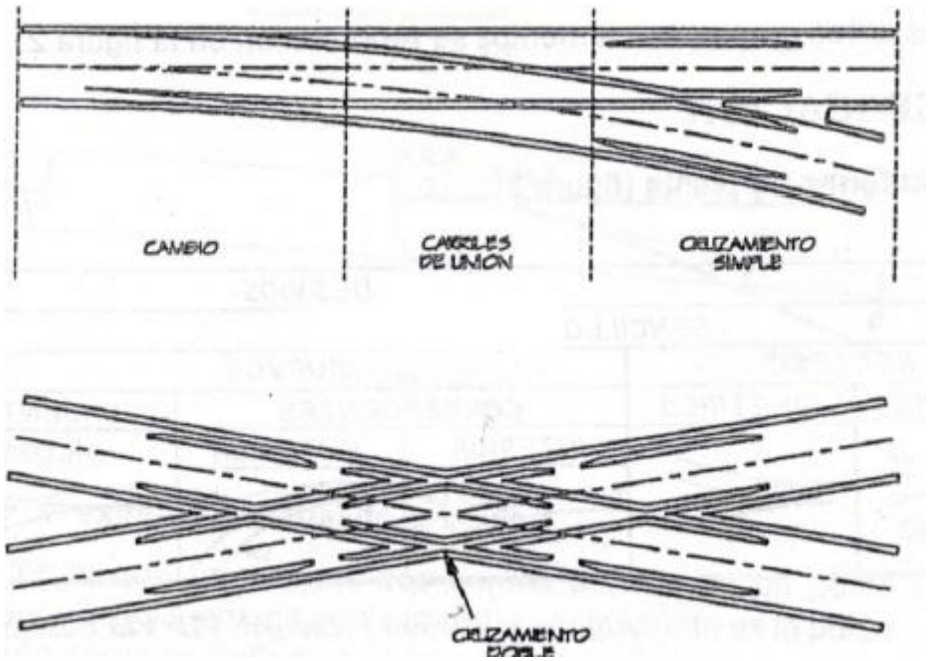


Gráfico n°4.26. Desvió y Cruzamiento (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

9.1. Desvíos simples

El desvió simple da paso a las circulaciones que lo toman, de una vía o a la otra. La vía principal recibe el nombre de vía directa y la otra vía desviada. La separación y el cruce de los rieles de ambas vías se producen usando el cambio y el cruzamiento respectivamente. Desde el punto en común de las dos vías, el desvío consta de los siguientes elementos:

- Cambio: donde se separan los cuatro rieles de las dos vías.
- Rieles intercalarios: conectan dicho cambio con el cruzamiento.
- Cruzamiento: lugar donde se materializa el corte del riel derecho de la vía directa con el riel izquierdo de la vía desviada.
- Partes del desvío simple: se muestra en la gráfico n°4.27.

- Sector del cambio: formado por las agujas y accesorios. Donde el ferrocarril puede cambiar de vía.
- Sector de rieles intercalarios, rectos y curvos.
- Sector de cruzamiento

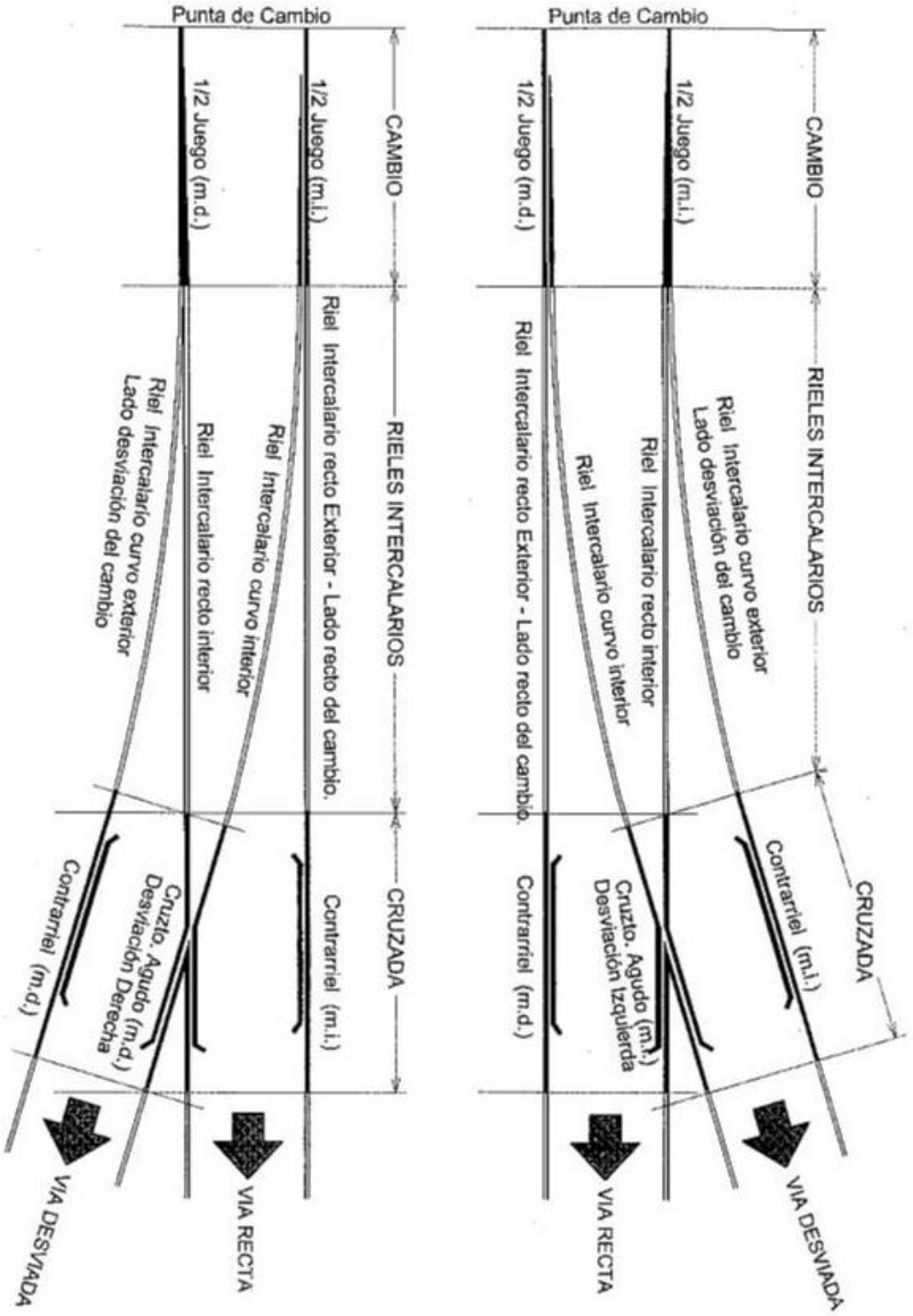


Gráfico n°4.27. Desvío simple (fuente: Manual integral de vías, año: 2014)

9.2. Cambio

Su función es producir el desvió hacia el carril deseado sus partes constitutivas son dos conjuntos de aguja y dos conjuntos de contraaguja.

Las dos agujas móviles interiores son solidarias entre si su posición según se efectué el acoplamiento sobre la contraaguja o no determina la dirección que tomara el móvil. Se aprecia el movimiento de las agujas en el gráfico n°4.28.

Un cambio puede ser tomado por el tren en el sentido de la punta o por el talón (parte fija de la aguja).

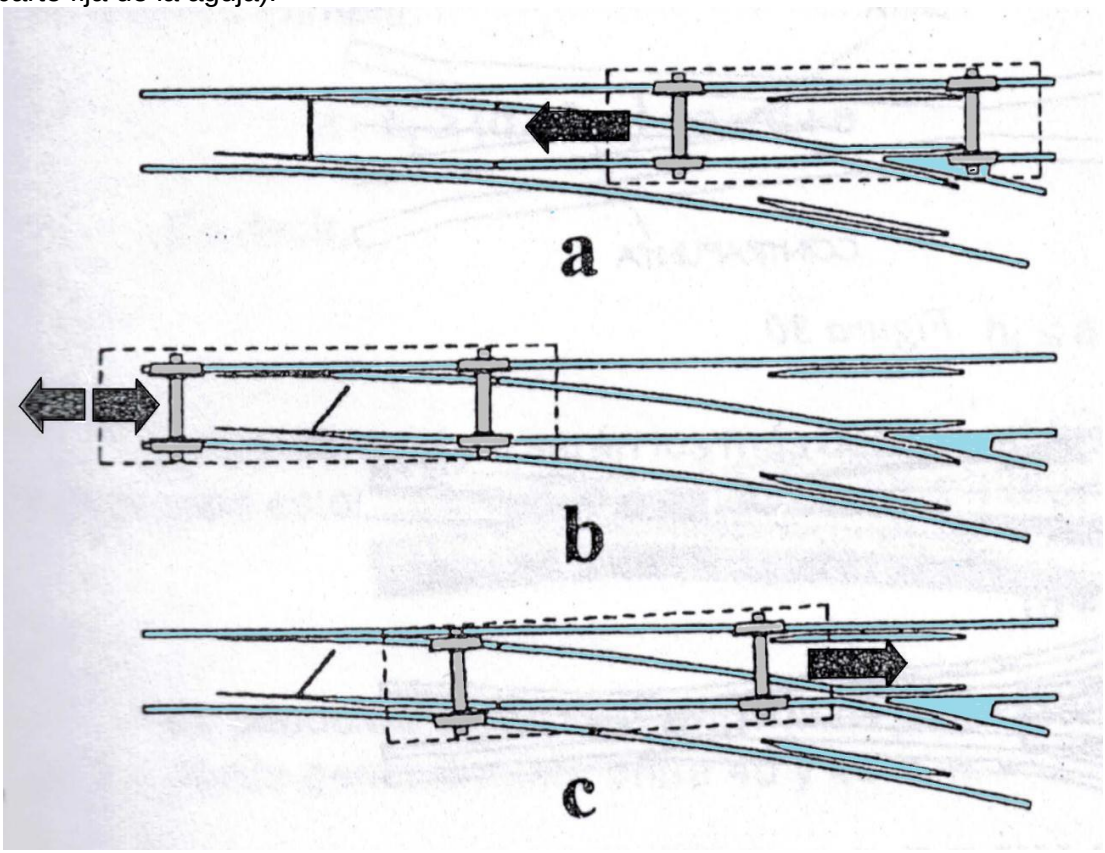


Gráfico n°4.28. Cambio (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

9.3. Cruzamiento

Es donde se produce la superposición de los caminos recorridos. Se denomina Corazón a la unión de los dos carriles que se cruzan. Los hilos de la vía directa y la desviada forman la punta del corazón, como se indica en la gráfico n°4.29.

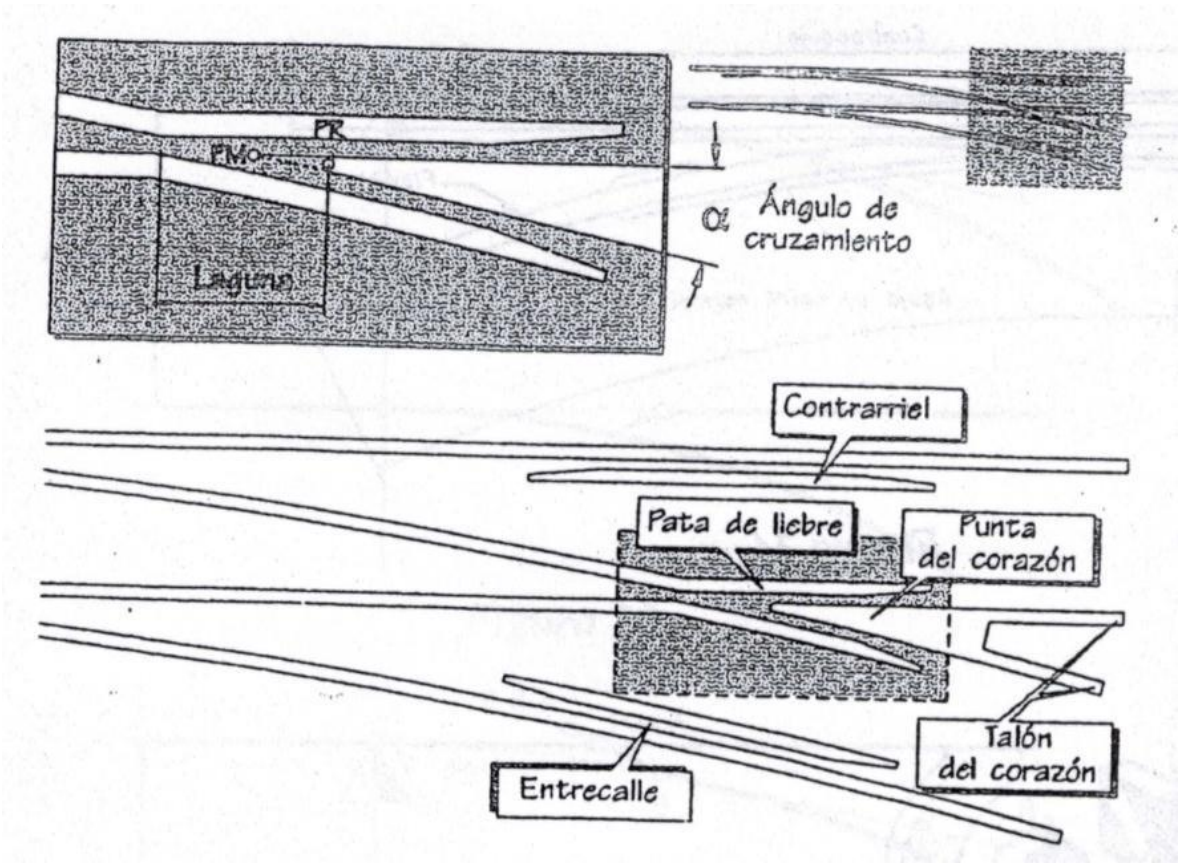


Gráfico n°4.29. Cruzamiento (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

9.4. Cruces y Slips

Cruces rectangulares: pueden ser de intersección de vías del mismo o distinto ancho de trocha. Se forma de los siguientes elementos:

- Cuatro cruzamientos en ángulo recto
- Cuatro contracarriles
- Un contra riel interior de contorno cerrado
- Piezas varias.

  Se representa en la imagen n°4.30.

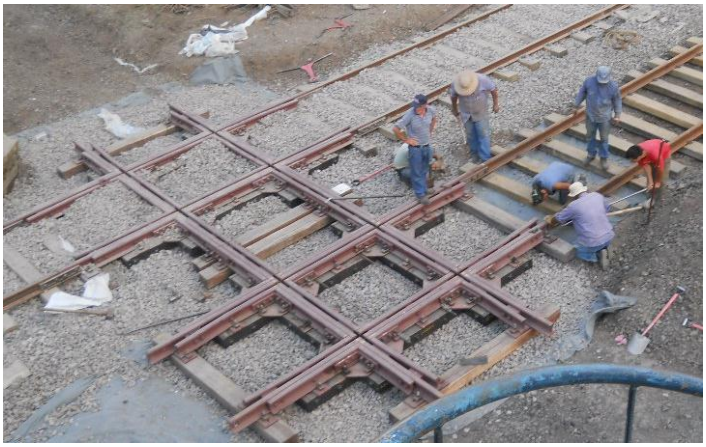


Imagen n°4.30. Cruce rectangular (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

Cruces oblicuos (Diamante): También pueden ser de distintos anchos y se forman de:

- Dos cruzamientos agudos
- Dos cruzamientos dobles – obtusos
- Rieles
- Piezas varias

  Se muestra en el gráfico n°4.31.

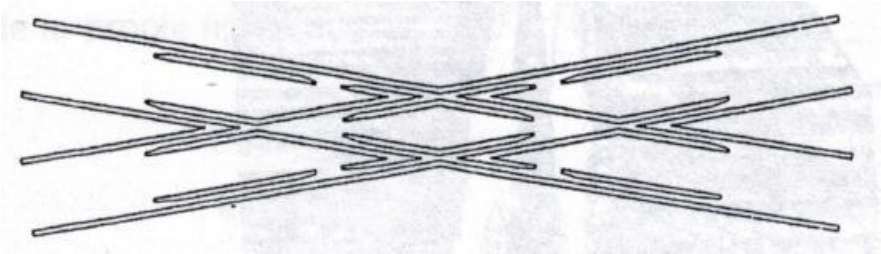


Gráfico n°4.31. Cruce oblicuo (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

Cruces curvos: se forma en el cruce de una vía recta con una curva p entre dos vías curvas. Se componen de elementos iguales al anterior. Se indica en el gráfico n°4.32.

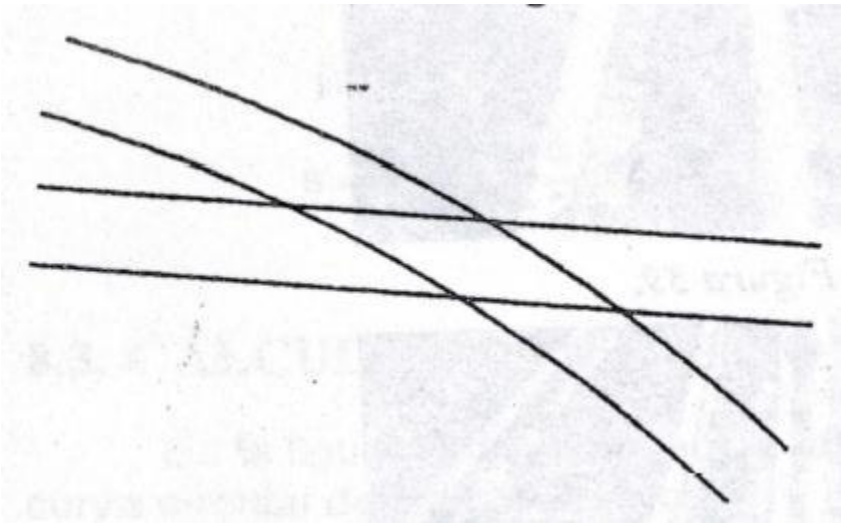


Gráfico n°4.32. Cruce curvo (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

Cambio de unión doble interior (Slip doble): es la combinación de un cruce oblicuo y elementos de desvío simples. Permite la circulación en cuatro direcciones. Se ocupa en lugar de dos desvíos ordinarios enfrentados. Reemplazan a estos últimos en caso donde no hay espacios. Se forman por los siguientes elementos y se muestran en el gráfico n°4.33.

- Dos cruzamientos dobles – obtusos
- Dos cruzamientos simples – agudos
- Cuatro pares de agujas – contraagujas
- Rieles y otros accesorios.

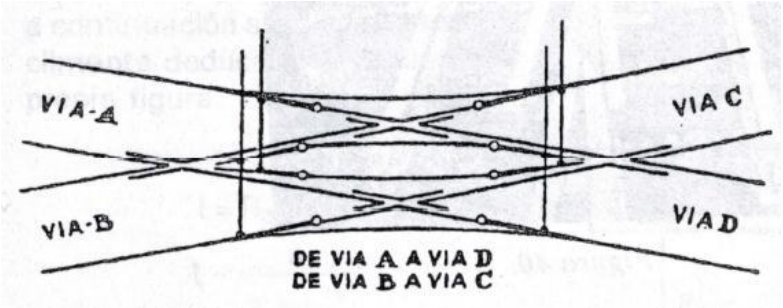


Gráfico n°4.33. Cambio doble (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

Cambio de unión sencillo (Slip simple): permite la circulación en tres direcciones. Se construye de igual forma que el anterior. No es aconsejable su uso, por el gasto de conservación y reparación. Se indica en el gráfico n°4.34.

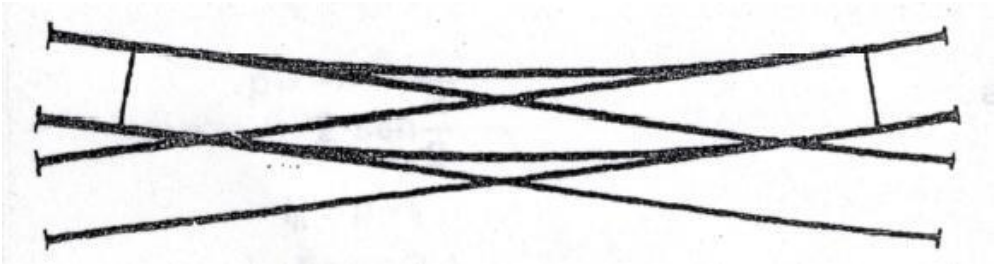


Gráfico n°4.34. Cambio doble (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

9.5. Otros aparatos de vía

Además de los desvíos simples, existen:

- Enlaces entre vías: unen dos vías adyacentes.
  Hay de dos tipos que se pueden ver en el gráfico n°4.35.
  Enlaces simples: permite el paso de una a otra vía en un solo
  Enlace cruzado: permite el paso en los dos sentidos.
- Mesas giratorias

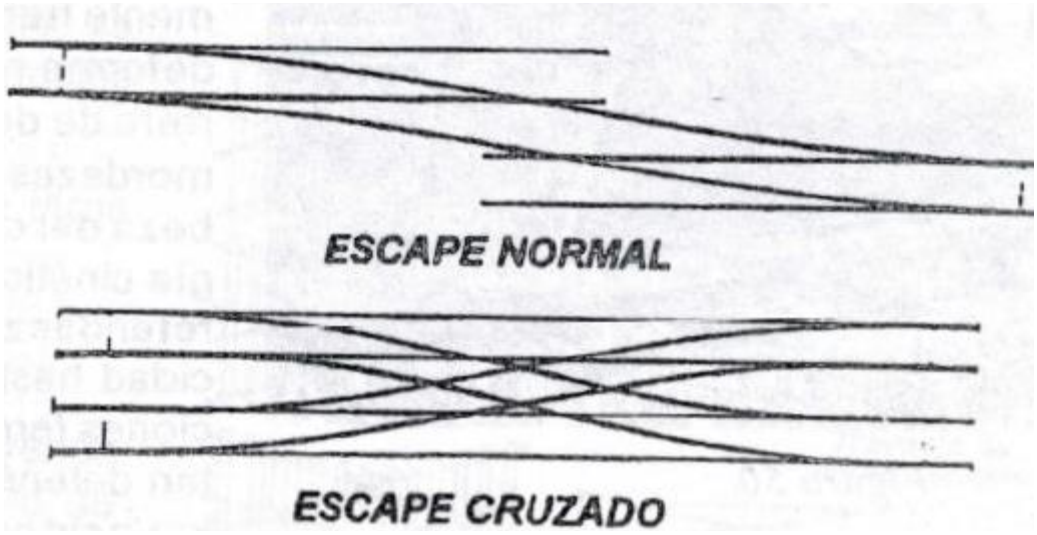


Gráfico n°4.35. Cambio doble (fuente: Manual integral de vías, año: 2014).

9.6. Aparatos de vías en el tramo

Como se mencionó la necesidad de los ADV se hace presente en las estaciones Los Pirpintos, El Caburé y Los Tigres ya que al poseer cada una tres tramos de vías es necesario cambios, y desvíos simples para tomar las vías secundarias.

Los ADV deberán cumplir con las especificaciones técnicas que figuren los pliegos de ADIF SE, cuyas condiciones geométricas deberá ser del tipo tangente, debiendo coincidir el comienzo teórico de la punta de aguja con el punto de tangencia de la curva de la rama desviada y tendrán un solo radio.

Los ADV serán de tangencia 1:10 y de corazón curvo. Las características particulares surgirán de los proyectos del trazado de las vías, respetando las medidas

que se dan para cada componente. La longitud total del cambio será de 29926mm y su radio de 300m (ver Plano n°7 anexo planos).

10. Dispositivos de dilatación (DD) y Aparatos de Dilatación (AD)

La utilización de riel largo soldado (RLS), hace necesario en los extremos de dispositivos que permiten el movimiento generado por los variación de la temperatura. Dichos movimientos son del orden de los 50 mm (superiores a la luz máxima de juntas), los DD y AD protegen a la vía frente a estos desplazamientos.

Dispositivos de Dilatación

Los DD está constituida por una serie de juntas intercaladas por rieles la conformación del mismo figuran en las normas de la ADIF SE: Colocación, Vigilancia y Conservación de rieles largos soldados (NTVO n°9).

Su empleo estará sujeto al tipo de línea siendo utilizado para las líneas UIC n° 4 a 9 según especifica la norma antes mencionada, se aprecia un esquema del mismo en el grafico n°4.36

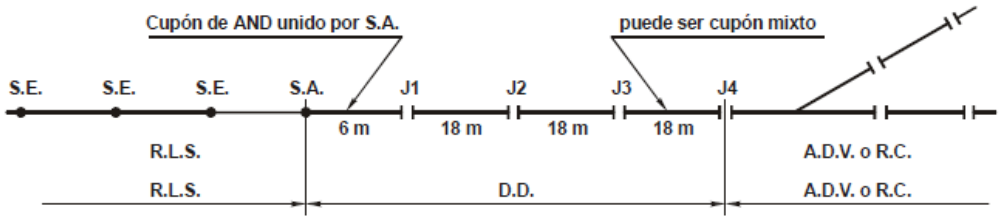


Grafico n°4.36 Esquema dispositivo de dilatación DD (fuente: NTVO n°9, año: 1990).

Las tres juntas especiales, están previstas para un cierre de luces a partir de 40° de temperatura del riel. Las tres juntas J1, J2, J3, serán ajustadas cada una con una abertura definida de la siguiente manera, cualquiera sea el perfil del riel empleado.

$$J = 3 * t°$$

Dónde:
J: abertura de las juntas (mm)
t° = temperatura del riel en el momento de la regulación de las juntas.

Aparato de Dilatación

Un AD está compuesto básicamente de una parte central y en caso de junta aislada o unión con rieles cortos, de un elemento de enlace. La parte central comprende según especifica la norma NTVO n°9:

- un medio aparato metálico de izquierda
- un medio aparato metálico de derecha
- un conjunto de: 2 durmientes especiales con cojinetes 4 durmientes comunes que poseen silletas especiales que permiten el deslizamiento de las agujas.

Los durmientes centrales con los elementos que permiten el deslizamiento de las agujas están unidos entre sí por 2 perfiles de unión colocados sobre estos durmientes adecuadamente entallados con tal fin.

El elemento de enlace está compuesto de:

- 2 cupones de riel
- un apoyo constituido por durmientes comunes.

Su utilización estará restringida a las líneas UIC 1 a 3 debiendo cumplirse con las norma NTVO n°9 para su empleo. En el gráfico n°4.37 se puede observar está constituido el mismo.

11. Riel largo soldado y conformación de la vía

11.1. Definiciones

Un tramo de vía está constituido por riel largo soldado (RLS) cuando los rieles de esta estén unidos en forma continua por uniones soldadas en una longitud tal que la parte central del tramo no experimente movimientos longitudinales a consecuencia de las variaciones de temperatura.

Como la zona central de los RLS, queda prácticamente fija, las tensiones de origen térmicas alcanzan los valores más elevados en ella. En consecuencia la sujeción de los rieles sobre los durmientes y el anclaje de los durmientes en el balasto se deberán oponer a su libre desplazamiento. La resistencia resultante actúa en el sentido longitudinal a razón de 1000 kg/m de vía aproximadamente cuando la vía está estabilizada.

A ambos lados de la zona central y en una longitud que será definida (y no sobrepasa los 150 m) se producen los mayores movimientos se denomina a esta zona de respiración y en ella deberán colocarse por lo tanto los denominados aparatos de dilatación (AD) o los dispositivos de dilatación (DD) según corresponda.

La utilización de RLS es necesaria debido a la economía que se genera con la disminución de las juntas sumado a las ventajas técnicas que la soldadura presenta frente a esta. Podemos citar entre las ventajas que se presentan una reducción del número de durmientes por kilómetro lo que genera por lo tanto un menor número de sujeciones y sus elementos. La vida del riel aumenta en un 30 % las reparaciones en

la vía disminuyen en un 50%, el RLS posee una resistencia a la rodadura menor, generan menor ruido en la zona y la plataforma mejora su vida útil.

Para definir las condiciones de empleo del RLS, reglas de colocación, vigilancia, conservación y modificación nos remitiremos a la normativa ferroviaria: Colocación, Vigilancia y Conservación de rieles largos soldados (NTVO n°9), la cual deberemos respetar sus especificaciones para materializar la constitución de la vía ferra.

11.1.1. Requisitos de longitud

- Longitud mínima

La longitud mínima es de 300 m, medida a partir de los extremos de la barra (o de eje a eje de los AD o DD)

- Longitud máxima

No existe limitación técnica en la longitud máxima. Las juntas aisladas encoladas y la incorporación de los aparatos de vía permiten su colocación sin limitaciones de longitud. Es importante limitar el empleo de barras de longitudes normales y realizarlos de la mayor longitud posible para evitar al máximo el empleo de los AD y/o DD cuya conservación es delicada y costosa. La regla debe ser entonces construir los RLS de la mayor longitud posible.

11.1.2. Rieles y durmientes

Generalmente los RLS son obtenidos por soldadura, en la vía, de barras de 288 m obtenidas por soldadura eléctrica en talleres, de rieles de 18 o 36 m, o de longitudes varias. El tipo de riel adoptado corresponde al riel UIC 54-E1 que son adquiridos en barras de 18 m y serán soldados in-situ mediante soldadura aluminotermia.

Con respecto a los durmientes la norma también establece que la distribución normal en construcción o renovación de vía es de 1500 durmientes/km para una infraestructura y sub-balasto de calidad corriente.

De acuerdo a esto realizaremos el diseño del armado del emparrillado con sus separaciones correspondientes la cual se pueden apreciar en el plano n°8 del anexo planos.

11.1.3. Zona de respiración (X)

Como se dijo la zona de respiración comprende a ambos lados de los RLS su longitud puede ser calculada de acuerdo al tipo de riel adoptado (riel UIC 54-E1) partiendo de:

$$x = \frac{2 * E * A * \propto * \Delta t}{r}$$

Dónde:

X: longitud de la zona de respiración (m).
E: módulo de elasticidad del acero 2.100.000 kg/cm2.
A: sección transversal del riel 69.34 cm2.
α: coeficiente de dilatación lineal del acero del riel 0.0000115 1/ºC.
∆t: variación de temperatura del riel 33°
r: resistencia del balasto aproximadamente se toma 1000kg/m

$$x = \frac{2 * 2.100.000.\frac{kg}{cm^2} * 69{,}34cm^2 * 0{,}0000115\frac{1}{c^\circ} * 33^\circ}{1000\frac{kg}{m}} = 110\,m$$

11.1.4. Uniones de RLS

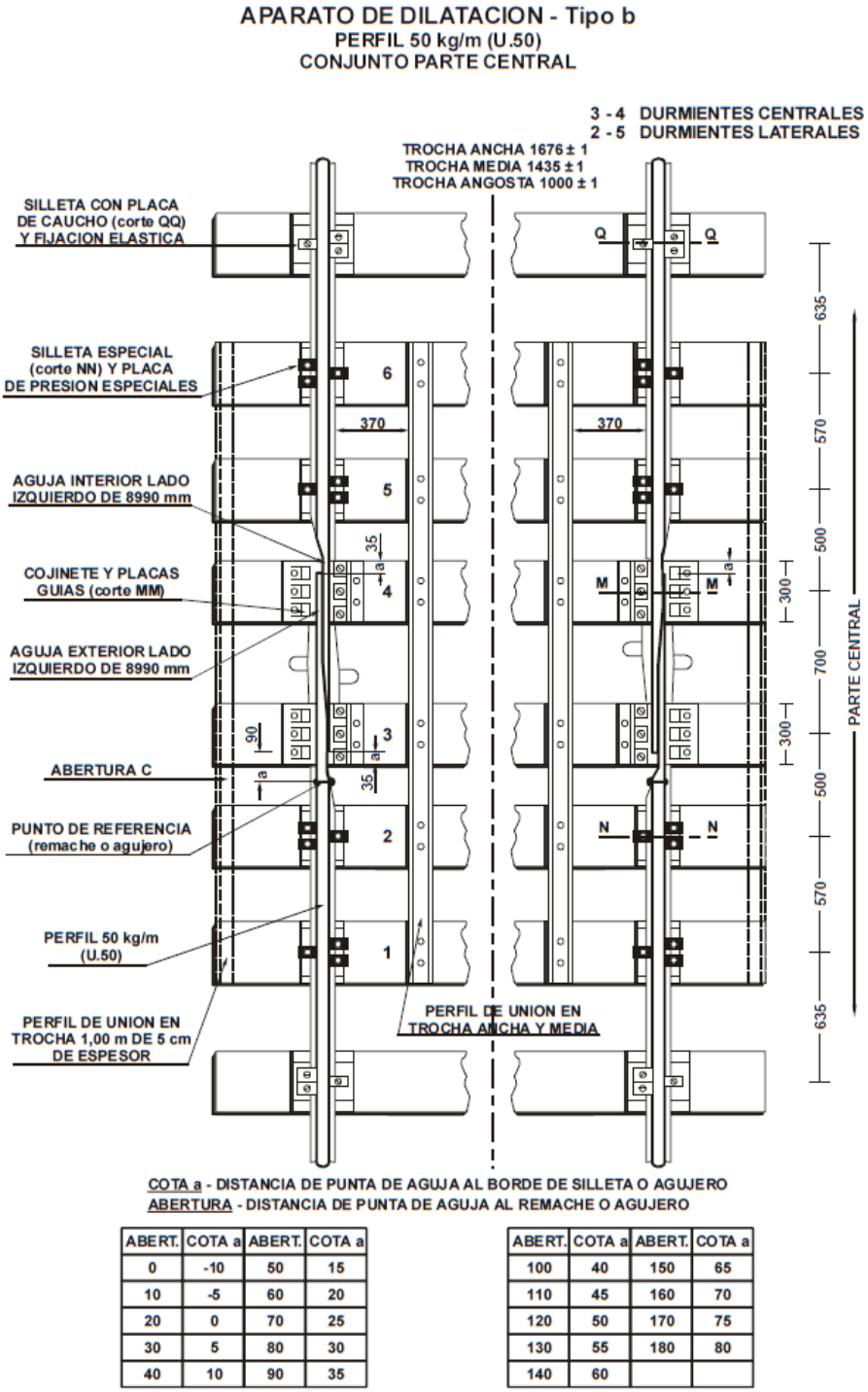
Según la norma NTVO n°9 el empalme de los RLS en nuestro caso, al ser una línea del grupo n°1, deberá efectuarse mediante aparatos de dilatación AD y estos deberán ir fuera de curvas o enlaces parabólicos (no contamos con curvas en la traza).

Todos los elementos constitutivos del AD son provistos y despachados, teniendo en cuenta que son entregados con una abertura de 60 mm, la cual conviene mantener al momento de la colocación del AD en la vía, sea cual fuere la época o temperatura del año, la regulación definitiva se hará luego de la estabilización de la vía.

El empalme de AD al RLS se efectúa mediante soldadura, La abertura “C” a dar para la temperatura del riel en el momento de la regulación (tg) del AD está dada por la fórmula:

$$C(mm) = 140 - 2tg$$

Un esquema del AD tipo b usado en la actualidad puede apreciarse en el gráfico nº 4.38.a. y 4.38.b.



ABERT.	COTA a	ABERT.	COTA a
0	-10	50	15
10	-5	60	20
20	0	70	25
30	5	80	30
40	10	90	35

ABERT.	COTA a	ABERT.	COTA a
100	40	150	65
110	45	160	70
120	50	170	75
130	55	180	80
140	60		

Gráfico n°4.38.a. Aparato de dilatación tipo b parte central (fuente: NTVO n°9, año: 1990).

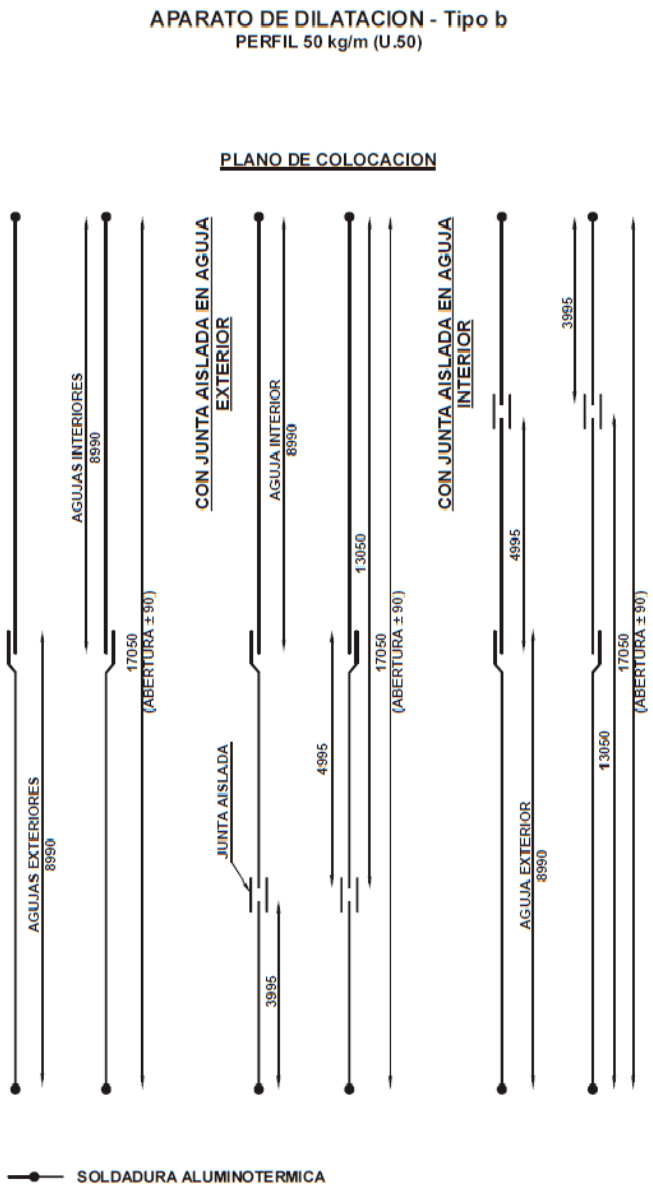


Gráfico n°4.38.b. Aparato de dilatación tipo b plano de colocación (fuente: NTVO n°9, año: 1990).

11.1.5. Paso a nivel (PAN) y obras de arte (OA) en RLS

Cuando un PAN se encuentra ubicado en una zona de RLS, el extremo más cercano debe encontrase a una distancia mínima de 100 m según corresponde al tipo de riel adoptado, como lo especifica la norma NTVO n°9. Debe considerarse como regla general que el paso a nivel constituye un punto fijo, por lo tanto debe estar fuera de la zona de respiración (X) del RLS. Además debe quedar una distancia mínima de 18 m entre el AD y el PAN, para facilitar la conservación PAN.

Para el cruce de una OA la norma agrupa a estas en tres tipos, de acuerdo a las características de nuestras alcantarillas descriptas en el capítulo 3, caeremos en la

Clase 1 ya que nuestras alcantarillas poseen un marco o pórtico con 0,50 m de tapada con balasto y son todas de longitud menor a 10 m. Para las OA de Clase 1 la norma permite el paso del RLS sin necesidad de AD o DD.

11.1.6. Aparatos de vías (ADV) en RLS

Los ADV pueden ser incorporados mediante soldaduras, con junta aislada encolada o junta encolada en un RLS. El RLS debe ser interrumpido a uno y otro lado del ADV (o de un grupo de ADV), por interposición de un AD separado del ADV por una longitud de vía de 18 m. El ADV debe ubicarse a más de 100 m de los extremos del RLS.

11.2. Conformación de la vía

Partiendo de las especificaciones antes descriptas y otras que figuran en la norma NTVO N°9; definimos como estará constituida la vía en el tramo de renovación marcando las longitudes de los tramos de RLS como así también donde deberán colocarse los AD necesarios (ver plano n°9 del anexo planos).

12. Soldadura aluminotérmica de rieles

Se basa en la propiedad que tiene el aluminio de combinarse rápidamente con el oxígeno de los óxidos metálicos, formando oxido de aluminio, y liberando el metal.

El principio químico básico es el siguiente:

$$Fe_2\ O_3 + 2\ AL \ \rightarrow \ \ Al_2O_3 + 2Fe + \ calor$$

$$Óxido\ de\ hierro + Aluminio \ \rightarrow óxido\ de\ aluminio + hierro + calor$$

12.1. Normativa

La normativa a consultar antes de realizar la soldadura aluminotérmica son

- Norma FA 7001/67
- Especificaciones ALAF 5-032. Soldadura aluminotérmica y del catálogo de especificaciones FA- serie 7000 de la Normativa Ferroviaria de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte

12.2. Procedimiento

A continuación se detalla el procedimiento básico de soldadura de rieles.

12.2.1. Corte del riel con disco abrasivo

En caso de ser necesario el corte de rieles se recomienda utilizar el corte con disco abrasivo (tronzadora de rieles), por ser un método seguro, principalmente, en rieles de alta resistencia.

- Se inicia el corte en el punto de menor superficie de contacto.
- Corte con movimientos oscilantes y sin forzar el disco.
- No se debe cortar el riel a temperatura elevada.

12.2.2. Limpieza del riel

Los rieles a soldar deberán ser limpiados en los extremos mediante, cepillos, amoladoras, etc. quitando el exceso de óxido y/o aceite de los mismos.

12.2.3. Alineación horizontal y vertical

- **Alineación en sentido longitudinal**

Se utiliza una regla metálica de un metro como mínimo. Se deberá verificar la alineación lo más rigurosamente posible.

- **Alineación en el plano vertical**

Los dos rieles deben ser reglados con una ligera elevación de los extremos a soldar. Esta elevación es necesaria para compensar la disminución debida a la contracción de la soldadura, evitándose, tener juntas bajas aunque una elevación excesiva dará lugar a juntas demasiado levantadas, que necesitara un esmerilado costoso.

Se debe verificar si hay torsión entre los rieles, la misma se corregirá con cuñas de elevación.

12.2.4. Ajuste de la cala de la junta

Para establecer la cala de la junta se tomara como referencia las especificaciones del sistema de soldadura aluminotérmica. La luz entre rieles no deberá ser inferior de 16mm ni mayor a 20mm.

12.2.5. Montaje de los moldes

Se fijan al carril con una prensa universal, que permite colocar y apretar los dos semi moldes uno frente a otro. Se utilizaran solamente moldes adecuados al perfil del riel.

Luego de verificar la integridad de los moldes, se retirara eventuales rebabas en los contornos de los moldes y en los canales internos. En el gráfico nº 4.39. se puede observar un medio molde.

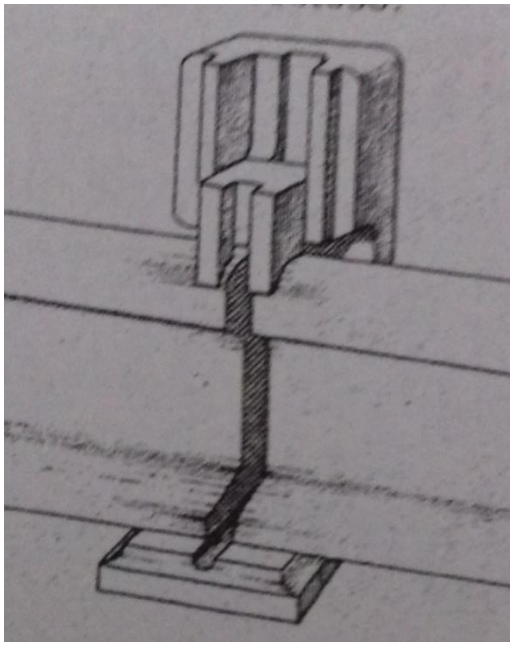


Gráfico n°4.39. Medio molde prefabricado (fuente: Tratado de Ferrocarriles I, año: 1977).

12.3. Colada

El crisol debe estar seco y libre de material contaminante, una vez instalado se le realizara un calentamiento previo. El mismo se colocara sobre el centro de los moldes, aproximadamente a 2,00cm del borde superior de estos.

Antes de iniciar la reacción, se verificara visualmente todo el sellado de los moldes. Una vez verificado se vierte la carga de soldadura en el crisol, teniendo la precaución de mezclar previamente los componentes.

Cuando el soldador juzga que la temperatura de los extremos de los rieles es suficiente, inicia la reacción de la carga de la soldadura contenida en el crisol y se retira el quemador. Luego se hace pivotear el crisol sobre su soporte, hasta colocarlo encima del orificio de colada del molde. El destapado inferior del crisol no se debe efectuar hasta unos 10seg después del fin de la reacción, para permitir la decantación total del material.

Durante la colada fluye primero el metal aluminotérmico, que produce la fusión de los rieles a soldar y rellena el espacio libre en el molde, por lo que queda un excedente de metal sobre la superficie de la soldadura. En el gráfico nº4.40. se observa el proceso de colada de la soldadura aluminotérmica.

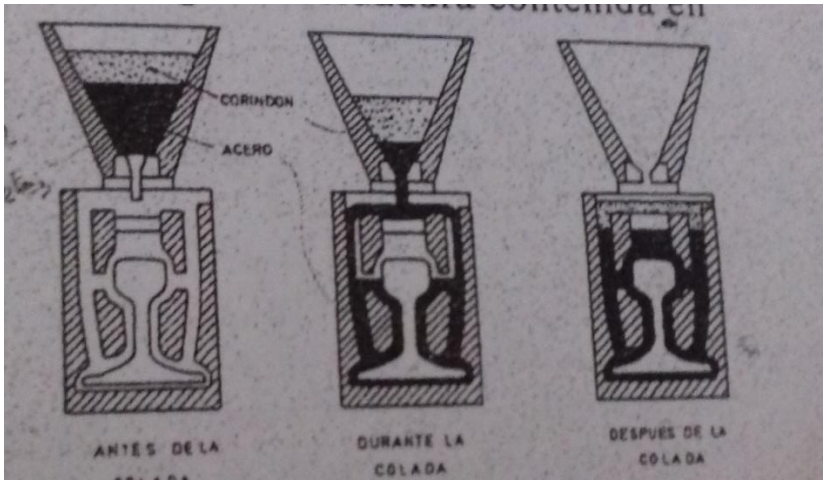


Gráfico n°4.40. Colada de soldadura aluminotérmica (fuente: Tratado de Ferrocarriles I, año: 1977).

12.4. Desmolde y reborbado

Aproximadamente después de 3 min después de la colada se quitan los moldes, trabajo que debe ser ejecutado con precaución y tras limpiar con un cepillo metálico los residuos adheridos al riel, se procede al rebarbado con martillo neumático.

12.5. Esmerilado

Una vez fría y rebarbada, se esmerila la cabeza de la junta, a fin de dar a la soldadura el perfil del riel. Normalmente se utiliza esmeriladoras de motor de combustión.

12.6. Inspección

La inspección dimensional de la soldadura se puede realizar por:

- Ultrasonido
- Liquido penetrante
- Rayos X

12.7. Verificación de los defectos internos y externos

Se consideran como defectos externos a la falta de acero en la superficie de rodamiento, fisuras en la soldadura y la incrustación de escoria no se tolera ninguno de estos defectos.

Los defectos internos son, en general, poros e inclusiones de arena de sellar o escoria. Estos defectos se detectan por el ensayo de ultrasonido y se evalúan según la especificación de cada ferrocarril.

La práctica demostró que los defectos menores que 5 mm, que no alcanzan la superficie y, en el total, no ocupan más que el 5 % del área de la sección, no

presentan riesgo al buen desempeño de la soldadura. La causa de los defectos internos es mejor interpretada cuando se examina la superficie de rotura de la soldadura. En la imagen n°4.3. y 4.4., se observan una secuencia fotográfica que ilustra el procedimiento.

Imagen n°4.3. Soldadura aluminotérmica (fuente: www.sincholdrail.net, año: 2017).

Imagen n°4.4. Soldadura aluminotérmica (fuente: www.sincholdrail.net , año: 2017).

13. Señalización

En este apartado se describirá la señalización necesaria a realizar en las estaciones de ferrocarriles y en los cruces entre caminos y vías férreas.

13.1. Normativa

En este caso se utilizará la siguiente normativa:

- Para estaciones y sectores próximos a la misma se utilizará el Reglamento General de Ferrocarriles.
- Para cruces se empleará las normas para los cruces entre caminos y vías férreas de la Secretaria de Estado de Transporte y Obras Públicas (SETOP 7/81).

13.2. Señalización en estaciones ferroviarias y sectores próximos

Las señales deberán ser perceptibles se materializaran con señales fijas o movibles. Cuando no resulte posible o conveniente la transmisión directa de una señal podrán emplearse mensajes vocales, escritos y/o codificados, transmitidos por medios indirectos tales como la radio, teléfono u otros equivalentes en las condiciones que establezca la Dirección Nacional de Transporte Ferroviario.

Las señales han constituido y constituyen hoy en día, la herramienta fundamental de la señalización ferroviaria.

La indicación de una señal está determinada de día, por el color, la forma, las dimensiones y la posición de las paletas, y de noche por el número, la disposición y el color de las luces.

A igual superficie una señal rectangular se distingue mejor a una cierta distancia que una señal cuadrada o circular.

13.2.1. Señales perceptibles por la vista

Las señales perceptibles por medio de la vista se harán con semáforos, banderas, discos, señales luminosas de color y luminosas de posición y, en caso de necesidad, con los brazos simplemente o con cualquier otro objeto.

a. Semáforos con brazos, tipos y usos de los mismos

En los semáforos podrá emplearse el sistema de dos o el de tres posiciones; en ambos sistemas las señales se harán con los brazos colocados al lado izquierdo del mástil, en la dirección de la marcha de los trenes, o con las luces correspondientes.

Los tipos de brazos a emplearse en los semáforos serán los indicados en gráfico nº4.41.

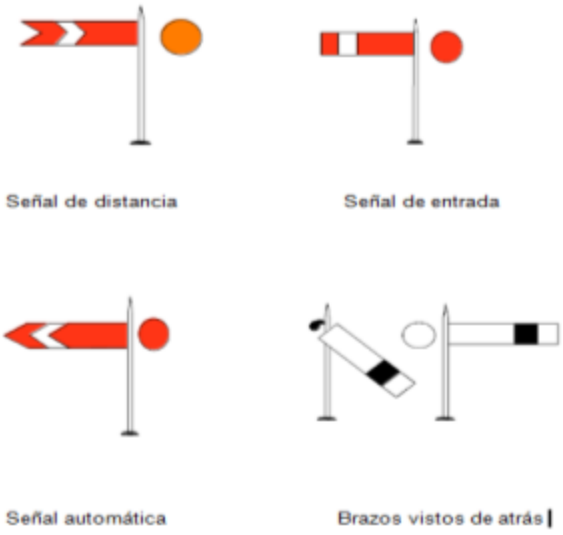


Gráfico n°4.41 Diferentes brazos vistos de frente y de atrás (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

- Con las señales de dos posiciones se transmitirán los siguientes signos

1. Peligro: El brazo en posición horizontal o luz roja, obliga a parar. En las señales de distancia la luz roja será sustituida por la luz anaranjada, la cual obliga al maquinista a adoptar las medidas necesarias para poder detener el tren en la próxima señal absoluta, local o de entrada que corresponda a la de distancia. Ver gráfico nº 4.42.

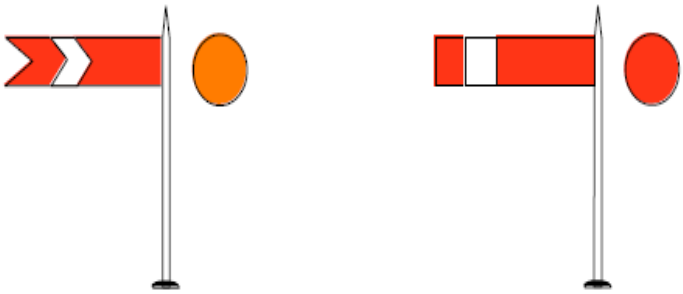


Gráfico n°4.42 Señal indicando peligro (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

2. Vía libre: El brazo inclinado hacia abajo de la horizontal en un ángulo de 45º o luz verde, autoriza a seguir la marcha. Ver gráfico nº 4.43.

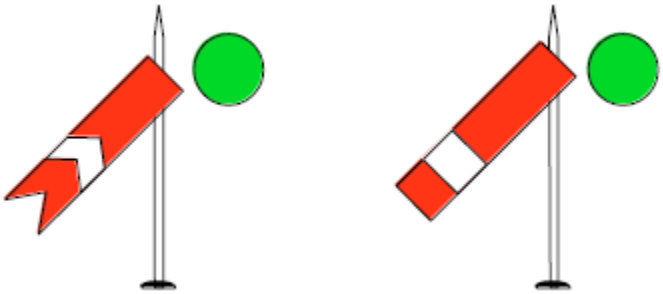


Gráfico n°4.43 Señal indicando vía libre (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

- Con las señales de tres posiciones se transmitirán los siguientes signos

1. Peligro: El brazo en posición horizontal o luz roja, obliga a parar. Ver gráfico nº 4.44.

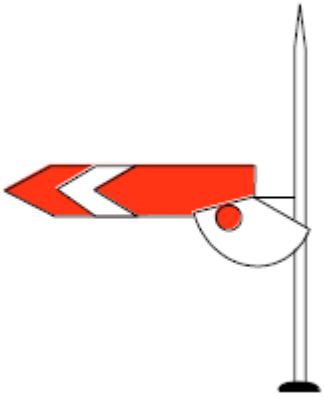


Gráfico n°4.44. Señal indicando peligro (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

2. Precaución: El brazo formando un ángulo de 45º hacia arriba de la horizontal o luz anaranjada, indica que el conductor debe prepararse para poder para en la próxima señal que en este caso puede estar a peligro. Ver gráfico nº 4.45.

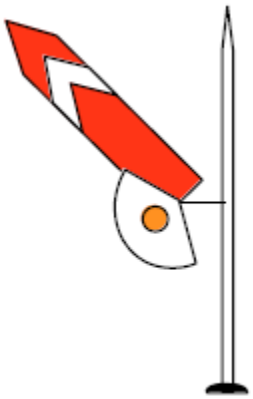


Gráfico n°4.45 Señal indicando precaución (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

3. Vía libre: El brazo formando un ángulo de 90º hacia arriba de la horizontal o luz verde, significa que la próxima señal indica precaución o vía libre. Puede ser pasada por lo tanto sin reducir la velocidad reglamentaria. Ver gráfico 4.46.

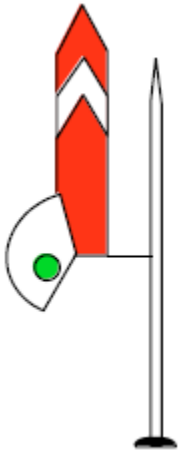


Gráfico n°4.46. Señal indicando vía libre (fuente: Reglamento general de ferrocarriles. Año: 1995).

b. Señales luminosas

Podrán emplearse también, previa autorización especial en cada caso por parte de la Dirección General de Ferrocarriles, señales luminosas desprovistas de brazos, con las cuales se transmitirán las señas que se ilustran en los gráficos 4.47 y nº 4.48:

1. Señales luminosas de color

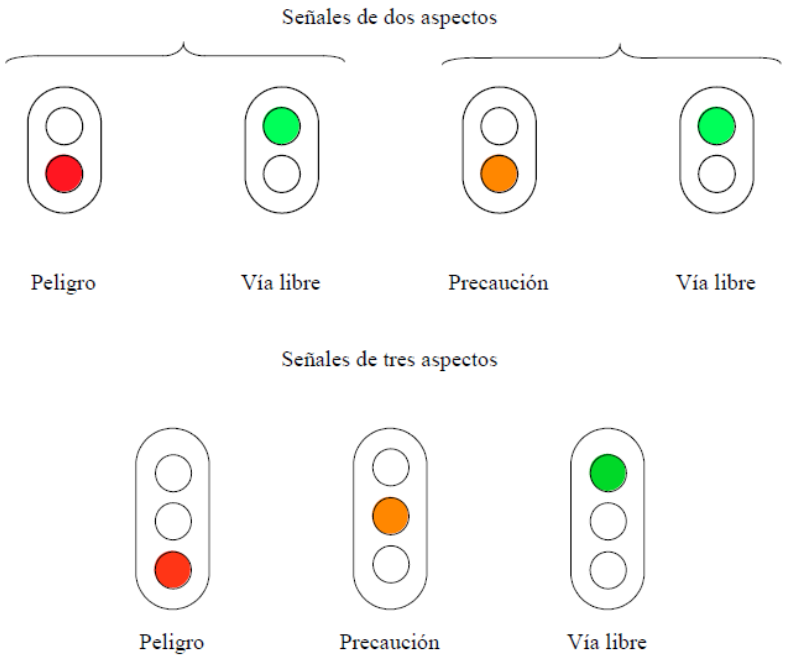


Grafico n°4.47. Señales luminosas indicando diferentes situaciones (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

2. Señales luminosas incoloras

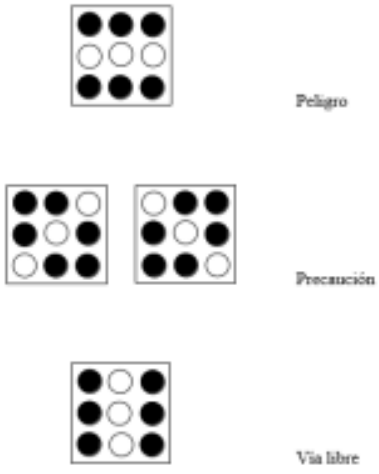


Gráfico n°4.48 Señales luminosas indicando diferentes situaciones (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

c. Discos, señales enanas, tipos y su uso

Con los discos o señales enanas colocadas cerca de los cambios o trampas en desvíos, o utilizados para maniobras, se harán las siguientes indicaciones.

- Discos: cuando el disco se presenta paralelo a la vía de modo que se vea de perfil indicará que la vía correspondiente está libre (avance).
  Cuando el disco se presenta perpendicular a la vía, presentando la cara pintada de rojo o una luz roja indicara que la vía correspondiente esta obstruida (pare).
  Cuando un indicador de cambio mostrare un disco o rectángulo verde, ello significara que se encuentra dispuesto para vía principal y mostrare un triángulo amarrillo sobre fondo negro indicara que se halla dispuesto para desviar. Ver gráfico nº 4.49.

Gráfico n°4.49. Discos indicando diferentes situaciones (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

- Señales enanas: las señales enanas serán de la misma forma que las señales de brazos no automáticas, pero de dimensiones más reducidas y se harán con ellas las mismas indicaciones que con las señales de brazos de dos posición. Ver gráfico nº 4.50.

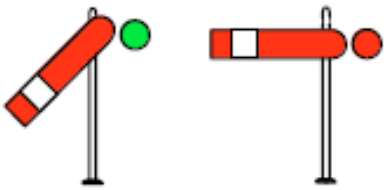


Gráfico n°4.50. Señales enanas indicando diferentes situaciones (fuente: Reglamento general de ferrocarriles. Año: 1995).

d. Discos o tableros de precaución

- Discos de aproximación: cuando se usen discos de aproximación, estos se colocaran como mínimo a 1400m afuera del primer cambio de las

estaciones, desvíos, empalmes, etc., con el fin de permitir a los conductores de trenes orientarse de noche o cuando haya neblina, etc. La cara de estos discos expuesta a los trenes será pintada de blanco, la otra de negro y no llevara luz alguna.

- Tablero de precaución: se empleará para indicar los extremos de un trecho de vía en el cual los trenes deberán observar temporariamente una precaución preestablecida.
  De noche, el tablero donde empieza la precaución llevará luz anaranjada y, el del término de la misma, luz verde proyectadas ambas hacia el lado de donde se aproximen los trenes.
  En alternativa se podrán utilizar tableros romboidales de color amarillo con orla negra para indicar el principio de la precaución y color verde con orla blanca para señalar el fin de la misma.
  Para visibilidad nocturna es suficiente el uso de materiales reflectores de la luz coincidentes con los colores indicados.

- Tableros fijos indicadores de velocidad: se emplearán para indicar los límites de un trecho de vía en el que los trenes deberán observar normalmente la velocidad en kilómetros por hora, que indica el tablero.

- Tableros silbe: se empelara para indicar a los conductores de trenes los puntos en los cuales por cualquier motivo fuese indispensable tocar un silbato largo de atención.

  En el gráfico nº 4.51., se indican las señales nombradas anteriormente

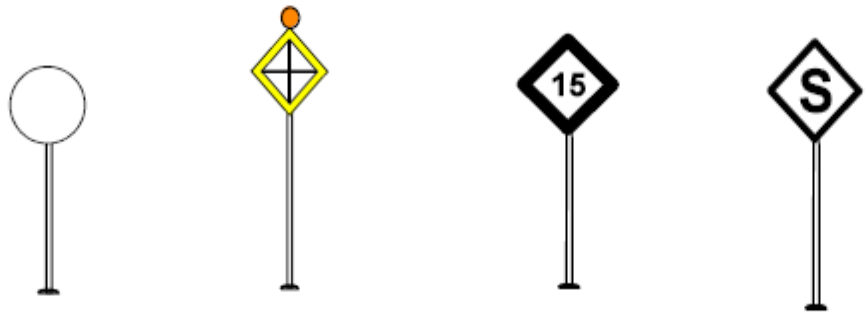


Gráfico n°4.51. Discos o tableros de aproximación (fuente: Reglamento general de ferrocarriles, año: 1995).

13.3. Señalización en los cruces entre caminos y vías férreas

Como se mencionó anteriormente se aplicará las normas SETOP, en las cuales se define dos tipo de señalización en función de la complejidad de los cruces.

- **Señalización pasiva**: Son las señales fijas o marcas en el pavimento, que en los caminos o calles públicas advierten la proximidad de un cruce ferrovial y orientan el criterio del usuario para el tránsito por ellos.

- **Señalización activa**: Son los medios de señalización vial que indican la aproximación de los trenes y en consecuencia el cierre del cruce ferrovial, para los usuarios de la calle o camino concurrente.

13.3.1. Señalización pasiva

Dentro de la señalización pasiva tenemos señalización vertical y horizontal. A su vez dentro de estas tenemos las señales exigibles por los organismos ferroviarios cuyas ubicaciones depende del tipo de cruce y si se trata de un camino de tierra o pavimentado, y las señales exigibles por los organismos viales nacionales o provinciales con sus respectivas ubicaciones.

13.3.1.1. Señalización vertical

A continuación se describen las señales más utilizadas.

a. Cruz de San Andrés

- Organismo ferroviario: denominada como P42, está formada por dos rectángulos de 1,90 m x 0,30 m cruzadas a 55º. Fondo blanco y borde negro de 3,00 cm de ancho. Ver gráfico nº4.52.

- Organismo vial: denominada como P3, exige las dimensiones observadas en el gráfico nº4.52. En lo posible deberá estar ubicada a la altura de la línea de detención, a no menos de 5m del primer riel, y antes de la barrera, si la hay. En el caso de barreras automáticas, podrá estar instalada en el poste soporte de las luces y campana de alarma.

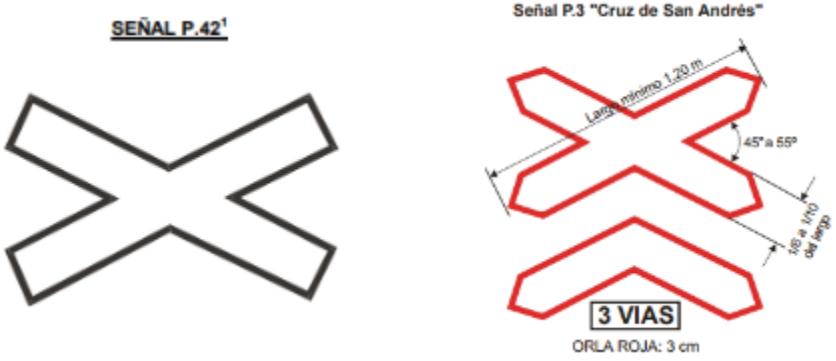


Gráfico n°4.52. Cruz de San Andrés (fuente: SETOP, año: 1981).

b. Señales P40 y P41

- Organismo ferroviario: denominadas como P40 y P41, tienen un ancho de 0,90m con fondo amarrillo y símbolo negro. Ver gráfico n°4.53.

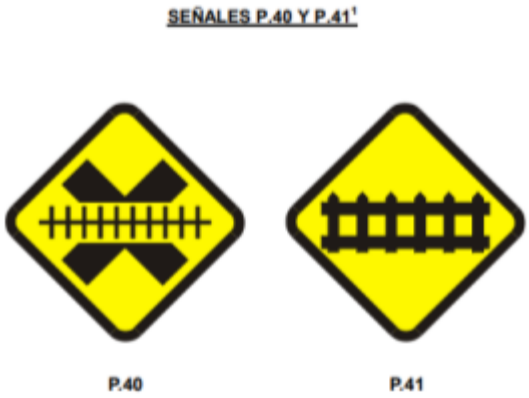


Gráfico n°4.53. Señales P40 y P41 (fuente: SETOP, año: 1981).

c. Aviso de cruce ferroviario con panel de prevención

- Organismo vial: denominada como P1 y P2, exige las dimensiones observadas en el grafico nº 4.54. Se colocan a 100 y 300m antes del cruce, en todos los accesos a él.

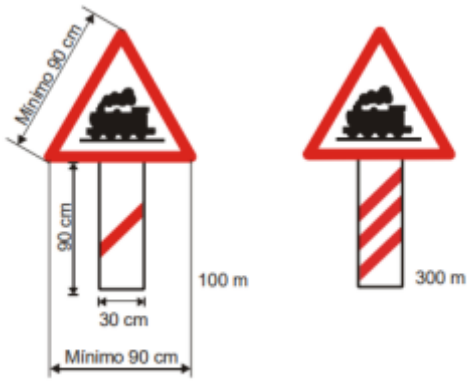


Gráfico n°4.54. Aviso cruce ferroviario y paneles de prevención (fuente: SETOP, año: 1981).

d. Limitación de velocidad

- Organismo ferroviario: denominada como R21, está formada por un rectángulo de 0,80 m x 1,10 m. Fondo blanco, anillo circular rojo y letras, números y orla color negro. Ver gráfico nº4.55.

- Organismo vial: denominada como R15, exige las dimensiones observadas en el gráfico nº4.55. Se instalan a 60m antes de la línea de detención, indicando una velocidad límite de 30km/h (y también a 120m (40km/h) y 300m (60km/h) para caminos pavimentados). Es admisible que el organismo vial prescriba velocidades menores pero no mayores a las indicadas.

Gráfico n°4.55. Límite de velocidad (fuente: SETOP, año: 1981).

e. Prohibición de estacionar

- Organismo ferroviario: denominada como R5, está formada por un rectángulo de 0,80 m x 1,10 m. Fondo blanco, anillo circular y barra cruzada de color rojo y letras, números y orla color negro. Ver gráfico nº 4.56.

- Organismo vial: denominada como R8, exige las dimensiones observadas en el gráfico nº4.56. En principio solo sería exigible a los 50m anteriores a la línea de detención, pero podrá extenderse la exigencia a los 80 o 150m según se trate de caminos de tierra o pavimentados respectivamente, en caso de ser solicitado por un organismo vial nacional o provincial.

Gráfico n°4.56. Aviso prohibido estacionar (fuente: SETOP. Año: 1981).

13.3.1.2. Señalización horizontal

La señalización horizontal solo es exigible en caminos pavimentados. A continuación se describe la ubicación de las mismas para los dos organismos.

a. Separador de tránsito

- Organismo ferroviario: en el gráfico nº4.57 se pueden observar las características.

- Organismo vial: en el gráfico nº4.57 se pueden observar las características. En principio solo sería exigible en los 50m anteriores a la línea de detención, pero podría extenderse hasta los 75m si es solicitado por un organismo vial nacional o provincial.

b. Línea de detención

- Organismo ferroviario: en el gráfico nº4.57 se pueden observar las características.

- Organismo vial: en el gráfico nº4.57 se pueden observar las características. Se materializa a 6m del primer riel como mínimo, aunque puede admitirse hasta 5m.

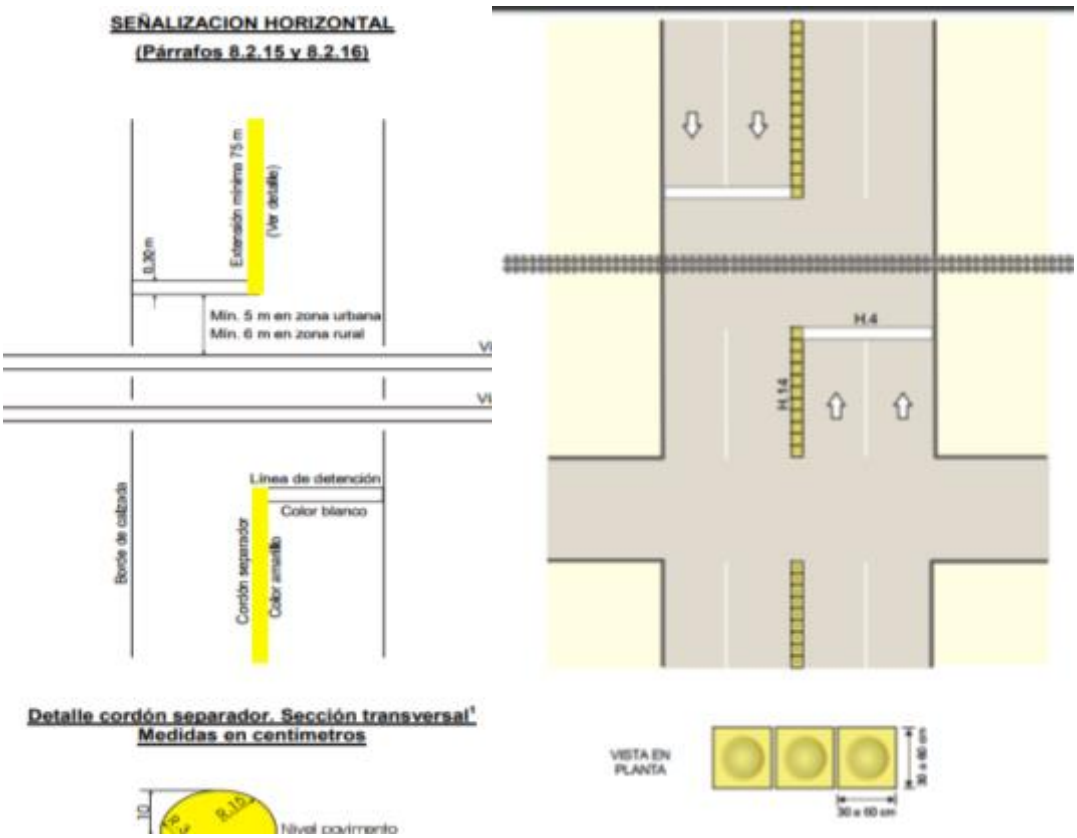


Gráfico n°4.57. Separador de tránsito y línea de detención (fuente: SETOP, año: 1981).

c. Cruz de San Andrés horizontal

- Organismo vial: Se materializa a no menos de 120m del cruce. Ver gráfico nº4.58.

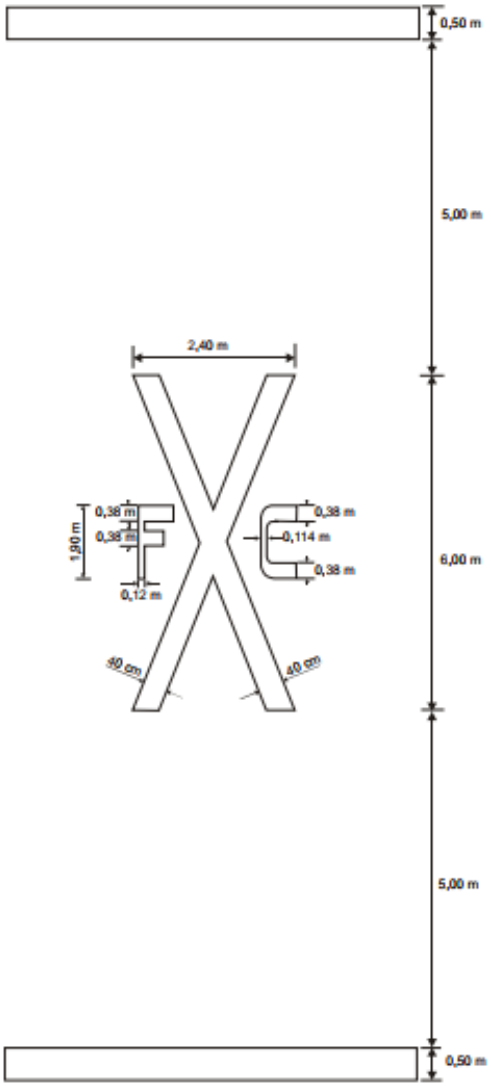


Grafico n°4.58. Cruz de San Andrés horizontal (fuente: SETOP, año: 1981).

13.3.2. Señalización activa

Dentro de las señales activas la se tienen

a. Señales fono-luminosas (oscilantes)

Son focos luminosos que emiten destellos en forma intermitente, conjuntamente con elementos acústicos que anuncian la proximidad del tren, estos elementos generalmente van acompañados de las cruces de San Andrés.

b. Barreras levadizas:

Pueden ser accionadas manualmente, en forma semiautomática o totalmente automáticas.

- **Barreras de accionamiento manual**

Este tipo de barreras constan de una columna que sostiene la pluma, en el extremo opuesto a la pluma tiene un contrapeso. En este caso la barrera es accionada mediante un mecanismo de torno por un operario destacado en el paso a nivel, llamado “guardabarrera”. Tiene el inconveniente de tener destacado un operario exclusivamente para el accionamiento de la barrera.

El mismo puede ser:

- *Permanente: L*as 24 horas del día durante todo el año.
- *Intermitentes: T*odo el año, pero no las 24 horas del día.
- *Estacionales: P*ueden ser intermitentes o permanentes, pero solo en temporadas.

- **Barreras enclavadas o semiautomáticas**

Pueden ser accionadas desde puestos de mando locales o desde un puesto de mando central (control centralizado). Pueden tener dos tipos de accionamientos:

- *Accionamiento mecánico*: el mismo se efectúa desde el puesto de mando local mediante un sistema de palancas, cables y poleas que transmiten el movimiento a las barreras.
- *Accionamiento eléctrico*: constan de un juego de palancas; motor transmisor; embrague; interruptores; relés; etc.

- **Barreras automáticas**

Son accionadas mediante detectores ubicados a cierta distancia del PAN (en función de la máxima velocidad de circulación), cuando el tren pasa por el punto de la vía donde está ubicado el primer detector, comenzarán a funcionar los mecanismos de accionamiento de las barreras, que finalizarán cuando el tren haya rebasado el PAN.

Gráfico n°4.59. Barrera automática (fuente: http://barrerasenargentina.blogspot.com.ar. , año: 2017).

13.4. Conclusión

En los capítulos siguientes se pueden observar el análisis de las estaciones y cruces entre caminos y vías férreas con sus correspondientes señalizaciones.

14. Estaciones ferroviarias

Se denomina estación a los lugares donde los trenes hacen paradas con el fin realizar intercambio de vagones cambios de dirección, reparaciones o carga y descarga de mercaderías.

Dentro del tramo en estudio se encuentran tres estaciones ubicadas en las localidades de Los Pirpintos, El Caburé y Los Tigres.

Las estaciones están compuestas por instalaciones mínimas y tres vías, la vía principal y dos paralelas con sus respectivos desvíos, las cuales permiten el transbordo de mercaderías como así también reparaciones de las unidades.

Debido al volumen de caga que se pretende movilizar una vez concretada la reconstrucción de la red troncal en la región noreste del país, las estaciones deberían ser rediseñadas para que puedan operar como una estación intermodal.

Al hablar de estación intermodal nos referimos a que se establezca un flujo continuo entre el transporte carretero y ferroviario de acuerdo a las necesidades de las distintas cargas que se producen en la región, lo que permitiría reducir los costos de transporte.

Como el rediseño de la estación escapa a los objetivos de este anteproyecto de rehabilitación, en este capítulo nos ocuparemos de desarrollar el análisis de los distintos elementos que intervienen en la seguridad de la circulación de los trenes dentro de las estaciones.

14.1. Enclavamientos

14.1.1. Definición

Los enclavamientos son relaciones de compatibilidad e incompatibilidad, que se establecen entre dos o más palancas que accionan señales, agujas u otros aparatos de vía, para impedir maniobras peligrosas.

Se puede definir un enclavamiento como, la relación de dependencia entre la posición de los aparatos (agujas, circuitos de vía, barreras en los pasos a nivel, etc.) y la indicación de las señales, proporcionando seguridad en la circulación de los trenes y evitando maniobras incompatibles (que pueden producir un accidente).

14.1.2. Función de los enclavamientos

La función básica de todo enclavamiento es controlar el accionamiento de los aparatos de vía (señales, cambios de agujas, barreras, etc.) asegurando que cumplan las relaciones de dependencia, así como cualquier otra restricción necesaria para garantizar la seguridad en la circulación de los trenes en las estaciones y en cualquier circunstancia.

Para garantizar la seguridad, los enclavamientos deben cumplir los siguientes principios básicos:

- No se podrá efectuar la apertura de una señal que autorice un movimiento, si previamente no se han puesto todos los aparatos del itinerario en la posición correcta.
- No se podrá modificar la posición de ningún aparato relacionado con un itinerario, si está abierta la señal que autoriza el paso de los trenes por el mismo.
- No se podrá realizar la apertura de una señal para autorizar un movimiento incompatible con otro ya autorizado.

14.1.3. Operación de enclavamientos

A efectos de establecer los vínculos entre palancas, en primer lugar es necesario tener en cuenta las posibles posiciones extremas de las mismas, las cuales son:

- Posición normal (N): corresponde a las ubicaciones habituales que poseen las palancas, en concordancia a los movimientos de los trenes en las estaciones y/o líneas a cargo de las mismas.
- Posición invertida (I): es aquellas que circunstancialmente y por breve tiempo ocupa una palanca, suficiente para permitir alguna maniobra o circulación de las formaciones ferroviarias.

Para proceder a la indicación de las posiciones y condiciones de las palancas, se utilizan nomenclaturas mediante la combinación de símbolos y números, siendo las más utilizadas:

- Notación Cossman

En estas nomenclaturas se utilizan letras griegas para identificar a las palancas adosándose las letras N o I para indicar la posición de las mismas:

α, N; significa que la palanca α está en posición normal o,

β, I; determina que la palanca β está en posición invertida.

La vinculación entre las dos palancas se individualiza mediante la utilización de una fracción simbólica, como ser:

$$\frac{\propto . I}{\beta , N}$$

Cuyo significado corresponde a

- α, I enclava a β, N; es decir α está en posición I, imposible mover β.
- Para cambiar β a posición I, se debe pasar α a posición N.
- Si α y β están en N, desaparece el enclavamiento.

- Notación Bricka

Se asemeja a la anterior en la medida que utiliza las mismas letras griegas para identificar las palancas, con la adición de las posiciones N e I, pero en lugar de indicar los enclavamientos reales, señala los incompatibles, o sea aquellas posiciones en que las palancas no pueden estar simultáneamente, como ser:

- (α, I; β, I); significa que α en posición I, es incompatible con β en el estado I.

14.1.4. Clasificación de los enclavamientos

Los enclavamientos a realizar entre las señales y los dispositivos de vía, para un determinado itinerario pueden clasificarse en 3 categorías:

- De continuidad
- De itinerario
- De protección

14.1.5. Enclavamiento de continuidad

Es aquel que tiene por objeto evitar que un tren sea detenido delante de una señal cuando la precedente que comanda el itinerario se encuentra a vía libre. Como caso típico tenemos la señal de distancia y la de parada absoluta de entrada.

En el ejemplo del gráfico nº4.60 una formación ferroviaria tiene prevista la marcha desde A hacia B por una sola vía, sin detenerse en B, a cuyos efectos las señales de distancia (1 y 4) como las de entrada y salida (2 y 3) deben encontrase en posición normal, indicando que le tren tienen autorización de continuidad, sin obligación de detenerse.

- De acuerdo a la notación de Cossman

$$\frac{1.I}{2.I} \quad conjuntamente\ con\ \frac{4.I}{3.I} \quad indica\ via\ libre\ en\ todo\ el\ intinerario\ afectado$$

- De acuerdo a la notación de Bricka

$$(1I, 2N) y\ (4I, 3N)$$

Sean 1, 2, 3 y 4 dichas señales que son comandadas por los números correlativos de palanca.

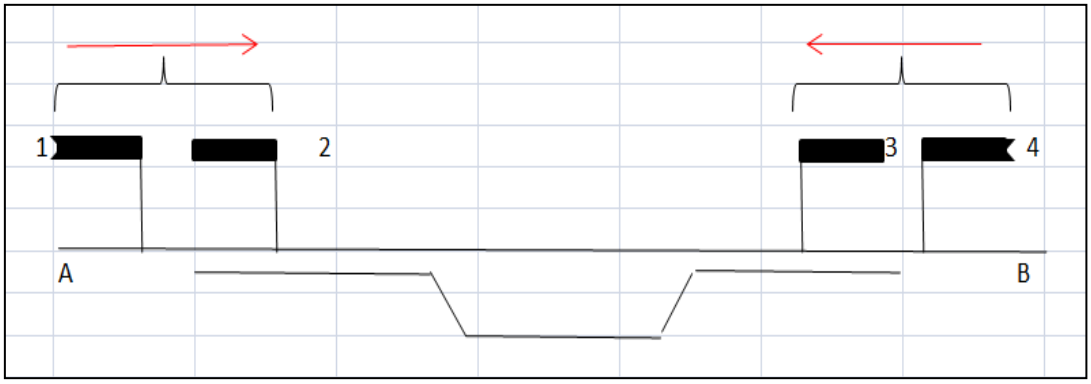


Gráfico n°4.60. Enclavamiento de continuidad (fuente: Apuntes de cátedra ingeniero Zimula, año: 2017).

14.1.6. Enclavamiento de itinerario

Sea el caso de una vía principal AB con un desvió hacia C, necesitamos colocar cerca del cambio las señales respectivas que comandan los itinerarios B y C, las cuales denominamos 2 y 3. Sean las señales de distancia 1, 4 la palanca de cerrojo y barra de seguridad y 5 la de cambio. Ver gráfico nº4.61.

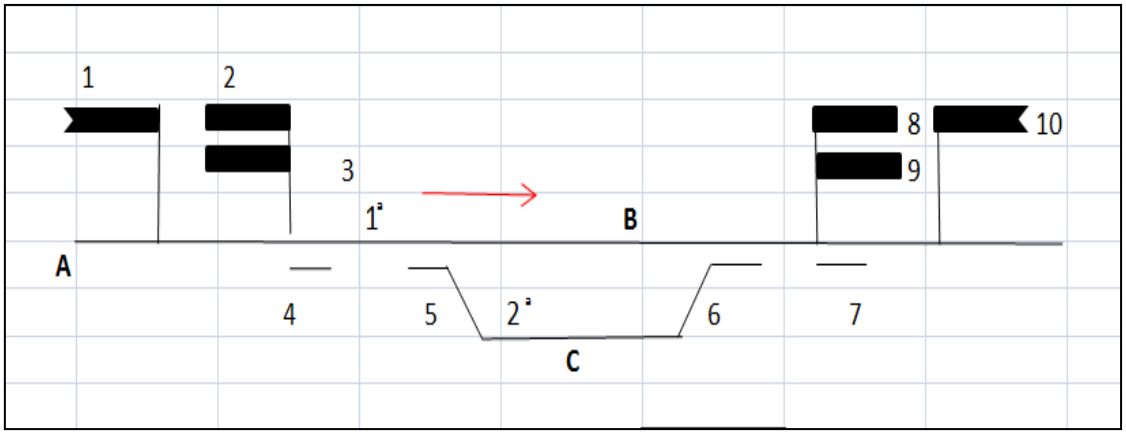


Gráfico n°4.61.Enclavamiento de itinerario (fuente: Apuntes de cátedra ingeniero Zimula, año: 2017).

Todo tren que circule de A hacia B tomara de punta el cambio y será necesario que el cerrojo este en posición invertida, enclavando al cambio en su posición normal. Para la circulación de A hacia C el cambio deberá estar en posición invertida enclavados por el cerrojo en posición invertida, los enclavamientos necesarios serán:

Pasaje AB 2 I ; 2I ; 4I
5N 4I 5N

Pasaje AC 3 I ; 3 I ; 4I
5 I 4I 5N

14.1.7. Enclavamiento de protección

Son aquellos establecidos entre las señales de modo que no pueden ser colocadas simultáneamente a vía libre 2 señales que comandan itinerarios convergentes en un punto, para el caso citado los enclavamientos de protección, si invertimos la palanca 2, serán:

2 I ; 2I ; 2I

3N 8I 9N

E invirtiendo la 3:

3 I ; 3I ; 3I

2N 8N 9N

Podemos establecer los siguientes principios fundamentales:

- Todo el itinerario tiene que ser comandado por una señal, la que no puede ser colocada a vía libre sino cuando se ha dispuesto que los cambios y dispositivos de seguridad estén colocados para el itinerario deseado.
- Cuando se coloca una señal a vía libre, todas las señales que comandan itinerarios convergentes deben encontrarse en posición normal o de peligro, por el enclavamiento de protección.
- Cuando un tren ha pasado una señal, esta debe ser, inmediatamente, colocada en posición normal o de “peligro, cuando se trata de una señal absoluta y de precaución en el caso de una señal de distancia para protegerlo contra la llegada de otro tren y a la vez, esta señal no puede ser colocada nuevamente a “vía libre” sin antes se haya liberado completamente el itinerario que comanda.

14.1.8. Aplicación de señalamiento en estaciones

Partiendo del paso a nivel ubicado en la entrada de la estación Los Pirpintos tenemos:

- Señal fija de fin de velocidad limitada. Color blanco ubicado a 300 m después del paso a nivel.
- Señal fija de anuncio de velocidad limitada. Color blanco a 300m de la señal anterior, velocidad 50km/h
- Señal fija de anuncio de velocidad limitada. Color blanco a 300m de la señal anterior, velocidad 30km/h
- Señal fija disco de aproximación. Blanco con dos rayas negras horizontales. Ubicada a 800m de la señal anterior.

Como las estaciones son similares, se analizó las señales necesarias para asegurar la circulación en la estación Los Pirpintos. Los resultado pueden observarse en el plano nº10 del anexo planos, los tamaño son aproximadas debido a que las dimensiones no están reglamentadas por lo que la fabricación de las mismas deberán ser verificadas.

15. Cruces de caminos y vías férreas

15.1. Introducción

El tramo en estudio se desarrolla entre las progresivas 1264,960 y 1332,500 atravesando las localidades de Los Pirpintos, El Caburé y Los Tigre. En cada una de ellas existe pasos a nivel, ubicados en las progresivas 1327,928; 1326,843; 1298,229; 1297,149; 1269,711 y 1268,631, los cuales deben ser analizados. Ver tabla nº4.11.

Además entre las estaciones existen cruces con caminos rurales públicos y privados para los cuales se proponen pasos a nivel, la autorización para apertura de dichos pasos depende del Belgrano Cargas previa presentación de nota e informe. En la tabla nº4.12 del anexo 4 se observan las ubicaciones de alguno de los cruces indicados.

15.2. Metodología

La metodología que se emplea es la propuesta por la norma para los cruces entre caminos y vías férreas de la Secretaria de Estado de Transporte y obras Públicas (SETOP 7/81).

Al ser las estaciones similares, se analiza uno de los pasos a nivel ubicado en la estación de los Pirpintos. La señalización resultante será aplicada a los restantes pasos a nivel.

Además se analizará un paso a nivel propuesto en el km 1332,915.

15.3. Paso a nivel estación Los Pirpintos progresiva 137,928km

15.3.1. Ubicación

La ubicación se determina a través de registros fotográficos e imagen de google earth, como se observa en la imagen n°4.5.

Imagen n°4.5. Ubicación del paso a nivel (fuente: elaboración propia, año: 2017).

15.3.2. Estudio técnico

1. Clasificación

- Los cruces de caminos con vías férreas, se clasifican por su ubicación en:

  a) Cruces rurales.

  b) Cruces urbanos.

La norma considera zona urbana a la que, según planos catastrales, resulte estar dividida en manzanas mínimas cuya superficie entre calles sea de 1,5 ha o menor.

- Los cruces rurales y urbanos a nivel, se clasifican según las características del camino en la zona del cruce con el ferrocarril, en:

    a) A nivel con camino de tierra.

    b) A nivel con camino pavimentado.

- Según la accesibilidad pública que tuvieran los caminos que cruzan las vías férreas, se clasifican en:

    a) Cruces públicos, cuando el uso del camino no tiene restricciones.

    b) Cruces particulares, cuando el camino es de uso restringido.

Si analizamos nuestro caso se tiene un cruce urbano a nivel con camino pavimentado público.

2. Visibilidad e índice de riesgo

Para determinar la visibilidad, se verificará la ausencia de obstáculos fijos y temporarios en el rombo o semirrombo que corresponda según sentidos de circulación habilitados para la calle, determinado por los siguientes vértices:

- En la calle, a 16 m de la línea de detención ante las vías.
- Sobre las vías, donde la visual del observador ubicado según a) intersecte a las mismas, en las distancias que se indican en la tabla nº 4.13, para trenes que circulan hasta 40, 50 o 60 km/h, según corresponda.

DISTANCIA ENTRE EL EJE Y VERTICE ROMBO DE VISIBILIDAD SOBRE VIA EN FUNCION DE:									
SEPARACION ENTRE RIELES MAS ALEJADOS EN EL CRUCE dc (m)	VELOCIDAD MAXIMA DEL FERROCARRIL EN LA ZONA DEL CRUCE (Km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
5 ≥ dc	134	167	200	234	267	300	334	367	400
5 < dc ≤ 10	156	195	234	273	311	350	389	428	467
10 < dc ≤ 15	178	223	267	311	356	400	445	489	534

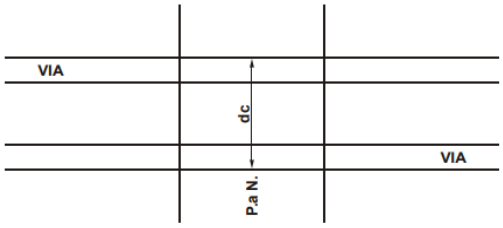


Tabla n°4.14. Distancia sobre la vía (fuente: SETOP, año: 1981).

Determinados los vértices del rombo de visibilidad, se verificará la misma considerando la altura normal de visión del conductor de un automotor bajo y la necesidad de ver los vehículos ferroviarios más pequeños. Para ello se considera suficiente 1,20 m sobre el camino y 1,00 m sobre los rieles.

De los puntos a) y b) se obtiene:

- Sobre el camino 16m.
- Sobre la vía de la tabla para una distancia dc ≤ 5 y una velocidad de 70 km/h se obtiene una distancia de 234m.

En el plano nº11 del anexo planos se observa el triángulo de visibilidad.

Se determina satisfactoria la visibilidad si:

a) El ángulo de intersección de la calle con el ferrocarril (dentro del rombo de visibilidad) es de 60° sexagesimales o mayor.

b) Desde la esquina más próxima anterior al cruce según sentidos de circulación y midiendo a partir del límite de edificación más comprometido, hasta la línea de detención del paso ferroviario existen por lo menos 16 m sin intersecciones con otra vía pública.

c) El paso no corresponde a dos o más calles que se cruzan entre sí sobre las vías.

d) No existen obstáculos permanentes a la visión sobre el plano de observación y si tampoco los habrá transitorios por razones de uso del área.

e) No existen otras calles dentro del rombo de visibilidad.

f) La máxima separación entre rieles a cruzarse en el paso, es de 15 m.

g) El sector de vías comprometido en la visibilidad, no está destinado a la detención de vehículos ferroviarios, o para maniobras (ida y vuelta sin llegar a otra estación).

h) En las vías a cruzarse no pueden circular más de dos trenes a la vez.

i) Los trenes en el sector no superan los 60 km/h.

j) La calle que cruza al ferrocarril no tiene permitida circulación a más de 40 km/h.

k) La calle que cruza al ferrocarril o las que la intersectan antes del cruce, no tienen semáforos para regulación del tránsito vial.

Al analizar las imágenes y plano nº11 del anexo planos, se observa que la visibilidad es satisfactoria.

3. Índice de riesgo

El índice de riesgo se rige por la expresión

$$R = V \times T \times \frac{1}{sen\varphi} \times A \times B \times C$$

Dónde:

R: índice de riesgo

V: cantidad diaria de vehículos carreteros. Se tomará el transito medio diario anual (TMDA) en valor estadístico o proyectado, según se trate de caminos existentes o propuestos.

T: cantidad de trenes. Se tomará indistintamente todo tren, máquina, excluyéndose las zorras o similares. Cada tren se tomará unitariamente independientemente de la cantidad de vehículos que lo formen.

φ: ángulo de cruce. Es el determinado por el eje correspondiente al camino y a la vía, o sus respectivas tangentes en el lugar si existieran trazas de curvas. En caso de más de un Angulo, se considera el más comprometido.

A: factor por curva en camino. Se considera cuando el camino presenta una curva dentro del rombo de visibilidad.

B: factor por curva en vía. Se considera cuando vía presenta una curva dentro del rombo de visibilidad.

C: factor adicional

- **Cálculo**

Datos

- Tránsito automotor

La circulación vehicular es de media intensidad y varía según la estación del año asociada a los periodos de producción. La zona es mayormente agrícola con tránsito de camiones, maquinarias agrícolas y vehículos de menor porte. Por lo que la composición varía entre: vehículos livianos, motos, camiones y máquinas agrícolas.

El tránsito fue estimado en función

- De la activación de la zona, por la rehabilitación.
- De la cercanía del paso a nivel a la estación, donde se produce un movimiento continuo de camiones.

- Movimiento vehicular de la localidad.

Por lo tanto se adoptó V= 1000veh/día.

- Tráfico ferroviario

La composición del tráfico ferroviario está formada por trenes de carga, registrándose una cantidad máxima diaria de trenes < 10, la cual al igual que el transporte automotor varía según la época del año. Por lo tanto se adopta un valor de T= 10 trenes/día.

- Ángulo de cruce φ: 90º

- Factor A

$A = 1 + cos\alpha = 1$ No existen curvas en el camino dentro del rombo de visibilidad.

- Factor B

$B = 1 + 0{,}2\ cos\beta = 1$ No existen curvas en la vía dentro del rombo de visibilidad.

- Factor C

$C = 1 + f_1 + f_2 + f_3$

Donde

$f_1 = 0{,}10$ Cuando se cruzan más de dos vías.

$f_2 = 0{,}20$ Cuando en el rombo de visibilidad, el camino presenta rampa mayor de 10%.

$f_3 = 0{,}20N$ Siendo N la cantidad de colisiones ocurridas.

$C = 1$ (No se cumplen ninguna de las condiciones mencionadas para los coeficientes f1, f2 y f3).

$$R = 40 \times 10 \times \frac{1}{sen90} \times 1 = 400$$

Finalmente de acuerdo a la norma en el apartado 6.3.3.1 menciona lo siguiente:

En los cruces existentes a nivel en que sea satisfactoria la visibilidad y menor de 12.000 el índice de riesgo, es suficiente la señalización pasiva. En caso que no se cumpla con alguno de dichos requisitos, deberá proveerse señalización activa o transformarse el paso a distinto nivel.

***Por lo tanto en nuestro caso será suficiente la señalización pasiva*.**

15.3.3. Aplicación de la señalización vertical

Para nuestro caso que el camino es de tierra y se requiere señalización pasiva se instalará:

1. Señal P.42 en coincidencia con la línea de detención de vehículos.
2. Señales P.40 y R.21: 30 km/h, a 60 m de la señal P.42.
3. Señal R.5 a 80 m de la señal P. 42.
4. P1 y P2 a 100 m del cruce.
5. R15 (40kmh) a 120m del cruce y R15 (60Km/h) a 300m del cruce
6. Señalización horizontal línea de detención a 5m del cruce y cruz de San Andrés a no menos de 120m del cruce.

En el plano n°11 del anexo planos, se observa la señalización mencionada.

Estas señalizaciones se aplicaran en todas las estaciones salvo la estación de los Tigres que por ser el cruce con camino de tierra no corresponde señalización horizontal.

15.4. Paso a nivel progresiva 1322,915

15.4.1. Ubicación

La ubicación se determina a través de registros fotográficos e imagen de google earth, como se observa en la imagen n°4.6. siguiente.

PAN KM 1322,915

Imagen n°4.6. Ubicación del paso a nivel (fuente: Elaboración propia, año: 2017).

15.4.2. Justificación

La importancia de la habilitación de este paso a nivel radica en que brindará conexión a los productores linderos, que tendrían un acceso directo, confiable y seguro con la ruta nacional nº 16 y, a través de esta con las distintas localidades y centros urbanos de la región.

15.4.3. Estudio técnico

1. Clasificación

- Los cruces de caminos con vías férreas, se clasifican por su ubicación en:

  a) Cruces rurales.

  b) Cruces urbanos.

La norma considera zona urbana a la que, según planos catastrales, resulte estar dividida en manzanas mínimas cuya superficie entre calles sea de 1,5 ha o menor.

- Los cruces rurales y urbanos a nivel, se clasifican según las características del camino en la zona del cruce con el ferrocarril, en:

  a) A nivel con camino de tierra.

  b) A nivel con camino pavimentado.

- Según la accesibilidad pública que tuvieran los caminos que cruzan las vías férreas, se clasifican en:

  a) Cruces públicos, cuando el uso del camino no tiene restricciones.

  b) Cruces particulares, cuando el camino es de uso restringido.

Si analizamos nuestro caso se tiene un cruce rural a nivel con camino de tierra público.

2. Visibilidad e índice de riesgo

Para determinar la visibilidad en caminos de dos trochas (un carril como máximo para cada sentido de circulación), se constatará la ausencia de obstáculos fijos y temporarios en el rombo que determinan los siguientes vértices.

- Sobre el camino y a cada lado del cruce, colocándose el observador a la distancia de la línea de detención, de:

  60 m en caminos de tierra.
  120 m en caminos pavimentados.

- Sobre la vía, donde la visual del observador según a) intersecte a la misma, según las distancias que se indican en la tabla nº 4.14.

Determinados los vértices del rombo de visibilidad, se verificará la misma considerando la altura normal de visión del conductor de un automotor bajo y la necesidad de ver los vehículos ferroviarios más pequeños. Para ello se considera suficiente 1,20 m sobre el camino y 1,00 m sobre los rieles.

De los puntos a) y b) se obtiene:

- Sobre el camino 60m.
- Sobre la vía de la tabla para una distancia dc ≤ 5 y una velocidad de 70 km/h se obtiene una distancia de 234m.

En el plano nº12 del anexo planos, se observa el triángulo de visibilidad.

Se determina satisfactoria la visibilidad si:

b) El ángulo de intersección del camino con el ferrocarril (considerando todo el tramo de camino que esté dentro del rombo de visibilidad) es de 60° sexagesimales o mayor.

l) No existen obstáculos permanentes a la visión sobre el plano de observación, ni los habrá transitorios por razones de uso del área.

m) No existen otros caminos dentro del rombo de visibilidad.

n) La distancia máxima de separación entre rieles a cruzarse, es de 15 m.

o) En las vías a cruzarse no pueden circular más de dos trenes a la vez.

p) El sector de vías comprometido en la visibilidad, no está destinado a la detención de vehículos ferroviarios o para maniobras (ida y vuelta sin llegar a otra estación).

Al analizar las imágenes y plano nº12 del anexo planos, se observa dentro del rombo de visibilidad existe monte, que cuando se autorice y construya el paso a nivel será talado para cumplir con el plano visual.

3. Índice de riesgo

El índice de riesgo se rige por la expresión

$$R = V \times T \times \frac{1}{sen\varphi} \times A \times B \times C$$

- Los términos tienen el mismo significado mencionado anteriormente

- Cálculo

Datos

Tránsito automotor

La circulación vehicular es de baja intensidad y varía según la estación del año asociada a los periodos de producción. La zona es mayormente forestal y ganadera con tránsito de camiones y vehículos de menor porte. Por lo que la composición varía entre: vehículos livianos, motos, camiones.

La cantidad media anual diaria fue estimada en función de los productores involucrados en la circulación a desarrollarse, formada por vehículos de diversos portes, obteniéndose V= 40veh/día. (Dato suministrado por la empresa adjudicataria UCSA SA).

Tráfico ferroviario

La composición del tráfico ferroviario está formada por trenes de carga, registrándose una cantidad máxima diaria de trenes < 10, la cual al igual que el transporte automotor varía según la época del año. Por lo tanto se adopta un valor de T= 10 trenes/día.

Ángulo de cruce φ≈ 90º

Factor A

$A = 1 + cos\alpha = 1$ No existen curvas en el camino dentro del rombo de visibilidad.

Factor B

$B = 1 + 0{,}2\ cos\beta = 1$ No existen curvas en la vía dentro del rombo de visibilidad.

Factor C

$C = 1 + f_1 + f_2 + f_3$

Donde

$f_1 = 0{,}10$ Cuando se cruzan más de dos vías.

$f_2 = 0{,}20$ Cuando en el rombo de visibilidad, el camino presenta rampa mayor de 10%.

$f_3 = 0{,}20N$ Siendo N la cantidad de colisiones ocurridas.

$C = 1$ (No se cumplen ninguna de las condiciones mencionadas para los coeficientes f1, f2 y f3).

$$R = 40 \times 10 \times \frac{1}{sen90} \times 1 = 400$$

Finalmente de acuerdo a la norma en el apartado 6.3.3.1 menciona lo siguiente:

En los cruces existentes a nivel en que sea satisfactoria la visibilidad y menor de 12.000 el índice de riesgo, es suficiente la señalización pasiva. En caso que no se cumpla con alguno de dichos requisitos, deberá proveerse señalización activa o transformarse el paso a distinto nivel.

***Por lo tanto en nuestro caso será suficiente la señalización pasiva*.**

15.4.4. Aplicación de la señalización vertical

Para nuestro caso que el camino es de tierra y se requiere señalización pasiva se instalará:

1. Señal P.42 en coincidencia con la línea de detención de vehículos.
2. Señales P.40 y R.21: 30 km/h, a 60 m de la señal P.42.
3. Señal R.5 a 80 m de la señal P. 42.
4. P1 y P2 a 100 m del cruce.
5. R15 (40kmh) a 120m del cruce y R15 (60Km/h) a 300m del cruce

Estas señalizaciones se aplicarán en todos los cruces de caminos de tierra público con vías férreas como puede observarse en el plano n°12 del anexo planos.

CAPÍTULO 5

Cómputo, presupuesto y evaluación económica del proyecto

1. Cómputo y presupuesto

El cómputo es una medición o mensura de cada uno de los trabajos a ejecutar en la obra, el mismo lleva consigo dos finalidades:

- Establecer el costo de cada una de sus partes.
- Determinar la cantidad de materiales necesarios para concretarla.

Para realizar el cómputo, se deben considerar cada una de las partes físicas elementales en que se puede subdividir la obra. Se reduce a un trabajo de apreciación, que involucran operaciones matemáticas y geométricas, que nos permite efectuar la determinación de longitudes, superficies y volúmenes, una vez halladas indicaremos un precio, y de esta manera obtenemos un presupuesto para la obra.

Deberemos imaginar a la obra subdividida en partes físicas elementales, buscando que éstas se encuentren en un cierto orden, siguiendo una secuencia lógica de ejecución de los trabajos, agruparemos por tareas de igual naturaleza que se denominan rubros y a cada uno de los trabajos que los componen ítems.

Movimiento de suelos

Las tares de movimiento de suelos comprenden los trabajos de excavación como la conformación de los terraplenes necesarios para dar forma al perfil transversal de la zona de vías.

Partiendo de las consideraciones descriptas en el Capítulo 4, especificaciones exigidas por ADIF S.E. para los perfiles transversales, se diseñaron los perfiles para la zona de vía y las estaciones.

La superposición de los perfiles diseñados, con los existentes, relevados por la empresa UCSA S.A ver plano n°13 anexo planos (como fuera mencionado en el capítulo 2) nos permite identificar y cuantificar áreas donde son necesarias excavación y terraplenes, multiplicando estas por la separación entre perfiles (500m) obtenemos los volúmenes necesarios a presupuestar (ver tabla 5.1 anexo tablas).

Se indagaron los precios de los materiales, determinado un costo al pie de obra, se suma a estos, la mano de obra para la ejecución de los trabajos y la maquinaria que será necesaria. Una vez determinado el costo-costo, se le suma los gastos generales, beneficios e impuestos para determinar un precio para la ejecución.

Los resultados obtenidos se observan en la tabla n°5.2. del anexo y la tabla nº 5.3.

Costo-Costo	***$ 818.860.475***
Gastos Generales	***$ 65.508.838***
Beneficios	***$ 163.772.095***
Impuestos	***$ 204.715.119***
Total Oferta	***$1.252.856.526***

Tabla n°5.3. Precio de oferta (fuente: Elaboración propia, año: 2017).

2. Calculo de costo por mantenimiento

Corresponden a los costos de mantenimiento del proyecto, necesario para llegar a la vida útil proyectada.

Independientemente de cuando se realice el proyecto, el primer año de operación y todos los siguientes años, se tendrá que incurrir en costos de conservación rutinarios anuales. En la tabla nº 5.4 se observa el cálculo del costo de mantenimiento para el primer año de operación.

n°	Designación	unidad	Cantidad	Costo por unidad	costo-costo total	Costo Costo por rubro
	Ítems					
	A- En la vía ferra					**$ 3.618.170,02**
	B1 - Infraestructura de vía					
1	**Movimiento de suelos**					
1.1	limpieza del terreno	m2	1.632.000,00	$ 2,00	**$ 3.264.000,00**	
1.2	Terraplenes	m3	500,00	$ 378,00	**$ 189.000,00**	
	B2 - Superestructura de vía					
2	**Materiales**					
2.1	Provisión de balasto grado A1	m3	32,40	$ 896,17	**$ 29.035,88**	
2.2	durmientes de H°P°	un	27,00	$ 1.500,00	**$ 40.500,00**	
2.3	Rieles 18m UIC 54 E1	Un	2,00	$ 10.962,00	**$ 21.924,00**	
2.4	Sujeción Vossloh W14	Un	54,00	$ 505,95	**$ 27.321,52**	
2.5	Geotextil	m2	93,60	$ 20,50	**$ 1.918,80**	
3	**Renovación de vía**					
3.1	Desarme y retiro de vía	m	18,00	$ 302,83	**$ 5.450,99**	
3.2	Montaje de vía nueva	m	18,00	$ 901,77	**$ 16.231,91**	
3.3	Soldadura aluminotermia de rieles	un	2	$ 4.388,46	**$ 8.776,92**	
3.4	Junta eclipsada 6 bulones	un	6	$ 2.335,00	**$ 14.010,00**	
						$ 3.618.170,02

Costo-Costo	**$ 3.618.170**
Gastos Generales	**$ 289.454**
Benéficos	**$ 904.543**
Impuestos	**$ 1.085.451**
Total Oferta	**$ 5.897.617**

Tabla n°5.4. Costo de mantenimiento (fuente: elaboración propia, año: 2017).

3. Evaluación de proyectos

La evaluación de proyectos consiste en comparar los costos con los beneficios que estos generan, para así decidir sobre la conveniencia de llevarlos a cabo. Se tienen dos tipos de evaluaciones.

- Evaluación financiera (privada): es importante determinar los flujos de dinero que generara el proyecto en cuestión y posteriormente compararlos con otras alternativas de inversión, utilizando una tasa de interés que el privado puede obtener o que debe pagar por estos fondos.

- Evaluación económica (social): se compara los costos y los beneficios del proyecto desde el punto de vista de la economía en su conjunto. El objetivo de este tipo de evaluación es medir la contribución del proyecto al bienestar económico del país. Por lo tanto, la evaluación económica no analiza el flujo de fondos financieros, sino el flujo de recursos reales del proyecto.

En nuestro caso solo se analiza la evaluación económica (social)

3.1. Evaluación Económica (social)

Generalidades

El ferrocarril debe competir por el transporte de cargas con un contendiente flexible y de rápida capacidad de respuesta y que a la vez puede acceder a cada rincón del país. Esto determina la principal limitación del transporte ferroviario, el no poder efectuar transportes de puerta a puerta.

Sin embargo el transporte ferroviario puede competir con el transporte carretero cuando los tráficos a servir poseen un conjunto específico de atributos:

- Los tráficos son homogéneos
- Poseen grandes volúmenes
- Tienen lugar entre un único origen y un único destino
- Sobre distancias extensas
- Si se complementa, en caso de ser necesario, con viajes en camión ya sea en origen o en destino.

Además el ferrocarril presenta las siguientes características

- Menores costos de transporte en tráficos masivos
- Menores consumos energéticos
- Menor tasa de accidente y ,mayor sustentabilidad ambiental

Teniendo en cuenta lo anterior se realizará una evaluación económica social que permitirá determinar la conveniencia o no de la realización del proyecto.

Metodología

Se estableció el horizonte de análisis a 30 años, los resultados del análisis, sobre la validez del proyecto desde el punto de vista de la sociedad, serán dados a través de la utilización de indicadores calculados sobre los beneficios y costos económicos, los cuales serán el Valor Actual Neto Económico (VAN) y Tasa Interna de Retorno Económica (TIR).

- Costos económicos del proyecto

Estos son representados por costos financieros del proyecto transformados a costos económicos mediante la utilización de adecuados factores de corrección. Comprende tanto a los costos de inversión como a los de operación y mantenimiento.

- Beneficios económicos del proyecto

Son aquellos originados por el proyecto y que serán percibidos por la comunidad considerada como un todo.

Cuando hablamos del ferrocarril de cargas, se originan dos tipos de beneficios

1. Beneficio directo

Es el beneficio que recibe el productor al reducir los costos de transporte.

2. Beneficios indirectos

A estos se le puede también llamar externalidades, se generan con una acción de la cual se derivan efectos, los cuales pueden ser positivos o negativos, y tienen una incidencia en forma de beneficios o costes. Las característica básica de una externalidad es quien es el causante de los efectos externos no está obligado a realizar ningún pago en concepto de indemnización a los afectados o no tiene derecho a recibir una compensación por los beneficios generados.

3.1.1. Costos económicos

Inversión a precios económicos

El costo social de la inversión se calcula a partir del análisis unitario de precios, aplicando coeficientes de corrección a los combustibles y lubricantes, mano de obra calificada y mano de obra no calificada.

Sin embargo de acuerdo a especificaciones de vialidad nacional se puede considerar que el costo social representa un 70% de la inversión. Por lo tanto se tiene

$$\boldsymbol{CIS = inversión \times 0,70 = \$1.252.856.526 \times 0,7 \cong \$877.000.000}$$

Mantenimiento a precios económicos

Los costos sociales de mantenimiento al igual que el caso anterior se consideran un 70% de los costos de mantenimiento determinados anteriormente.

$$\boldsymbol{CMS = costo\ de\ mantenimiento \times 0,7 = \$5.897.617 \times 0,7 \cong \$4.128.332}$$

3.1.2. Beneficios económicos

Beneficios directos

Al hablar de beneficios directos nos referimos al beneficio que recibe el producto al realizar una modificación en el modo de transportar la carga.

Como beneficios directos se consideran el ahorro en el costo del flete que provocara la transferencia de carga del medio carretero al ferroviario.

Beneficios por ahorro en el costo de transporte

- Asignación de cargas

Se define como escenario la reactivación plena del Belgrano Cargas S.A. y del puerto de Barranqueras.

Las premisas adoptadas para realizar la asignación de tráfico al medio ferroviario han sido las siguientes:

a) no asignar cargas para reducciones de costos inferiores al 15 %, lo que nos define el ¨umbral de indiferencia¨.

b) asignar hasta un 50% de las cargas para reducciones de costos no inferiores al 40%, lo que nos define un ¨techo de captación”.

c) considerar una variación lineal de la ley de captación entre las condiciones de borde planteadas anteriormente.

Gráficamente, dicha ley sería la siguiente:

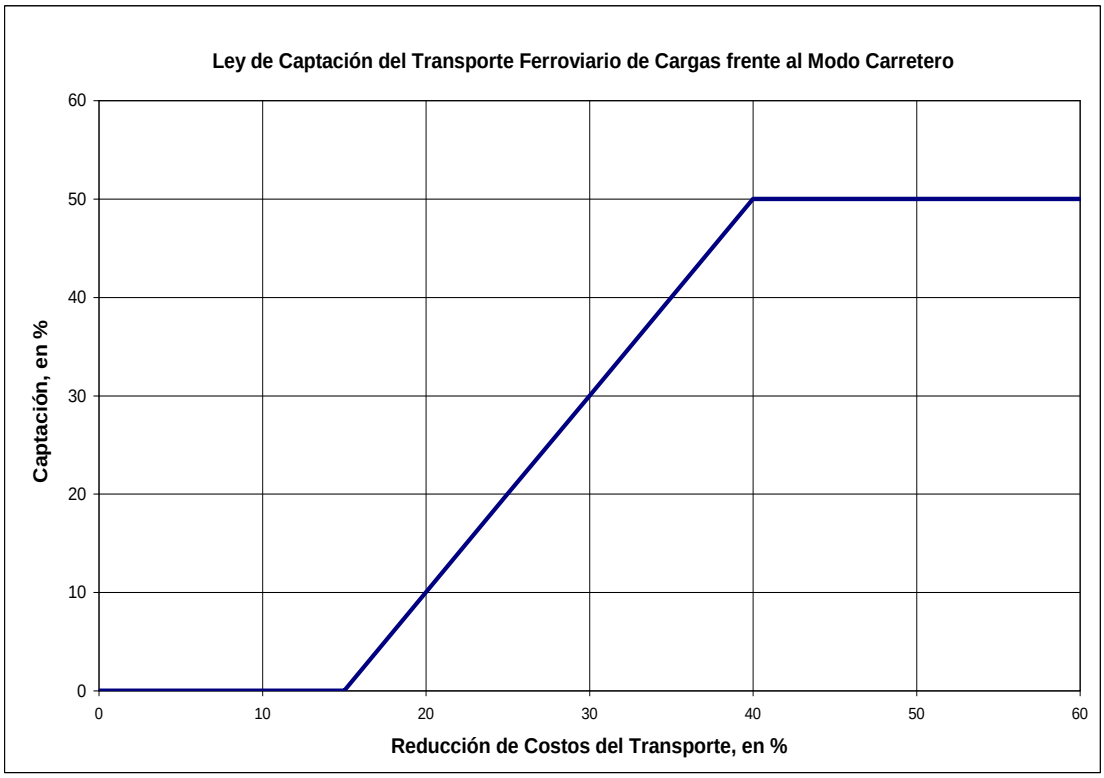


Gráfico n°5.1. Ley de captación (fuente: Estudio de perfectibilidad "Rehabilitación del Ramal Ferroviario C3 Tramo Avia Terai / Barranqueras", año: 2007).

El transporte por carretera implica a los productores del NOA/NEA mayores costos del transporte que si la carga se dirigiera en ferrocarril a los puertos de Barranqueras, Rosario, Buenos Aires, a las industrias o a los centros de consumo de la zona central del país.

Según un análisis de la bolsa de comercio de Rosario si se rehabilitarán los ramales del Ferrocarril Belgrano Cargas, la baja en los costos logísticos para los productores agrícolas del norte argentino podría representarles una mejora de un 17% en el precio que recibe por la venta del maíz, un 9% en el precio que recibe por la soja y un 19% en el trigo. Son cifras que ameritan pensar en la necesidad de un cambio estructural en la logística del transporte en Argentina.

En el NOA/NEA, el costo del flete automotor es de 0,07 U$S ton/km, mientras que el ferrocarril (para distancias largas) tiene un costo de 0,03 U$S ton/km más 0,02 U$S adicional de flete camionero corto (este último para transportar la producción desde la chacra a la estación ferroviaria de la zona). Es decir que el costo del transporte ferroviario es de 0,05 U$S ton/km (ver tabla n°5.5).

Flete	Costo Parcial		Costo flete corto		Costo total			
Carretera	0,07	US$/tnkm	0,01	US$/tnkm	0,08	US$/tnkm	**1,38**	$/tnkm
Ferrocarril	0,03	US$/tnkm	0,02	US$/tnkm	0,05	US$/tnkm	**0,86**	$/tnkm

Tabla n°5.5. Costo del flete (fuente: Elaboración propia, año: 2017).

Al analizar la tabla anterior observamos que una reducción de costo de transporte de 0,52$/tnkm lo que representa aproximadamente un 40%. Ingresando con este valor en el grafico anterior se obtiene una captación del 50%.

- Cálculo del ahorro por beneficio de transporte

Para el análisis se consideró como distancia de transporte, la longitud entre los centros de acopio en la estación Los Tigres y el puerto de Barranqueras. En la tabla nº 5.6 se observa los beneficios obtenidos por el cambio en el modio de transporte.

País	Origen	Producto	Destino	Distancia (km)	Demanda (tn)	Capitación	Situación Con Proyecto		Situación sin Proyecto		Beneficio ($)
							Costo ferroviario ($/tn)	Costo ferroviario ($)	Costo carretero ($/tn)	Costo carretero ($)	
Argentina	Salta	Soja	Barranqueras	410	1.046.448	523.224	$ 0,52	**$ 111.143.765,30**	$ 1,38	**$ 296.383.374,14**	**$ 185.239.608,84**
Argentina	Santiago del Estero	Soja	Barranqueras	410	816.816	408.408	$ 0,52	**$ 86.754.435,77**	$ 1,38	**$ 231.345.162,05**	**$ 144.590.726,28**
Argentina	Tafi Viejo Tucumán	Soja	Barranqueras	410	778.128	389.064	$ 0,52	**$ 82.645.363,94**	$ 1,38	**$ 220.387.637,18**	**$ 137.742.273,24**
Argentina	Chaco	Soja	Barranqueras	410	1.730.976	865.488	$ 0,52	**$ 183.847.826,45**	$ 1,38	**$ 490.260.870,53**	**$ 306.413.044,08**
Argentina	Rinconada Jujuy	Soja	Barranqueras	410	14.378	7.189	$ 0,52	**$ 1.527.050,39**	$ 1,38	**$ 4.072.134,36**	**$ 2.545.083,98**
Bolivia	Tajira	Soja	Barranqueras	410	15.832	7.916	$ 0,52	**$ 1.681.538,23**	$ 1,38	**$ 4.484.101,95**	**$ 2.802.563,72**
Argentina	Salta	Maíz	Barranqueras	410	57.323	28.662	$ 0,52	**$ 6.088.329,98**	$ 1,38	**$ 16.235.546,62**	**$ 10.147.216,64**
Argentina	Santiago del estero	Maíz	Barranqueras	410	296.256	148.128	$ 0,52	**$ 31.465.493,64**	$ 1,38	**$ 83.907.983,04**	**$ 52.442.489,40**
Argentina	Tafi Viejo Tucumán	Maíz	Barranqueras	410	122.558	61.279	$ 0,52	**$ 13.016.976,20**	$ 1,38	**$ 34.711.936,53**	**$ 21.694.960,33**
Argentina	Chaco	Maíz	Barranqueras	410	248.160	124.080	$ 0,52	**$ 26.357.210,43**	$ 1,38	**$ 70.285.894,47**	**$ 43.928.684,04**
Argentina	Rinconada Jujuy	Maíz	Barranqueras	410	30.280	15.140	$ 0,52	**$ 3.216.011,46**	$ 1,38	**$ 8.576.030,55**	**$ 5.360.019,09**
Bolivia	Tajira	Maíz	Barranqueras	410	119.600	59.800	$ 0,52	**$ 12.702.775,80**	$ 1,38	**$ 33.874.068,80**	**$ 21.171.293,00**
Argentina	Salta	Trigo	Barranqueras	410	101.025	50.512	$ 0,52	**$ 10.729.913,21**	$ 1,38	**$ 28.613.101,90**	**$ 17.883.188,69**
Argentina	Santiago del estero	Trigo	Barranqueras	410	52.204	26.102	$ 0,52	**$ 5.544.595,95**	$ 1,38	**$ 14.785.589,20**	**$ 9.240.993,25**
Argentina	Tafi Viejo Tucumán	Trigo	Barranqueras	410	148.578	74.289	$ 0,52	**$ 15.780.592,10**	$ 1,38	**$ 42.081.578,94**	**$ 26.300.986,83**
Argentina	Chaco	Trigo	Barranqueras	410	10.296	5.148	$ 0,52	**$ 1.093.543,31**	$ 1,38	**$ 2.916.115,49**	**$ 1.822.572,18**
Argentina	Rinconada Jujuy	Trigo	Barranqueras	410	2.496	1.248	$ 0,52	**$ 265.101,41**	$ 1,38	**$ 706.937,09**	**$ 441.835,68**
Bolivia	Tajira	Trigo	Barranqueras	410	1.320	660	$ 0,52	**$ 140.172,37**	$ 1,38	**$ 373.792,99**	**$ 233.620,62**
Argentina	Chaco	Girasol	Barranqueras	410	102.236	51.118	$ 0,52	**$ 10.858.553,67**	$ 1,38	**$ 28.956.143,12**	**$ 18.097.589,45**
Argentina	Santiago del estero	Girasol	Barranqueras	410	13.907	6.953	$ 0,52	**$ 1.477.045,63**	$ 1,38	**$ 3.938.788,35**	**$ 2.461.742,72**
Argentina	Ledesma (Jujuy)	Azúcar	Barranqueras	410	56.715	28.357	$ 0,52	**$ 6.023.693,10**	$ 1,38	**$ 16.063.181,61**	**$ 10.039.488,51**
Argentina	General Güemes (Salta)	Azúcar	Barranqueras	410	56.715	28.357	$ 0,52	**$ 6.023.693,10**	$ 1,38	**$ 16.063.181,61**	**$ 10.039.488,51**
Argentina	Tafi Viejo Tucumán	Azúcar	Barranqueras	410	56.715	28.357	$ 0,52	**$ 6.023.693,10**	$ 1,38	**$ 16.063.181,61**	**$ 10.039.488,51**
Argentina	Puesto Viejo (Jujuy)	Cemento	Barranqueras	410	229.840	114.920	$ 0,52	**$ 24.411.421,32**	$ 1,38	**$ 65.097.123,52**	**$ 40.685.702,20**
Argentina	Tafi Viejo Tucumán	Limón	Barranqueras	410	65.884	32.942	$ 0,52	**$ 6.997.572,58**	$ 1,38	**$ 18.660.193,55**	**$ 11.662.620,97**
Argentina	Salta	Vino	Barranqueras	410	624	312	$ 0,52	**$ 66.275,35**	$ 1,38	**$ 176.734,27**	**$ 110.458,92**
								Beneficio anual con proyecto			**$ 1.093.137.739,67**

Tabla n°5.6. Beneficio directo debido al costo del transporte (fuente: Elaboración propia, año: 2017).

Beneficios indirectos

Para la determinación de las externalidades se hace un análisis comparativo entre el modo carretero y ferroviario. Entre las externalidades a analizar se tienen:

- Accidentalidad.
- Efectos ambientales.
- Mantenimiento de la infraestructura vial.

De los beneficios anteriores solo se calcula la accidentalidad debido las numerosas variables y la complejidad que requiere la determinación de los otros beneficios.

Accidentalidad

La accidentalidad agrupa las siguientes variables

- Valor de riesgo: corresponde al costo asociado al sufrimiento humano, tanto de las víctimas de los accidentes, como de sus respectivos amigos y familiares, y asociado tanto al caso de lesiones con hospitalización como también al caso de víctimas fatales.
- Gastos médicos: Ya sea en el caso de una fatalidad o una lesión, los gastos médicos asociados al cuidado del paciente hasta su deceso o recuperación.
- Perdida de capital humano: en el caso de víctimas fatales, se obtiene un costo neto para la sociedad al restar la futura producción del individuo con su futuro consumo.
- Gastos administrativos: contemplan gastos asociados a policía, justicia y administración pública.

La Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (ALAF), establece el Manual de valorización de externalidades en el trasporte terrestre una relacione que permite determinar el ahorro anual que se genera, al realizar la comparación intermodal de la externalidad.

Costo automotor (Ca)= 20,16$(por c/1000tkm)

Costo ferrocarril (Cffcc)= 0,96$(por c/1000tkm)

$$\text{Ahorro anual} = \big((20{,}16 - 0{,}96) \times \text{Nº de tnkm} \times 0{,}001\big) \times \text{Pc}$$

Donde Pc es una aproximación a la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales, se obtiene a través de la tabla n°5.7 mediante el TMDA del tramo de ruta analizado.

Esta fórmula demuestra, a través de la diferencia entre los costos de la accidentalidad de ambos modos de transporte terrestre, el monto que se ahorraría en materia de accidentes si se utiliza el modo ferroviario en vez del carretero.

Para nuestro caso se consideró el TMDA que se genera en un tramo de la RN nº 16 ubicado entre km 176,35 (Int. RNnº 89 - Avia Terai) y km 604,67 (Joaquín González – Salta), en correspondencia con el tramo del ferrocarril en estudio, con un TMDA igual a 2500veh/h.

TMDA	Pc
<200	0,1
200-1000	0,3
1000-2500	0,5
2500-5000	0,75
>5000	1

Tabla n°5.7. Probabilidad de accidentes según tránsito (fuente: Manual de valorización de externalidades en el trasporte terrestre, año: 2003).

Obtenemos la tabla n°5.8. mediante el análisis de la demanda de captación y distancias, se calcula el beneficio mediante la ecuación antes descripta.

País	Origen	Producto	Destino	Distancia (km)	Demanda (tn)	Capitación	1000tnkm	Beneficio por accidentalidad
Argentina	Salta	Soja	Barranqueras	410	1.046.448	523.224	214.522	$ 35.566,00
	Santiago del Estero		Barranqueras	410	816.816	408.408	167.447	$ 27.761,42
	Tafi Viejo Tucumán		Barranqueras	410	778.128	389.064	159.516	$ 26.446,52
	Chaco		Barranqueras	410	1.730.976	865.488	354.850	$ 58.831,30
	Rinconada Jujuy		Barranqueras	410	14.378	7.189	2.947	$ 488,66
Bolivia	Tajira		Barranqueras	410	15.832	7.916	3.246	$ 538,09
Argentina	Salta	Maíz	Barranqueras	410	57.323	28.662	11.751	$ 1.948,27
	Santiago del estero		Barranqueras	410	296.256	148.128	60.732	$ 10.068,96
	Tafi Viejo Tucumán		Barranqueras	410	122.558	61.279	25.124	$ 4.165,43
	Chaco		Barranqueras	410	248.160	124.080	50.873	$ 8.434,31
	Rinconada Jujuy		Barranqueras	410	30.280	15.140	6.207	$ 1.029,12
Bolivia	Tajira		Barranqueras	410	119.600	59.800	24.518	$ 4.064,89
Argentina	Salta	Trigo	Barranqueras	410	101.025	50.512	20.710	$ 3.433,57
	Santiago del estero		Barranqueras	410	52.204	26.102	10.702	$ 1.774,27
	Tafi Viejo Tucumán		Barranqueras	410	148.578	74.289	30.459	$ 5.049,79
	Chaco		Barranqueras	410	10.296	5.148	2.111	$ 349,93
	Rinconada Jujuy		Barranqueras	410	2.496	1.248	512	$ 84,83
Bolivia	Tajira		Barranqueras	410	1.320	660	271	$ 44,86
Argentina	Chaco	Girasol	Barranqueras	410	102.236	51.118	20.958	$ 3.474,74
	Santiago del estero		Barranqueras	410	13.907	6.953	2.851	$ 472,65
	Ledesma (Jujuy)	Azúcar	Barranqueras	410	56.715	28.357	11.627	$ 1.927,58
	General Güemes (Salta)		Barranqueras	410	56.715	28.357	11.627	$ 1.927,58
	Tafi Viejo Tucumán		Barranqueras	410	56.715	28.357	11.627	$ 1.927,58
	Puesto Viejo (Jujuy)	Cemento	Barranqueras	410	229.840	114.920	47.117	$ 7.811,65
	Tafi Viejo Tucumán	Limón	Barranqueras	410	65.884	32.942	13.506	$ 2.239,22
						Beneficio por accidentalidad		**$ 209.861,24**

Tabla n°5.8. Beneficio indirecto debido al ahorro en accidentes (fuente: Elaboración propia, año: 2017).

Efectos ambientales

La contaminación es el resultado de la emisión de ciertas sustancias que permanecen en suspensión en el aire y se origina por la actividad de transportar. No solo afecta a los usuarios sino también a la sociedad.

En la valorización de los efectos producidos por la contaminación sobre los agentes afectados y en la evaluación de los gastos que suponen las medidas que es preciso adoptar para reducir dichos efectos,

Los principales elementos contaminantes son:

- Monóxido de carbono
- Óxido de nitrógeno
- Hidrocarburos volátiles y subproductos.
- Anhídrido sulfuroso
- Oxidantes

A su vez los efectos que producen son:

- Efectos sobre los individuos: trastornos en los sistemas nervioso central y cardiovascular, irritación en los ojos y sistema respiratorio, bronquitis crónica, etc.
- Efectos sobre la vegetación: disminución del crecimiento de las plantas
- Daños materiales: corrosión de materiales diversos y de sus revestimientos, envejecimiento del interior y exterior de edificios, desprendimiento de objetos, etc.

Como se puede observar la contaminación es un fenómeno complejo de analizar y evaluar, por lo que en este caso no se realiza el análisis.

Mantenimiento de la infraestructura vial

Al transferirse cargas del sistema carretero al sistema ferroviario en la situación con proyecto, trae como consecuencia una disminución de camiones pesados en la red vial relevante de la zona en estudio. Esto genera un beneficio por menor congestión en las rutas y menor deterior de las mismas con consecuente ahorro en costos de mantenimiento.

Si se realiza una comparación entre camiones y trenes se puede obtener a cuantos camiones equivale un tren.

La carga máxima tolerada en el modo automotor para circular es de 45tn por vehículo. En el modo ferroviario, la carga máxima tolerada es de 21tn por eje y cada vagón de carga tiene 4 ejes, por lo tanto la carga máxima por vagón es de 84tn.

Uno de los motivos que le permite al modo ferroviario generar mayor tráfico por unidad tractora es la mayor tolerancia de la infraestructura, la otra, es que la tara de la unidad tractora esta independizada de cada unidad traccionada, es decir cada camión carga el motor y toda la estructura complementaria, mientras que los vagones no.

Si consideramos que una locomotora de 1800hp, con un consumo de 159lts de gasoil/h, puede remolcar una formación de 30 vagones con una carga de 45tn por vagón tenemos.

$$30\ \frac{\text{vagones}}{\text{tren}} \times 45 \frac{\text{tn}}{\text{tren}} = 1350\ \text{tn/tren}$$

En el caso automotor, se considera que un camión de 265hp puede remolcar unas 30tn netas (descontada su tara y todos los implementos necesarios, chofer, herramientas, combustible, etc) y que su consumo es de 22lts de gasoil/h.

Por lo tanto si la formación ferroviaria puede realizar el tráfico correspondiente a una carga de 1350tn, y cada camión de los considerados, solo puede transportar 30tn, la cantidad de camiones necesaria para mover la carga de la formación ferroviaria es de:

$$\frac{1350\ {}^{\text{tn}}/_{\text{tren}}}{30\ {}^{\text{tn}}/_{\text{camion}}} = \mathbf{45\ camiones/tren}$$

Al observar los valores anteriores se puede ver que la transferencia de carga del modo vial al modo ferroviario disminuiría de forma considerable la presencia de camiones en la carretera, lo que a su vez implicaría una disminución en el mantenimiento de la red camionera. Su adecuada medición, sin embargo, supone reconocer que los transportistas viales contribuyen económicamente a dicho mantenimiento a través de los peajes y de algunos impuestos sobre los combustibles, ingreso que se perderá con la transferencia modal. Deberá entonces computarse solo una parte del mantenimiento vial ahorrado por el traspaso del camión al tren.

Los datos requeridos para el cálculo comprenden por un lado la identificación del tipo representativo de camiones que circulan por el corredor, estableciendo un consumo estandarizado de gasoil por km, la carga tributaria sobre gasoil dirigido al financiamiento vial y el relevamiento de pagos de peaje que considera el ramal. La obtención de estos datos no presenta inconvenientes.

El dato restante, consistente en la determinación técnica del mantenimiento vial ahorrado se puede determinar realizando la diferencia entre el costo de la situación sin proyecto (SP), que corresponde a la situación actual donde el transporte se realiza por modo carretero, y la situación con proyecto (CP), que corresponde a la transferencia del modo carretero al ferroviario.

Sin embargo debido a que la disminución de tráfico sobre la vida útil del camino no obedece a una relación lineal, sino que responde a un complejo modelo, esta última variable es muy complicada de determinar.

4. Conclusiones

En las tablas n°5.9 y n°5.10 se observan los resultados del flujo de beneficios netos y los cálculos de los indicadores de rentabilidad VAN y TIR.

Horizonte	Beneficio		Costos		Flujo Neto
de estudio	Costo de transporte	Ahorro por accidentes	Inversión en rehabilitación	Mantenimiento	
2019			$ 877.000.000		-$ 877.000.000
2020	$ 1.093.137.740	$ 209.861		$ 4.128.332	$ 1.089.219.269
2021	$ 1.136.863.249	$ 218.256		$ 4.293.465	$ 1.132.788.040
2022	$ 1.182.337.779	$ 226.986		$ 4.465.204	$ 1.178.099.561
2023	$ 1.229.631.290	$ 236.065		$ 4.643.812	$ 1.225.223.544
2024	$ 1.278.816.542	$ 245.508		$ 4.829.565	$ 1.274.232.485
2025	$ 1.329.969.204	$ 255.328		$ 5.022.747	$ 1.325.201.785
2026	$ 1.383.167.972	$ 265.541		$ 5.223.657	$ 1.378.209.856
2027	$ 1.438.494.691	$ 276.163		$ 5.432.603	$ 1.433.338.251
2028	$ 1.496.034.478	$ 287.210		$ 5.649.907	$ 1.490.671.781
2029	$ 1.555.875.857	$ 298.698		$ 5.875.904	$ 1.550.298.652
2030	$ 1.618.110.892	$ 310.646		$ 6.110.940	$ 1.612.310.598
2031	$ 1.682.835.327	$ 323.072		$ 6.355.377	$ 1.676.803.022
2032	$ 1.750.148.741	$ 335.995		$ 6.609.593	$ 1.743.875.143
2033	$ 1.820.154.690	$ 349.434		$ 6.873.976	$ 1.813.630.148
2034	$ 1.892.960.878	$ 363.412		$ 7.148.935	$ 1.886.175.354
2035	$ 1.968.679.313	$ 377.948		$ 7.434.893	$ 1.961.622.368
2036	$ 2.047.426.485	$ 393.066		$ 7.732.288	$ 2.040.087.263
2037	$ 2.129.323.545	$ 408.789		$ 8.041.580	$ 2.121.690.754
2038	$ 2.214.496.487	$ 425.140		$ 8.363.243	$ 2.206.558.384
2039	$ 2.303.076.346	$ 442.146		$ 8.697.773	$ 2.294.820.719
2040	$ 2.395.199.400	$ 459.832		$ 9.045.684	$ 2.386.613.548
2041	$ 2.491.007.376	$ 478.225		$ 9.407.511	$ 2.482.078.090
2042	$ 2.590.647.671	$ 497.354		$ 9.783.812	$ 2.581.361.213
2043	$ 2.694.273.578	$ 517.248		$ 10.175.164	$ 2.684.615.662
2044	$ 2.802.044.521	$ 537.938		$ 10.582.171	$ 2.792.000.288
2045	$ 2.914.126.302	$ 559.456		$ 11.005.457	$ 2.903.680.300
2046	$ 3.030.691.354	$ 581.834		$ 11.445.676	$ 3.019.827.512
2047	$ 3.151.919.008	$ 605.107		$ 11.903.503	$ 3.140.620.612
2048	$ 3.277.995.768	$ 629.312		$ 12.379.643	$ 3.266.245.437
2049	$ 3.409.115.599	$ 654.484		$ 12.874.829	$ 3.396.895.254

Tabla n°5.9.Flujo de beneficios Netos. (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Tasa de descuento	***12%***
TIR	***128%***
VAN	***$ 11.264.283.815***

Tabla n°5.10. Indicadores de rentabilidad (fuente: Elaboración propia, año: 2017).

Mediante la interpretación de los resultados anteriores se determina si el proyecto será viable o no a través de los siguientes criterios

1. Criterio de decisión a través del análisis del VAN

- Si el VAN > 0 es conveniente realizar el proyecto.
- Si el VAN = 0 resulta indiferente, es decir se puedo o no realizar el proyecto.
- Si el VAN < 0 No conviene realizar el proyecto.

Para nuestro caso tenemos

VAN = $11.264.283.815 > 0 >>>>>>> Es conveniente realizar el proyecto

2. Criterio de decisión a través del TIR

La regla de decisión consiste en aceptar proyectos cuya TIR sea mayor que la tasa interna de retorno. Por lo tanto para nuestro caso tenemos.

TIR = 128% > 12% >>>>>>>> Es conveniente realizar el proyecto

Finalmente concluimos mediante los indicadores de rentabilidad que es conveniente la realización del proyecto, la rehabilitación del tramo sumado a un conjunto de obras unidas generaran mayores beneficios de los previstos en este análisis.

Bibliografía

Capítulo 1

Angueira de Prieto, M. C. (2015). *Revelamiento de suelos utilizando las nuevas técnicas de geomática: un caso de Santiago del Estero, Argentina*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Argentina. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas (2016). *Informes productivos provinciales: Chaco*. Recuperado de https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/SSPE-Informe_Productivo_Provincial-Chaco.pdf

Argentina. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas (2016). *Informes productivos provinciales: Jujuy*. Recuperado de https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/SSPE-Informe_Productivo_Economico-Jujuy.pdf

Argentina. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas (2016). *Informes productivos provinciales: Santiago del Estero*. Recuperado de https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/Informe_Productivo_Santiago_del_Estero.pdf

Argentina. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas (2016). *Informes productivos provinciales: Tucumán*. Recuperado de https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/Informe_Productivo_tucuman.pdf

Argentina. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas (2017). *Informes productivos provinciales: Salta*. Recuperado de https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/Informe_Productivo_salta.pdf

Argentina. Ministerio de Relaciones Exteriores (2016). *Reporte Trimestral de comercio exterior de Chile: enero-diciembre*. Recuperado de https://www.direcon.gob.cl/wp-content/uploads/2017/02/Reporte-Trimestral-enero-diciembre-2016-1.pdf

Cámara Argentina de la Construcción (2015). *Las inversiones en el sistema ferroviario argentino: periodo 2016-2025.* Buenos Aires: Cámara Argentina de la Construcción.

Canitrot, L. y García, N. (2013). *Potencialidades del ferrocarril en el transporte de granos: su rol estratégico para incrementar la competitividad hacia 2020*. Buenos Aires: Cámara Argentina de la Construcción.

The Observatory of Economic Complexity (2017). *Bolivia*. Recuperado de http://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/bol

Capítulo 2

Argentina. Dirección Nacional de Vialidad (s.f.). *Normas de ensayos*. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad.

Argentina. Ministerio de Transporte (1990). *Instrucción técnica sobre estudios geotécnicos*

previos a la ejecución de terraplenes y desmontes: I GVO (OA) 005. Buenos Aires: Gerencia de Via y Obras. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/NORMAS%20VIA%20Y%20OBRAS/I_GVO_OA_005.pdf

ASTM D1194-94. *Standard test method for bearing capacity of soil for static load and spread footings.* Pennsylvania, Estados Unidos, American Society for Testing and Materials International.

Estudios de suelo ramal C12 entre Los Pirpintos y Los Tigres (2017). Buenos Aires: UCSA.

IRAM- 10517. *Geotecnia. Ensayo normalizado de penetración (SPT).* Buenos Aires, Argentina, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2015.

IRAM 10540. *Geotecnia. Determinación del índice de penetración mediante el penetrómetro dinámico de cono liviano (DCPL)*. Buenos Aires, Argentina, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2011.

IRAM 10519. *Mecánica de suelos. Método de laboratorio para la determinación de humedad.* Buenos Aires, Argentina, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1970.

Martínez, P. A. (2014). Publicación interna para cátedra de transporte 3: material de apoyo. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.

Oliveros Rives, F., López Pita, A. y Megia Puente, M. J. (1977). *Tratado de ferrocarriles: vía*. Madrid: Rueda. 1

Red de nivelación y perfiles trasversales del ramal C12 entre Los Pirpintos y Los Tigres (2017). Buenos Aires: UCSA.

Terzaghi, K. y Peck, R. B. (1980). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. (2a ed.). Barcelona: El Ateneo.

Capítulo 3

American Association of State Highway and Transportation Official (1979). Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos (AASHTO).

Argentina. Instituto Geográfico Militar (2015). *Curvas de nivel*. Buenos Aires: Instituto Geográfico Militar. Recuperado de http://www.ign.gob.ar/NuestasActividades/sigign#descarga

Argentina. Ministerio de Transporte (1990). *Instrucción técnica sobre estudios de hidrología de crecidas: I GVO (OA) 004.* Buenos Aires: Gerencia de Infraestructura. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/NORMAS%20VIA%20Y%20OBRAS/I_GVO_OA_004.pdf

Ayuga Téllez, F., García García, I. A., Martínez Álvarez, V. y Cañas Guerrero, I. (2003). *Pequeños embalses de uso agrícola*. Madrid: Mundi-Prensa.

Bodhaine, G. L. (1968). *Measurement of peak discharge at culverts by indirect methods: chapter A3.* En USGS Science for a Changing World. Recuperado de https://pubs.usgs.gov/twri/twri3-a3/pdf/TWRI_3-A3.pdf

Chow, V. T., Maidment, D. R. y Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: McGraw-Hill.

Earth Observing System (2017). *Imágenes satelitales: LandViewer*. California: Earth Observing System Recuperado de https://lv.eosda.com/?lat=29.35704&lng=-94.72137&z=11&s=Landsat8&id=LC80250402016126LGN00&b=Red,Green,Blue,Panchrom

Linsley, R. K., Kohler, M. A. y Paulhus, J. L. H. (1977). *Hidrología para ingenieros*. (2a ed.). México: McGraw-Hill.

White, F. M. (2008). *Mecánica de fluidos*. (6a ed.). Madrid: McGraw-Hill.

Capítulo 4

ALAF 5-022. *Durmientes de Hormigón Monobloque - Realizado por el Grupo Americano de Trabajo (GAT) con el aporte del Grupo Español de Trabajo (GET) en los Seminarios de Vías realizados en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia*. Buenos Aires: Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles. Recuperado de http://www.alaf.int.ar/normas-tecnicas.php

Alta precisión carril de acero sin soldadura aluminotérmica soldadura servicios Introducción de producto (2017). Recuperado de http://www.sincholdrail.net/rail-welding/high-precision-seamless-steel-rail.html

Argentina. Ministerio de Economía. (1981). *Resolución 7/81. Normas para los cruces entre caminos y vías ferreas.* Buenos Aires: Secretaría de Estado de Transporte y Obras Públicas. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/SETOP_7-81/SETOP%207-81.pdf

Argentina. Ministerio de Transporte (1972). *Rectificación del trazado de las curvas por el método de las flechas NTVO nº 4.* Buenos Aires: Gerencia de Infraestructura. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/NORMAS%20VIA%20Y%20OBRAS/VO_4.pdf

Argentina. Ministerio de Transporte (2016). *Sobreancho de trocha NTVO nº 14.* Buenos Aires: Gerencia de Infraestructura. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/NORMAS%20VIA%20Y%20OBRAS/VO_14.pdf

Argentina. Ministerio de Transporte (2016). *Colocación, vigilancia y conservación de los rieles largos soldados NTVO nº 9.* Buenos Aires: Gerencia de Infraestructura. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/NORMAS%20VIA%20Y%20OBRAS/VO_9.pdf

Argentina. Ministerio de Transporte (1990). *Anclas de doble cierre lateral, colocación y extracción NTVO nº 12.* Buenos Aires: Gerencia de Infraestructura. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/NORMAS%20VIA%20Y%20OBRAS/VO_12.pdf

Argentina. Ministerio de Transporte (1975). *FA 7040: balastro grado A*. Buenos Aires: Normalización y métodos. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/NORMAS_FA/FA_7040.pdf

Argentina. Ministerio de Transporte (1995). *Reglamento general de ferrocarriles: decreto*

90325. Buenos Aires. Recuperado de https://www.cnrt.gob.ar/sites/default/files/normativa_ferroviaria/LEY_Y_REGLAMENTO/R_G_FC.pdf

Especial: brazos de barreras, historia y detalles de cada uno (2017, 25 de julio). [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://barrerasenargentina.blogspot.com.ar/2017/07/especial-brazos-de-barreras-historia-y.html

IRAM-FA L 95-96. *Maderas: durmientes de quebracho blanco sin preservar. Buenos Aires, Argentina, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2015.*

Nuevo Central Argentino (2014). Manual integral de vías. Buenos Aires: Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles. Recuperado de http://www.alaf.int.ar/publicaciones/MANUAL_INTEGRAL_DE_VIAS.pdf

Oliveros Rives, F., López Pita, A. y Megia Puente, M. J. (1977). *Tratado de ferrocarriles: vía.* Madrid: Rueda. 1

Trenes Argentinos Infraestructura (2017). *Licitaciones.* Buenos Aires: TAI. Recuperado de https://servicios.adifse.com.ar/licitaciones.php

Capítulo 5

Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (2003). *Manual de valorización de las externalidades en el transporte terrestre*. Buenos Aires: ALAF. Recuperado de http://www.alaf.int.ar/publicaciones/MANUALEXTERNALIDADES.pdf

Chandías, M. E. y Ramos, J. M. (2008). *Cómputos y presupuestos*. (24a ed.). Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina.

Sotelo, R. R. (2017). *Publicación interna de todos los temas del programa: economía y evaluación de proyectos*. Resistencia: Universidad Nacional del Nordeste.

Vivienda: la revista de la construcción (2016), 646.

ANEXO TABLAS

PUNTO	PROG.	LECT. ATRÁS	LECT. ADELANTE	DIF. NIVEL	COTA CÁLCULO
IGN 16	0	2,374			**170,004**
PP	0,1	1,48	1,598	0,776	170,78
PP	0,2	1,178	1,583	-0,103	170,677
PP	0,3	1,387	2,332	-1,154	169,523
PP	0,4	1,653	1,599	-0,212	169,311
PP	0,5	1,188	1,448	0,205	169,516
PP	0,6	1,548	1,638	-0,45	169,066
PP	0,7	1,572	1,499	0,049	169,115
PP	0,8	1,568	1,715	-0,143	168,972
PP	0,9	1,697	1,528	0,04	169,012
PP	1	1,969	1,552	0,145	169,157
MOP 1703	1,1	0,407	0,253	1,716	**170,873**
PP	1,2	1,448	1,124	-0,717	170,156
PP	1,3	1,494	1,493	-0,045	170,111
PP	1,4	1,473	1,502	-0,008	170,103
PP	1,5	1,463	1,483	-0,01	170,093
PP	1,6	1,428	1,411	0,052	170,145
PFA3	1,7	2,064	2,049	-0,621	**169,524**
PP	1,8	1,443	1,553	0,511	170,035
PP	1,9	1,412	1,478	-0,035	170
PP	2	1,403	1,507	-0,095	169,905
PP	2,1	1,346	1,512	-0,109	169,796
PF3	2,2	2,332	2,421	-1,075	**168,721**
PP	2,3	1,484	1,477	0,855	169,576
PP	2,4	1,361	1,434	0,05	169,626
PP	2,5	1,459	1,425	-0,064	169,562
PP	2,6	1,48	1,418	0,041	169,603
PP	2,7	1,438	1,492	-0,012	169,591
PP	2,8	1,467	1,427	0,011	169,602
PP	2,9	1,393	1,464	0,003	169,605
PP	3	1,41	1,457	-0,064	169,541
PFA2	3,1	2,171	2,201	-0,791	**168,75**
PP	3,2	1,409	1,433	0,738	169,488
PP	3,3	1,414	1,487	-0,078	169,41
PP	3,4	1,378	1,431	-0,017	169,393
PP	3,5	1,304	1,566	-0,188	169,205
PP	3,6	1,364	1,515	-0,211	168,994
PP	3,7	1,306	1,548	-0,184	168,81
PP	3,8	1,307	1,549	-0,243	168,567
PP	3,9	1,346	1,503	-0,196	168,371
PP	4	1,332	1,51	-0,164	168,207
PF2	4,1	1,921	2,031	-0,699	**167,508**
PP	4,2	1,339	1,491	0,43	167,938
PP	4,3	1,383	1,452	-0,113	167,825
PP	4,4	1,388	1,466	-0,083	167,742
PP	4,5	1,437	1,461	-0,073	167,669
PP	4,6	1,388	1,49	-0,053	167,616
PP	4,7	1,446	1,445	-0,057	167,559
PP	4,8	1,387	1,452	-0,006	167,553
PP	4,9	1,409	1,449	-0,062	167,491
PP	5	1,484	1,462	-0,053	167,438
PFA1	5,1	2,086	2,038	-0,554	**166,884**
PP	5,2	1,376	1,481	0,605	167,489
PP	5,3	1,451	1,454	-0,078	167,411
PP	5,4	1,438	1,483	-0,032	167,379
PP	5,5	1,433	1,568	-0,13	167,249
PP	5,6	1,414	1,467	-0,034	167,215
PP	5,7	1,412	1,449	-0,035	167,18
PP	5,8	1,46	1,502	-0,09	167,09
PP	5,9	1,443	1,514	-0,054	167,036
PP	6	1,482	1,537	-0,094	166,942
PF1	6,1	2,098	2,337	-0,855	**166,087**
PP	6,2	1,309	1,354	0,744	166,831
PP	6,3	1,302	1,313	-0,004	166,827
PP	6,4	1,314	1,321	-0,019	166,808
PFA			2,023	-0,709	**166,099**

Tabla n°2.1. Nivelación desde puntos IGN n° 16 a PFA *ida* (fuente: UCSA SA, año: 2017).

PUNTO	PROG.	LECT. ATRÁS	LECT. ADELANTE	DIF. NIVEL	COTA CÁLCULO
PFA	0	2,027			**166,099**
PP	0,1	1,342	1,323		166,803
PP	0,2	1,347	1,322		166,823
PP	0,3	1,338	1,348		166,822
PF1	0,4	2,274	2,08		**166,08**
PP	0,5	1,519	1,433		166,921
PP	0,6	1,474	1,414		167,026
PP	0,7	1,476	1,408		167,092
PP	0,8	1,459	1,402		167,166
PP	0,9	1,454	1,429		167,196
PP	1	1,483	1,407		167,243
PP	1,1	1,464	1,364		167,362
PP	1,2	1,516	1,45		167,376
PP	1,3	1,444	1,44		167,452
PFA1	1,4	2,013	2,025		**166,871**
PP	1,5	1,446	1,447		167,437
PP	1,6	1,453	1,4		167,483
PP	1,7	1,409	1,413		167,523
PP	1,8	1,507	1,435		167,497
PP	1,9	1,498	1,431		167,573
PP	2	1,454	1,407		167,664
PP	2,1	1,446	1,408		167,71
PP	2,2	1,469	1,366		167,79
PP	2,3	1,553	1,36		167,899
PF2	2,4	2,073	1,958		**167,494**
PP	2,5	1,507	1,404		168,163
PP	2,6	1,527	1,328		168,342
PP	2,7	1,576	1,35		168,519
PP	2,8	1,627	1,353		168,742
PP	2,9	1,534	1,403		168,966
PP	3	1,572	1,359		169,141
PP	3,1	1,537	1,383		169,33
PP	3,2	1,505	1,468		169,399
PP	3,3	1,487	1,448		169,456
PP	3,4	1,478	1,461		169,482
PFA2	3,5	2,22	2,222		**168,738**
PP	3,6	1,472	1,424		169,534
PP	3,7	1,512	1,448		169,558
PP	3,8	1,479	1,457		169,613
PP	3,9	1,452	1,471		169,621
PP	4	1,448	1,467		169,606
PP	4,1	1,437	1,467		169,587
PP	4,2	1,553	1,494		169,53
PP	4,3	1,427	1,457		169,626
PP	4,4	1,445	1,434		169,619
PF3	4,5	2,476	2,344		**168,72**
PP	4,6	1,511	1,427		169,769
PP	4,7	1,503	1,395		169,885
PP	4,8	1,509	1,401		169,987
PP	4,9	1,481	1,445		170,051
PFA3	5	1,917	2,003		**169,529**
PP	5,1	1,474	1,313		170,133
PP	5,2	1,479	1,502		170,105
PP	5,3	1,475	1,497		170,087
PP	5,4	1,488	1,447		170,115
PP	5,5	1,498	1,453		170,15
PP	5,6	1,496	1,491		170,157
MOP1703	5,7	0,247	0,773		**170,88**
PP	5,8	1,484	1,916		169,211
PP	5,9	1,479	1,689		169,006
PP	6	1,573	1,489		168,996
PP	6,1	1,5	1,482		169,087
PP	6,2	1,701	1,491		169,096
PP	6,3	1,433	1,283		169,514
PP	6,4	1,465	1,589		169,358
PP	6,5	2,3	0,793		170,03
PP	6,6	1,491	1,422		170,908
PP	6,7	1,452	1,45		170,949
IGN 16	6,8		2,391		**170,01**

Tabla n°2.3. Nivelación desde PFA a IGN n° 16 *vuelta* (fuente: UCSA, año: 2017).

N° PUNTO	E	N	COTA	PROG.	DIST. RIEL IZQ. (m.)
PF1	4598040,151	7107851,212	166,082	1332,45	18,82
PF2	4596271,941	7108707,266	167,504	1330,49	16,45
PF3	4594477,192	7109575,603	168,719	1328,49	14,43
PF4	4593015,203	7110275,694	169,767	1326,87	18,9
PF5	4591217,465	7111142,309	170,822	1324,88	19,92
PF6	4589601,429	7111923,145	172,025	1323,08	19,96
PF7	4587861,068	7112763,827	172,472	1321,15	19,76
PF8	4586060,98	7113631,646	173,613	1319,15	26,49
PF9	4584374,721	7114444,63	174,258	1317,28	25,77
PF10	4582532,879	7115330,865	175,426	1315,23	25,48
PF11	4580667,18	7116231,497	176,591	1313,16	20,95
PF12	4578882,013	7117092,821	177,817	1311,11	20,32
PF13	4577034,923	7117985,31	179,605	1309,13	21,07
PF14	4575269,984	7118842,861	180,402	1307,17	16,22
PF15	4573491,519	7119696,497	181,556	1305,19	20,95
PF16	4571701,665	7120563,906	182,618	1303,21	11,76
PF17	4569907,113	7121428,105	184,176	1301,21	12,61
PF18	4598040,151	7107851,212	184,791	1299,21	16,5

Tabla n°2.3. Monografía de puntos fijos (fuente: UCSA, año: 2017).

Progresiva km.	Sondeo	preofundidad m.	Golpes nº	Clasificación		c Kg/cm3	ϕº
				SUCS	HRB		
1332	P01	0,50-1,00	5	CL	A-6	0.15	10
		1,50-2,00	5	CL	A-4		
		2,50-3,00	5	CL	A-6		
1331	P02	0,50-1,00	12	CL	A-4	0.3	15
		1,50-2,00	7	CL	A-6		
		2,50-3,00	11	CL	A-4		
1330	P03	0,50-1,00	10	CL	A-4	0.25	14
		1,50-2,00	5	CL	A-6		
		2,50-3,00	13	CL	A-4		
1329	P04	0,50-1,00	7	ML	A-4	0.22	10
		1,50-2,00	5	CL	A-4		
		2,50-3,00	14	CL	A-4		
		3,50-4,00	11	CL	A-4		
		4,50-5,00	16	CL	A-4		
		5,50-6,00	16	CL	A-4		
1328	P05	0,50-1,00	5	CL	A-6	0.15	10
		1,50-2,00	7	CL	A-6		
		2,50-3,00	10	CL	A-4		
1327	P06	0,50-1,00	3	CL	A-4	0.13	5
		1,50-2,00	6	CL	A-4		
		2,50-3,00	7	CL-ML	A-4		
1327	P07	0,50-1,00	5	ML	A-4	0.35	3
		1,50-2,00	6	CL	A-4		
		2,50-3,00	5	CL-ML	A-4		
		3,50-4,00	9	CL-ML	A-4		
		4,50-5,00	12	CL	A-4		
		5,50-6,00	14	CL	A-4		
1326	P08	0,50-1,00	10	CL	A-6	0.53	5
		1,50-2,00	7	CL	A-4		
		2,50-3,00	8	CL	A-4		
1325	P09	0,50-1,00	5	CL	A-4	0.35	3
		1,50-2,00	7	CL	A-4		
		2,50-3,00	8	CL	A-4		
1324	P10	0,50-1,00	20	CL-ML	A-4	0.61	8
		1,50-2,00	5	CL	A-4		
		2,50-3,00	8	CL	A-4		
		3,50-4,00	23	CL	A-6		
		4,50-5,00	39	CL	A-4		
		5,50-6,00	38	CL	A-4		
1323	P11	0,50-1,00	23	CL	A-4	0.63	5
		1,50-2,00	7	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	9	CL	A-4		
1321	P012	0,50-1,00	13	CL	A-4	0.58	6
		1,50-2,00	6	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	9	CL	A-4		
1320	P013	0,50-1,00	11	CL-ML	A-4	0.5	7
		1,50-2,00	6	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	8	CL-ML	A-4		
		3,50-4,00	8	CL-ML	A-4		
		4,50-5,00	47	CL	A-6		
		5,50-6,00	34	CL	A-6		
1319	P014	0,50-1,00	8	CL	A-6	0.44	5
		1,50-2,00	6	CL	A-6		
		2,50-3,00	21	CL	A-6		
1318	P015	0,50-1,00	15	CL	A-4	0.67	5
		1,50-2,00	9	ML	A-4		
		2,50-3,00	12	CL	A-4		
1317	P016	0,50-1,00	6	CL	A-4	0.4	4
		1,50-2,00	13	CL	A-4		
		2,50-3,00	9	CL	A-4		
		3,50-4,00	17	CL	A-4		
		4,50-5,00	13	CL	A-6		
		5,50-6,00	17	CL	A-4		
1316	P017	0,50-1,00	18	CL	A-4	0.72	8
		1,50-2,00	12	CL	A-4		
		2,50-3,00	10	CL	A-4		
1315	P018	0,50-1,00	10	CL	A-4	0.5	7
		1,50-2,00	13	CL	A-4		
		2,50-3,00	14	CL	A-4		

Progresiva km.	Sondeo	preofundidad m.	Golpes nº	Clasificación		c Kg/cm3	ϕº
				SUCS	HRB		
1314	P019	0,50-1,00	17	CL	A-4	0.72	7
		1,50-2,00	5	CL	A-4		
		2,50-3,00	9	CL	A-4		
		3,50-4,00	16	CL	A-4		
		4,50-5,00	25	CL	A-4		
		5,50-6,00	29	CL	A-4		
1313	P020	0,50-1,00	12	CL	A-4	0.59	5
		1,50-2,00	6	CL	A-4		
		2,50-3,00	8	CL	A-4		
1312	P021	0,50-1,00	14	CL	A-4	0.64	5
		1,50-2,00	6	CL	A-4		
		2,50-3,00	12	CL	A-4		
1311	P022	0,50-1,00	13	CL	A-6	0.6	5
		1,50-2,00	5	CL	A-6		
		2,50-3,00	9	CL	A-4		
		3,50-4,00	11	CL	A-6		
		4,50-5,00	16	CL	A-4		
		5,50-6,00	22	CL	A-6		
1310	P023	0,50-1,00	14	CL	A-6	0.62	7
		1,50-2,00	10	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	17	CL	A-4		
1309	P024	0,50-1,00	13	CL	A-4	0.55	7
		1,50-2,00	8	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	18	CL	A-4		
1308	P025	0,50-1,00	8	CL	A-4	0.45	4
		1,50-2,00	9	CL	A-4		
		2,50-3,00	10	CL	A-4		
		3,50-4,00	13	CL	A-6		
		4,50-5,00	13	CL	A-6		
		5,50-6,00	16	CL	A-6		
1307	P026	0,50-1,00	13	CL	A-4	0.6	6
		1,50-2,00	7	CL	A-4		
		2,50-3,00	7	CL	A-4		
1306	P027	0,50-1,00	13	CL	A-4	0.58	6
		1,50-2,00	6	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	9	CL	A-4		
1305	P028	0,50-1,00	12	CL	A-4	0.5	7
		1,50-2,00	7	CL	A-4		
		2,50-3,00	14	CL	A-4		
		3,50-4,00	15	CL	A-6		
		4,50-5,00	14	CL	A-4		
		5,50-6,00	19	CL-ML	A-4		
1304	P029	0,50-1,00	12	CL	A-4	0.52	8
		1,50-2,00	10	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	14	CL-ML	A-4		
1301	P030	0,50-1,00	16	CL	A-4	0.7	7
		1,50-2,00	8	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	10	CL	A-4		
1303	P031	0,50-1,00	21	CL	A-6	0.8	7
		1,50-2,00	14	CL	A-4		
		2,50-3,00	16	CL	A-4		
		3,50-4,00	23	CL	A-4		
		4,50-5,00	31	CL	A-4		
		5,50-6,00	35	CL	A-4		
1302	P032	0,50-1,00	20	CL	A-4	0.78	9
		1,50-2,00	13	CL	A-4		
		2,50-3,00	19	CL	A-4		
1300	P033	0,50-1,00	19	CL	A-4	0.7	9
		1,50-2,00	12	CL	A-4		
		2,50-3,00	22	CL	A-4		
1299	P034	0,50-1,00	21	CL	A-4	0.6	9
		1,50-2,00	13	ML	A-4		
		2,50-3,00	34	CL	A-6		
		3,50-4,00	30	CL	A-4		
		4,50-5,00	38	CL	A-4		
		5,50-6,00	47	CL	A-4		
1298	P035	0,50-1,00	20	CL	A-4	0.6	7
		1,50-2,00	15	CL	A-4		
		2,50-3,00	29	CL	A-4		

Tabla n°2.4. Resultados de ensayos Ensayo de Penetración Estándar SPT (fuente: elaboración propia mediante datos de UCSA S.A., año 2017).

Progresiva km.	Sondeo	preofundidad m.	Golpes nº	Clasificación		c Kg/cm3	ϕº
				SUCS	HRB		
1297	P036	0,50-1,00	10	CL	A-4	0.45	6
		1,50-2,00	8	CL	A-4		
		2,50-3,00	15	CL	A-4		
1296	P037	0,50-1,00	19	CL	A-4	0.55	10
		1,50-2,00	10	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	12	CL-ML	A-4		
		3,50-4,00	17	SM	A-4		
		4,50-5,00	20	SM	A-2-4		
		5,50-6,00	21	SM	A-2-4		
1295	P038	0,50-1,00	13	ML	A-4	0.4	8
		1,50-2,00	9	ML	A-4		
		2,50-3,00	12	ML	A-4		
1294	P039	0,50-1,00	14	CL-ML	A-4	0.45	8
		1,50-2,00	7	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	11	ML	A-4		
1293	P040	0,50-1,00	12	CL-ML	A-4	0.47	9
		1,50-2,00	8	ML	A-4		
		2,50-3,00	12	SM	A-4		
		3,50-4,00	10	SM	A-4		
		4,50-5,00	12	SM	A-2-4		
		5,50-6,00	14	SM	A-2-4		
1292	P041	0,50-1,00	10	CL	A-4	0.45	7
		1,50-2,00	9	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	12	CL-ML	A-4		
1291	P042	0,50-1,00	12	CL	A-4	0.4	8
		1,50-2,00	7	CL	A-4		
		2,50-3,00	8	CL-ML	A-4		
1290	P043	0,50-1,00	11	CL-ML	A-4	0.35	9
		1,50-2,00	9	CL	A-4		
		2,50-3,00	10	CL	A-4		
		3,50-4,00	45	CL	A-4		
		4,50-5,00	18	CL	A-4		
		5,50-6,00	21	CL	A-4		
1289	P044	0,50-1,00	15	CL	A-4	0.65	5
		1,50-2,00	6	CL	A-4		
		2,50-3,00	9	CL	A-4		
1288	P045	0,50-1,00	13	CL	A-4	0.54	6
		1,50-2,00	9	CL	A-4		
		2,50-3,00	12	CL-ML	A-4		
1287	P046	0,50-1,00	13	CL-ML	A-4	0.47	8
		1,50-2,00	6	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	12	CL-ML	A-4		
		3,50-4,00	38	CL	A-4		
		4,50-5,00	26	CL	A-4		
		5,50-6,00	26	CL-ML	A-4		
1286	P047	0,50-1,00	12	CL	A-4	0.52	7
		1,50-2,00	10	CL	A-4		
		2,50-3,00	13	CL-ML	A-4		
1285	P048	0,50-1,00	12	ML	A-4	0.55	5
		1,50-2,00	14	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	24	CL	A-4		
1284	P049	0,50-1,00	11	CL	A-4	0.5	4
		1,50-2,00	16	SM	A-2-4		
		2,50-3,00	20	CL	A-4		
		3,50-4,00	24	CL	A-4		
		4,50-5,00	17	SM	A-2-4		
		5,50-6,00	21	SM	A-2-4		
1283	P050	0,50-1,00	9	CL	A-4	0.47	5
		1,50-2,00	12	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	12	CL	A-4		
1282	P051	0,50-1,00	10	CL	A-4	0.53	5
		1,50-2,00	9	CL	A-4		
		2,50-3,00	10	CL	A-4		
1281	P052	0,50-1,00	9	CL-ML	A-4	0.46	4
		1,50-2,00	12	CL	A-4		
		2,50-3,00	21	CL	A-7-6		
		3,50-4,00	28	CL	A-7-6		
		4,50-5,00	23	SM	A-2-4		
		5,50-6,00	24	SM	A-2-4		

Progresiva km.	Sondeo	preofundidad m.	Golpes nº	Clasificación		c Kg/cm3	ϕº
				SUCS	HRB		
1280	P053	0,50-1,00	10	CL	A-4	0.54	6
		1,50-2,00	12	CL	A-4		
		2,50-3,00	14	CL	A-4		
1279	P054	0,50-1,00	9	CL	A-4	0.5	5
		1,50-2,00	12	CL	A-4		
		2,50-3,00	43	CL	A-6		
1278	P055	0,50-1,00	21	CL	A-6	0.8	7
		1,50-2,00	13	CL	A-4		
		2,50-3,00	18	CL	A-7-6		
		3,50-4,00	37	CL	A-4		
		4,50-5,00	26	CL	A-4		
		5,50-6,00	29	CL	A-4		
1277	P056	0,50-1,00	22	CL	A-4	0.82	7
		1,50-2,00	13	CL	A-4		
		2,50-3,00	14	CL	A-4		
1276	P057	0,50-1,00	28	CL	A-4	0.94	8
		1,50-2,00	10	CL	A-4		
		2,50-3,00	6	CL	A-4		
1275	P058	0,50-1,00	23	CL	A-6	0.9	7
		1,50-2,00	13	CL	A-6		
		2,50-3,00	19	CL	A-6		
		3,50-4,00	36	CL	A-6		
		4,50-5,00	39	CL	A-6		
		5,50-6,00	41	CL	A-4		
1274	P059	0,50-1,00	19	CL	A-4	0.7	9
		1,50-2,00	11	CL	A-4		
		2,50-3,00	16	CL	A-4		
1273	P060	0,50-1,00	8	CL	A-4	0.42	5
		1,50-2,00	13	CL	A-4		
		2,50-3,00	12	ML	A-4		
1272	P061	0,50-1,00	15	CL	A-4	0.65	5
		1,50-2,00	9	CL	A-4		
		2,50-3,00	13	CL-ML	A-4		
		3,50-4,00	19	ML	A-4		
		4,50-5,00	22	CL-ML	A-4		
		5,50-6,00	26	CL	A-4		
1271	P062	0,50-1,00	15	CL	A-4	0.67	6
		1,50-2,00	10	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	12	CL	A-4		
1270	P063	0,50-1,00	17	CL-ML	A-4	0.7	9
		1,50-2,00	13	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	16	CL-ML	A-4		
1269	P064	0,50-1,00	8	CL	A-4	0.35	6
		1,50-2,00	11	CL-ML	A-4		
		2,50-3,00	17	ML	A-4		
		3,50-4,00	17	CL	A-4		
		4,50-5,00	26	CL-ML	A-4		
		5,50-6,00	31	CL-ML	A-4		
1268	P065	0,50-1,00	10	CL	A-6	0.52	5
		1,50-2,00	13	CL	A-4		
		2,50-3,00	19	CL	A-4		

Tabla n°2.4. Resultados de ensayos Ensayo de Penetración Estándar SPT (fuente: elaboración propia mediante datos de UCSA S.A., año 2017).

Progesiva km	Sondeo	c Kg/cm2	ϕº	γ densidad natural Kg/m3	Nc	Nq	Nγ	qd Kg/cm2	σadm F=3 Kg/cm2
1332	P01	0.15	10	1556	8.34	2.47	0	1.25	0.42
1331	P02	0.3	15	1661	10.98	3.94	1.5	3.61	1.20
1330	P03	0.25	14	1625	10.37	3.59	1.5	2.90	0.97
1329	P04	0.22	10	1530	8.34	2.47	0	1.83	0.61
1328	P05	0.15	10	1530	8.34	2.47	0	1.25	0.42
1327	P06	0.13	5	1662	6.49	1.57	0	0.84	0.28
1326	P07	0.35	3	1500	5.9	1.31	0	2.07	0.69
1325	P08	0.53	5	1535	6.49	1.57	0	3.44	1.15
1324	P09	0.35	3	1558	5.9	1.31	0	2.07	0.69
1323	P10	0.61	8	1544	7.53	2.06	0	4.59	1.53
1322	P11	0.63	5	1621	6.49	1.57	0	4.09	1.36
1321	P12	0.58	6	1567	6.81	1.72	0	3.95	1.32
1320	P13	0.5	7	1544	7.16	1.88	0	3.58	1.19
1319	P14	0.44	5	1546	6.49	1.57	0	2.86	0.95
1318	P15	0.67	5	1587	6.49	1.57	0	4.35	1.45
1317	P16	0.4	4	1461	6.19	1.43	0	2.48	0.83
1316	P17	0.72	8	1534	7.53	2.06	0	5.42	1.81
1315	P18	0.5	7	1576	7.16	1.88	0	3.58	1.19
1314	P19	0.72	7	1527	7.16	1.88	0	5.16	1.72
1313	P20	0.59	5	1620	6.49	1.57	0	3.83	1.28
1312	P21	0.64	5	1503	6.49	1.57	0	4.15	1.38
1311	P22	0.6	5	1476	6.49	1.57	0	3.89	1.30
1310	P23	0.62	7	1517	7.16	1.88	0	4.44	1.48
1309	P24	0.55	7	1523	7.16	1.88	0	3.94	1.31
1308	P25	0.45	4	1625	6.19	1.43	0	2.79	0.93
1307	P26	0.6	6	1536	6.81	1.72	0	4.09	1.36
1306	P27	0.58	6	1598	6.81	1.72	0	3.95	1.32
1305	P28	0.5	7	1573	7.16	1.88	0	3.58	1.19
1304	P29	0.52	8	1505	7.53	2.06	0	3.92	1.31
1303	P30	0.7	7	1474	7.16	1.88	0	5.01	1.67
1302	P31	0.8	7	1502	7.16	1.88	0	5.73	1.91
1301	P32	0.78	9	1459	7.92	2.25	0	6.18	2.06
1300	P33	0.7	9	1414	7.92	2.25	0	5.54	1.85
1299	P34	0.6	9	1391	7.92	2.25	0	4.75	1.58
1298	P35	0.6	7	1405	7.16	1.88	0	4.30	1.43
1297	P36	0.45	6	1651	6.81	1.72	0	3.06	1.02
1296	P37	0.55	10	1755	8.34	2.47	0	4.59	1.53
1295	P38	0.4	8	1719	7.53	2.06	0	3.01	1.00
1294	P39	0.45	8	1751	7.53	2.06	0	3.39	1.13
1293	P40	0.47	9	1583	7.92	2.25	0	3.72	1.24
1292	P41	0.45	7	1603	7.16	1.88	0	3.22	1.07
1291	P42	0.4	8	1618	7.53	2.06	0	3.01	1.00
1290	P43	0.35	9	1536	7.92	2.25	0	2.77	0.92
1289	P44	0.65	5	1617	6.49	1.57	0	4.22	1.41
1288	P45	0.54	6	1621	6.81	1.72	0	3.68	1.23
1287	P46	0.47	8	1613	7.53	2.06	0	3.54	1.18
1286	P47	0.52	7	1604	7.16	1.88	0	3.72	1.24
1285	P48	0.55	5	1493	6.49	1.57	0	3.57	1.19
1284	P49	0.5	4	1481	6.19	1.43	0	3.10	1.03
1283	P50	0.47	5	1602	6.49	1.57	0	3.05	1.02
1282	P51	0.53	5	1612	6.49	1.57	0	3.44	1.15
1281	P52	0.46	4	1639	6.19	1.43	0	2.85	0.95
1280	P53	0.54	6	1547	6.81	1.72	0	3.68	1.23
1279	P54	0.5	5	1476	6.49	1.57	0	3.25	1.08
1278	P55	0.8	7	1627	7.16	1.88	0	5.73	1.91
1277	P56	0.82	7	1523	7.16	1.88	0	5.87	1.96
1276	P57	0.94	8	1675	7.53	2.06	0	7.08	2.36
1275	P58	0.9	7	1617	7.16	1.88	0	6.44	2.15
1274	P59	0.7	9	1563	7.92	2.25	0	5.54	1.85
1273	P60	0.42	5	1572	6.49	1.57	0	2.73	0.91
1272	P61	0.65	5	1627	6.49	1.57	0	4.22	1.41
1271	P62	0.67	6	1567	6.81	1.72	0	4.56	1.52
1270	P63	0.7	9	1551	7.92	2.25	0	5.54	1.85
1269	P64	0.35	6	1559	6.81	1.72	0	2.38	0.79
1268	P65	0.52	5	1572	6.49	1.57	0	3.37	1.12

Tabla n°2.5. Resultados de ensayos Ensayo de Penetración Estándar SPT. (fuente: elaboración propia mediante datos de UCSA S.A., año 2017).

Calicata	Progresiva km	Espesor de balasto (m)	L.L.%	I.P.%	pasa T200 en %	Clasificación		Terreno		Ensayo Proctor	
						S.U.C.S.	ASHTO	densidad seca kg/cm3	Humedad Natural %	Densidad maxima Kg/cm3	Humedad optima %
K-01	1332	0.50	27.1	9.4	68	CL	A-4 (4)	1.364	11	1.881	15.6
k-02	1331	Sin balasto	34.3	13.3	80	CL	A-6 (10)	1.234	10.9	1.71	19
K-03	1330	Sin balasto	29.1	10	73	CL	A-4 (6)	1.398	10.5	1.775	17.6
K-04	1329	Sin balasto	25.5	6.5	81	CL	A-4 (4)	1.422	9.6	1.847	16.6
K-05	1328	Sin balasto	24.5	5.3	79	CL-ML	A-4 (2)	1.332	13	1.776	18.2
K-06	1327	Sin balasto	26.1	8.3	67	CL-ML	A-4 (3)	1.476	11.1	1.906	14.9
K-07	1326	Sin balasto	36.9	15.8	66	CL	A-6 (9)	1.465	5.3	1.661	18.1
K-08	1325	Sin balasto	38	17.7	68	CL	A-6 (10)	1.44	6.4	1.649	17.9
K-09	1324	Sin balasto	32.7	12.2	68	CL	A-6 (7)	1.501	7.5	1.683	17.6
K-10	1323	Sin balasto	29.5	9	70	CL	A-4 (5)	1.448	8.1	1.806	15.5
K-11	1322	Sin balasto	36	12.4	79	CL	A-6 (9)	1.39	7.5	1.689	18.8
K-12	1321	Sin balasto	28.8	9	88	CL	A-4 (7)	1.307	10.2	1.767	19.5
K-13	1320	Sin balasto	25.9	6.1	68	CL-ML	A-4 (2)	1.326	7.9	1.779	16.9
K-14	1319	Sin balasto	31.7	11.7	73	CL	A-6 (7)	1.509	8.1	1.654	18.9
K-15	1318	Sin balasto	29	9.3	75	CL	A-4 (5)	1.451	8.8	1.81	17
K-16	1317	Sin balasto	30.5	9.7	86	CL	A-4 (8)	1.318	10.5	1.8	16.8
K-17	1316	Sin balasto	36	16.2	88	CL	A-6 (14)	1.498	10.2	1.675	17
K-18	1315	Sin balasto	26.2	7.7	71	CL	A-4 (3)	1.471	11.1	1.828	16
K-19	1314	Sin balasto	25.2	9	69	CL	A-4 (4)	1.363	7.9	1.874	14.9
K-20	1313	Sin balasto	26.5	9.4	71	CL	A-4 (4)	1.29	13.6	1.852	15.1
K-21	1312	Sin balasto	31.8	9.3	79	CL	A-4 (7)	1.446	9.3	1.758	19.8
K-22	1311	Sin balasto	31	9.5	82	CL	A-4 (7)	1.181	11.1	1.763	19
K-23	1310	Sin balasto	31.9	9.8	77	CL	A-4 (7)	1.373	8.1	1.786	18.7
K-24	1309	Sin balasto	29.8	9.6	83	CL	A-4 (7)	1.123	10.2	1.711	18.3
K-25	1308	Sin balasto	29.1	9.7	70	CL	A-4 (5)	1.216	7.9	1.827	16.7
K-26	1307	Sin balasto	27.4	9.2	75	CL	A-4 (5)	1.456	9.5	1.872	15.6
K-27	1306	Sin balasto	26.3	7.1	74	CL	A-4 (3)	1.379	7.8	1.87	16.8
K-28	1305	Sin balasto	26.8	8	70	CL	A-4 (4)	1.329	5.8	1.823	15.6
K-29	1304	Sin balasto	27.7	9.8	67	CL	A-4 (4)	1.195	10	1.92	14.3
K-30	1303	Sin balasto	27.9	8.2	77	CL	A-4 (5)	1.395	10.2	1.798	16.9
K-31	1302	Sin balasto	26.1	8.2	86	CL	A-4 (5)	1.413	12.2	1.888	15
K-32	1301	Sin balasto	23.6	7.7	81	CL	A-4 (4)	1.448	10.9	1.902	14.8
K-33	1300	Sin balasto	34.3	12.9	84	CL	A-6 (10)	1.395	11.2	1.682	18.6
K-34	1299	Sin balasto	26.8	9.8	72	CL	A-4 (5)	1.303	14.3	1.835	14.8
K-35	1298	Sin balasto	23.3	9.9	57	CL	A-4 (3)	1.285	11	1.987	11.2
K-36	1297	Sin balasto	25.7	8.2	78	CL	A-4 (4)	1.442	10.5	1.905	14.9
K-37	1296	Sin balasto	28.7	9.8	69	CL	A-4 (5)	1.509	13	1.888	15
K-38	1295	Sin balasto	27.6	8.6	73	CL	A-4 (4)	1.405	14.3	1.798	16.3
K-39	1294	Sin balasto	27.4	8	56	CL	A-4 (2)	1.407	16.1	1.777	17.6
K-40	1293	Sin balasto	22.5	3.9	56	ML	A-4 (0)	1.274	10.8	1.896	14.9
K-41	1292	Sin balasto	25.8	7.6	75	CL	A-4 (4)	1.473	11.6	1.901	13.9
K-42	1291	Sin balasto	27.1	7.8	72	CL	A-4 (4)	1.404	10.7	1.766	17.6
K-43	1290	Sin balasto	29.6	9.6	81	CL	A-4 (7)	1.537	10.4	1.784	16.8
K-44	1289	Sin balasto	32.2	9.9	71	CL	A-4 (6)	1.36	13.3	1.746	18
K-45	1288	0.02	27.2	6.4	69	CL-ML	A-4 (3)	1.321	17.6	1.785	16.4
K-46	1287	0.30	23.5	5.2	67	CL-ML	A-4 (1)	1.331	12.4	1.806	15.2
K-47	1286	0.30	29.6	9.8	70	CL	A-4 (5)	1.498	12.5	1.838	14.6
K-48	1285	0.35	29.3	9.5	77	CL	A-4 (6)	1.523	10.7	1.77	16.3
K-49	1284	0.25	22.8	6.4	64	CL-ML	A-4 (2)	1.476	7	1.887	15.9
K-50	1283	0.35	26.5	8.9	69	CL	A-4 (4)	1.47	8.9	1.792	18.8
K-51	1282	0.35	25.1	7.5	66	CL	A-4 (3)	1.276	8.1	1.797	18
K-52	1281	0.30	26	7.8	66	CL	A-4 (3)	1.519	8.2	1.814	14.3
K-53	1280	0.35	22.5	5.1	69	CL-ML	A-4 (1)	1.381	8	1.896	14.2
K-54	1279	0.30	32.5	9.7	79	CL	A-4 (7)	1.393	13	1.748	19.9
K-55	1278	0.25	30.4	8.5	72	CL	A-4 (5)	1.333	12.2	1.698	20
K-56	1277	0.25	27.3	8.7	74	CL	A-4 (5)	1.288	10.6	1.798	15.9
K-57	1276	0.25	27.1	6.8	78	CL-ML	A-4 (4)	1.344	12.9	1.801	17.1
K-58	1275	0.35	31.6	9.6	83	CL	A-4 (7)	1.224	7.8	1.773	19.5
K-59	1274	0.30	29.5	8	71	CL	A-4 (4)	1.182	8.2	1.766	19.4
K-60	1273	0.30	25.6	8.9	82	CL	A-4 (5)	1.431	8.1	1.813	17.6
K-61	1272	0.35	29	9.2	79	CL	A-4 (6)	1.466	10.2	1.785	17.6
K-62	1271	0.25	32.7	10.1	81	CL	A-6 (8)	1.391	7.2	1.601	24.5
K-63	1270	0.35	26	5.1	78	CL-ML	A-4 (3)	1.485	5.8	1.794	18
K-64	1269	0.30	28.2	9.9	77	CL	A-4 (6)	1.456	5.7	1.838	15.9
K-65	1268	0.30	25.7	9	85	CL	A-4 (6)	1.308	9.9	1.9	14

Tabla n°2.6. Resultados sobre muestras extraídas en calicatas k (fuente: elaboración propia mediante datos de UCSA S.A, año: 2017).

Ensayo	Progresiva km	Ks30 kg/cm3
PLT-04	1329	20.25
PLT-07	1326	11.6
PLT-10	1323	15.94
PLT-13	1320	9.33
PLT-16	1317	8.08
PLT-19	1314	13.89
PLT-22	1311	8.12
PLT-25	1308	12.42
PLT-28	1305	10.13
PLT-31	1302	4.05
PLT-34	1299	5.72
PLT-37	1296	7.23
PLT-40	1293	9.81
PLT-43	1290	9.71
PLT-46	1287	9.13
PLT-49	1284	10.78
PLT-52	1281	5.31
PLT-55	1278	9.29
PLT-58	1275	5.02
PLT-61	1272	6.28
PLT-64	1269	10.57

Tabla n°2.8. Resultados de ensayo de carga con placa PLT. (Fuente: UCSA S.A ,año 2017).

Sondeo	Progresiva km	Profundidad mm		indice DCP mm/golpe	C.B.R
DCP-01	1332	0	740	60	1
		740	910	42	2
		910	1000	90	0.4
DCP-02	1331	0	910	12	18
		910	1000	19	11
DCP-03	1330	0	210	15	14
		210	950	27	4.7
		950	1000	15	14
DCP-04	1329	0	210	15	14
		210	870	23	9
		870	1000	39	4.8
DCP-05	1328	0	660	17	12
		660	1000	40	4.7
DCP-06	1327	0	490	41	2.1
		490	840	70	0.7
		840	1000	40	2.2
DCP-07	1326	0	210	20	10
		210	540	28	4
		540	1000	38	2
DCP-08	1325	0	140	14	15
		140	350	8	28
		350	710	13	17
		710	1000	33	3
DCP-09	1324	0	150	11	20
		150	430	10	22
		430	1000	14	15
DCP-10	1323	0	620	18	11
		620	940	8	28
		940	1000	30	4
DCP-11	1322	0	520	12	18
		520	940	7	33
		940	1000	21	8
DCP-12	1321	0	240	11	20
		240	830	18	11
		830	930	11	20
		930	1000	19	11
DCP-13	1320	0	470	11	20
		470	810	17	12
		810	1000	28	7
DCP-14	1319	0	300	14	15
		300	760	16	13
		760	1000	22	7
DCP-15	1318	0	290	10	22
		290	790	14	15
		790	960	22	7
		960	1000	13	17
DCP-16	1317	0	500	22	7
		500	840	38	2
		840	1000	26	5
DCP-17	1316	0	770	11	20
		770	970	25	6
		970	1000	15	14
DCP-18	1315	0	460	12	18
		460	820	18	11
		820	1000	9	25

Sondeo	Progresiva km	Profundidad mm		indice DCP mm/golpe	C.B.R
DCP-19	1314	0	580	11	20
		580	820	14	15
		820	890	7	33
		890	1000	11	20
DCP-20	1313	0	770	10	22
		770	1000	29	4
DCP-21	1312	0	510	15	14
		510	830	13	17
		830	960	22	7
		960	1000	40	2
DCP-22	1311	0	560	16	13
		560	780	13	17
		780	1000	36	3
DCP-23	1310	0	120	17	12
		120	470	5	48
		470	840	10	22
		840	1000	28	4
DCP-24	1309	0	190	14	15
		190	560	8	28
		560	890	16	13
		890	1000	12	18
DCP-25	1308	0	590	12	18
		590	920	26	5
		920	1000	20	10
DCP-26	1307	0	820	15	14
		820	100	26	5
DCP-27	1306	0	520	15	14
		520	820	22	7
		820	1000	36	3
DCP-28	1305	0	380	14	15
		380	800	21	8
		800	1000	50	1
DCP-29	1304	0	230	17	12
		230	530	7	33
		530	850	15	14
		850	1000	38	2
DCP-30	1303	0	250	12	18
		250	470	8	28
		470	750	15	14
		750	1000	10	22
DCP-31	1302	0	310	9	25
		310	420	7	33
		420	660	10	22
		660	900	7	33
		900	1000	9	25
DCP-32	1301	0	420	16	13
		420	720	14	15
		720	870	9	25
		870	1000	21	8

Tabla n°2.7. Estimación de CBR mediante ensayo de cono DCP (fuente: elaboración propia mediante datos de UCSA S.A, año 2017).

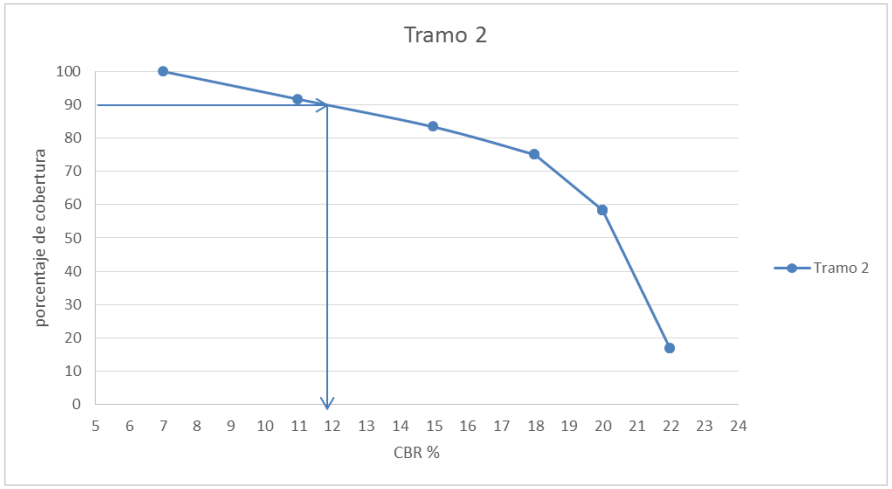
Sondeo	Progresiva km	Profundidad mm		indice DCP mm/golpe	C.B.R
DCP-33	1300	0	340	14	15
		340	850	34	3
		850	1000	15	14
DCP-34	1299	0	230	33	3
		230	780	12	18
		780	930	10	22
		930	1000	8	28
DCP-35	1298	0	130	19	11
		130	395	12	18
		395	730	32	3
		730	1000	44	2
DCP-36	1297	0	410	21	8
		410	620	25	6
		620	680	7	33
		680	1000	19	11
DCP-37	1296	0	500	66	1
		500	760	52	1
		760	1000	80	1
DCP-38	1295	0	250	25	6
		250	390	14	15
		390	670	23	7
		670	1000	14	15
DCP-39	1294	0	330	22	7
		330	760	14	15
		760	1000	31	4
DCP-40	1293	0	390	9	25
		390	680	15	14
		680	760	8	28
		760	1000	24	8
DCP-41	1292	0	210	15	14
		210	350	10	22
		350	950	15	14
		950	1000	9	25
DCP-42	1291	0	160	23	7
		160	340	9	25
		340	630	15	14
		630	920	12	18
		920	1000	16	13
DCP-43	1290	0	540	17	12
		540	1000	26	5
DCP-44	1289	0	600	8	28
		600	790	7	33
		790	1000	5	48
DCP-45	1288	0	220	11	20
		220	420	5	48
		420	670	8	28
		670	800	5	48
		800	910	13	17
		910	1000	6	39

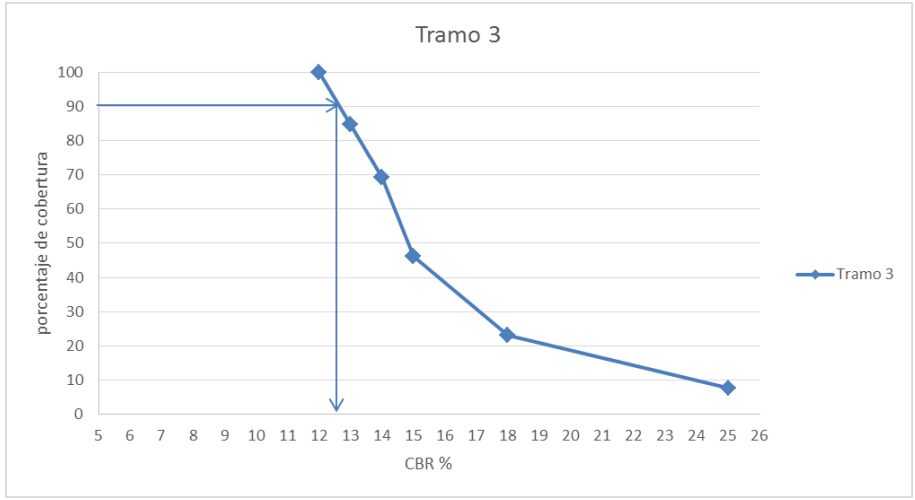
Sondeo	Progresiva km	Profundidad mm		indice DCP mm/golpe	C.B.R
DCP-46	1287	0	210	5	48
		210	680	9	25
		680	860	18	11
		860	1000	26	8
DCP-47	1286	0	110	5	48
		110	540	14	15
		540	730	21	8
		730	1000	42	2
DCP-48	1285	0	610	8	28
		610	1000	22	7
DCP-49	1284	0	240	12	18
		240	440	7	33
		440	680	14	15
		680	920	25	8
		920	1000	40	5
DCP-50	1283	0	560	10	22
		560	770	8	28
		770	1000	13	17
DCP-51	1282	0	360	14	15
		360	580	8	28
		580	930	17	12
		930	1000	35	3
DCP-52	1281	0	430	7	33
		430	810	14	15
		810	1000	25	6
DCP-53	1280	0	580	6	39
		580	770	16	13
		770	900	22	9
		900	1000	35	5
DCP-54	1279	0	820	7	33
		820	940	16	13
		940	1000	20	10
DCP-55	1278	0	770	10	22
		770	950	8	28
		950	1000	17	12
DCP-56	1277	0	380	10	22
		380	670	7	33
		670	1000	10	22
DCP-57	1276	0	640	11	20
		640	870	7	33
		870	1000	11	20
DCP-58	1275	0	230	12	18
		230	560	10	22
		560	700	6	39
		700	1000	10	22
DCP-59	1274	0	140	7	33
		140	510	12	18
		510	680	17	12
		680	1000	29	4
DCP-60	1273	0	610	11	20
		610	840	21	8
		840	1000	33	3
DCP-61	1272	0	620	17	12
		620	850	10	22
		850	1000	17	12
DCP-62	1271	0	370	7	33
		370	610	6	39
		610	920	13	17
		920	1000	27	5
DCP-63	1270	0	740	6	39
		740	920	10	22
		920	1000	13	17
DCP-64	1269	0	200	7	33
		200	560	27	5
		560	860	38	2
		860	1000	28	4
DCP-65	1268	0	510	20	10
		510	800	12	18
		800	1000	17	12

Tabla n°2.7. Estimación de CBR mediante ensayo de cono DCP (fuente: elaboración propia mediante datos de UCSA S.A, año 2017).

Sondeo	Progresiva km	indice DCP mm/golpe	C.B.R %	C.B.R corregido %	espesor de balasto ei cm	espesor medio corregido cm	Tramos	CBR %	nº de valores igueles o mayores	porcentaje de cobertura	CBR diseño
DCP-01	1332	60	1	7	51	37		18	1	12.5	
DCP-02	1331	12	18	18	no requiere	37		15	2	25	
DCP-03	1330	15	14	14	28	37		14	4	50	
DCP-04	1329	15	14	14	28	37	1	14	4	50	9
DCP-05	1328	17	12	12	31	37		12	5	62.5	
DCP-06	1327	41	2.1	7	51	37		10	7	87.5	
DCP-07	1326	20	10	10	40	37		10	7	87.5	
DCP-08	1325	14	15	15	27	37		7	8	100	
DCP-09	1324	11	20	20	no requiere	0		22	2	17	
DCP-10	1323	18	11	11	38	0		22	2	17	
DCP-11	1322	12	18	18	no requiere	0		20	7	58	
DCP-12	1321	11	20	20	no requiere	0		20	7	58	
DCP-13	1320	11	20	20	no requiere	0		20	7	58	
DCP-14	1319	14	15	15	27	0	2	20	7	58	12
DCP-15	1318	10	22	22	no requiere	0		20	7	58	
DCP-16	1317	22	7	7	51	0		18	9	75	
DCP-17	1316	11	20	20	no requiere	0		18	9	75	
DCP-18	1315	12	18	18	no requiere	0		15	10	83	
DCP-19	1314	11	20	20	no requiere	0		11	11	92	
DCP-20	1313	10	22	22	no requiere	0		7	12	100	
DCP-21	1312	15	14	14	28	29		25	1	8	
DCP-22	1311	16	13	13	29	29		18	3	23	
DCP-23	1310	17	12	12	31	29		18	3	23	
DCP-24	1309	14	15	15	27	29		15	6	46	
DCP-25	1308	12	18	18	no requiere	29		15	6	46	
DCP-26	1307	15	14	14	28	29		15	6	46	
DCP-27	1306	15	14	14	28	29	3	14	9	69	14
DCP-28	1305	14	15	15	27	29		14	9	69	
DCP-29	1304	17	12	12	31	29		14	9	69	
DCP-30	1303	12	18	18	no requiere	29		13	11	85	
DCP-31	1302	9	25	25	no requiere	29		13	11	85	
DCP-32	1301	16	13	13	29	29		12	13	100	
DCP-33	1300	14	15	15	27	29		12	13	100	
DCP-34	1299	33	3	7	51	44		25	1	10	
DCP-35	1298	19	11	11	38	44		14	2	20	
DCP-36	1297	21	8	8	48	44		12	3	30	
DCP-37	1296	66	1	7	51	44		11	4	40	
DCP-38	1295	25	6	7	51	44	4	8	5	50	7
DCP-39	1294	22	7	7	51	44		7	10	100	
DCP-40	1293	9	25	25	no requiere	44		7	10	100	
DCP-41	1292	15	14	14	28	44		7	10	100	
DCP-42	1291	23	7	7	51	44		7	10	100	
DCP-43	1290	17	12	12	31	44		7	10	100	
DCP-44	1289	8	28	28	no requiere	0		48	2	9	
DCP-45	1288	11	20	20	no requiere	0		48	2	9	
DCP-46	1287	5	48	48	no requiere	0		39	4	18	
DCP-47	1286	5	48	48	no requiere	0		39	4	18	
DCP-48	1285	8	28	28	no requiere	0		33	9	41	
DCP-49	1284	12	18	18	no requiere	0		33	9	41	
DCP-50	1283	10	22	22	no requiere	0		33	9	41	
DCP-51	1282	14	15	15	27	0		33	9	41	
DCP-52	1281	7	33	33	no requiere	0		33	9	41	
DCP-53	1280	6	39	39	no requiere	0		28	11	50	
DCP-54	1279	7	33	33	no requiere	0		28	11	50	
DCP-55	1278	10	22	22	no requiere	0	5	22	14	64	15
DCP-56	1277	10	22	22	no requiere	0		22	14	64	
DCP-57	1276	11	20	20	no requiere	0		22	14	64	
DCP-58	1275	12	18	18	no requiere	0		20	17	77	
DCP-59	1274	7	33	33	no requiere	0		20	17	77	
DCP-60	1273	11	20	20	no requiere	0		20	17	77	
DCP-61	1272	17	12	12	31	0		18	19	86	
DCP-62	1271	7	33	33	no requiere	0		18	19	86	
DCP-63	1270	6	39	39	no requiere	0		15	20	91	
DCP-64	1269	7	33	33	no requiere	0		12	21	95	
DCP-65	1268	20	10	10	40	0		10	22	100	

Tabla n°2.9. División en tramos de igual homogeneidad estructural y calculo CBR diseño (fuente: elaboración propia mediante datos de UCSA S.A, año 2017).





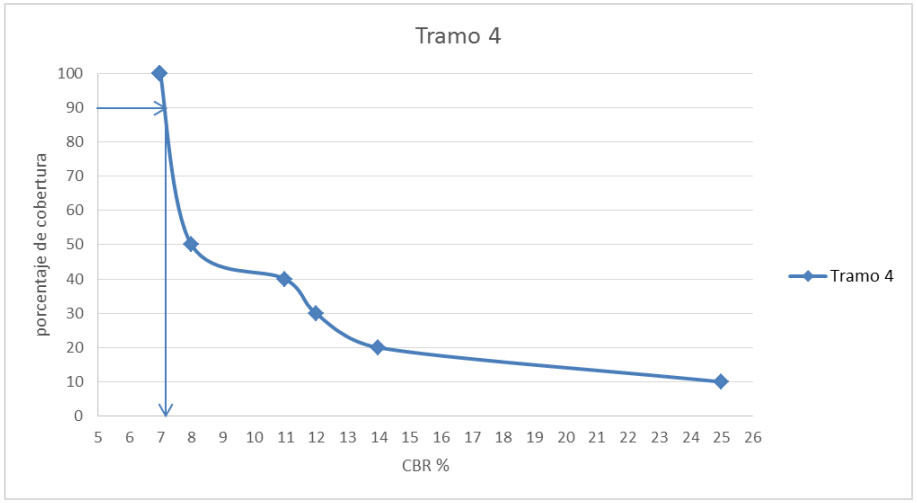


Grafico nº2.15. Porcentaje de cobertura-CBR (fuente: elaboración propia, año 2017).

País	Provincia	Unidad	Año										
			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	Salta	ha	179.400	120.000	165.500	165.500	260.000	210.000	300.000	329.980	320.500	437.000	466.546
		tn	333.700	148.900	343.100	237.100	660.000	535.700	671.200	750.000	743.000	821.200	733.748
	Santiago del Estero	ha	105.050	94.500	130.000	154.600	280.000	261.500	323.000	659.229	654.500	679.000	630.713
		tn	181.800	155.700	280.500	279.900	520.000	631.400	509.400	1.380.000	743.000	821.200	733.748
	Tucumán	ha	90.300	85.000	90.000	111.270	150.000	125.000	180.000	239.139	260.000	230.000	259.630
		tn	156.800	141.000	201.900	261.777	360.000	312.100	329.400	660.000	570.000	489.100	578.238
	Chaco	ha	137.000	70.500	123.000	130.000	215.000	350.000	410.000	600.000	768.000	772.000	664.475
		tn	170.300	103.600	246.000	159.600	430.000	629.200	830.800	1.184.400	1.606.000	841.200	878.385
	Jujuy	ha	1.000	0	0	0	8.000	0	0	773	1.000	9.000	5.049
		tn	1.200	0	0	0	20.000	0	0	1.800	1.950	19.000	10.258
	Subtotal	ha	**512.750**	**370.000**	**508.500**	**561.370**	**913.000**	**946.500**	**1.213.000**	**1.829.121**	**2.004.000**	**2.127.000**	**2.026.413**
		tn	**842.600**	**549.200**	**1.071.500**	**938.377**	**1.970.000**	**2.108.400**	**2.340.800**	**3.974.400**	**3.662.000**	**2.972.700**	**2.924.119**
Bolivia	Tarija	ha	8.836	8.655	8.472	8.117	9.275	9.300	10.118	7.275	8.489	6.883	7.306
		tn	17.345	17.638	17.899	14.286	16.560	15.624	20.237	14.586	20.471	20.471	21.809
	Subtotal	ha	**8.836**	**8.655**	**8.472**	**8.117**	**9.275**	**9.300**	**10.118**	**7.275**	**8.489**	**6.883**	**7.306**
		tn	**17.345**	**17.638**	**17.899**	**14.286**	**16.560**	**15.624**	**20.237**	**14.586**	**20.471**	**20.471**	**21.809**
Chile	Antofagasta	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Atacama	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	ha	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
		tn	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Total	**ha**	**521.586**	**378.655**	**516.972**	**569.487**	**922.275**	**955.800**	**1.223.118**	**1.836.396**	**2.012.489**	**2.133.883**	**2.033.719**
		tn	**859.945**	**566.838**	**1.089.399**	**952.663**	**1.986.560**	**2.124.024**	**2.361.037**	**3.988.986**	**3.682.471**	**2.993.171**	**2.945.928**

Tabla nº 2.11. Producción de soja en el área de influencia entre 1995-2005 (fuente elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia (INE), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Chile y Ministerio de Agroindustria de la Nación, año: 2017).

País	Provincia	Unidad	Año										
			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	Salta	ha	50.000	65.000	85.000	80.000	76.500	70.000	61.000	38.000	38.000	43.000	43.000
		tn	159.600	207.500	278.300	231.300	263.500	245.100	165.550	144.000	144.000	141.500	120.000
	Santiago del Estero	ha	66.500	81.500	97.500	97.700	11.450	125.500	113.000	83.000	96.200	101.200	81.280
		tn	180.300	223.430	271.400	334.400	241.900	467.060	234.060	252.000	289.650	408.240	210.280
	Tucumán	ha	40.100	27.000	40.100	44.930	45.000	58.000	53.000	53.000	27.000	26.000	31.910
		tn	157.100	66.520	185.500	238.200	213.900	268.840	281.000	252.000	59.500	110.000	189.360
	Chaco	ha	75.000	130.000	141.700	90.000	105.000	136.000	95.000	115.000	116.000	120.000	87.000
		tn	127.800	326.300	325.900	213.000	203.300	480.200	191.200	369.200	332.000	330.050	221.280
	Jujuy	ha	5.000	5.000	6.000	6.000	6.000	6.000	9.000	8.000	8.000	5.200	9.000
		tn	17.400	16.600	19.700	19.200	19.600	20.300	23.850	28.000	28.000	15.620	31.500
	Subtotal	ha	**236.600**	**308.500**	**370.300**	**318.630**	**243.950**	**395.500**	**331.000**	**297.000**	**285.200**	**295.400**	**252.190**
		tn	**624.800**	**823.750**	**1.061.100**	**1.016.900**	**922.600**	**1.461.200**	**871.810**	**1.017.200**	**825.150**	**989.790**	**740.920**
Bolivia	Tarija	ha	36.645	35.953	34.859	29.442	32.000	34.652	42.027	36.720	37.494	37.467	39.485
		tn	54.100	51.222	46.880	34.006	43.585	43.585	80.100	70.135	93.028	71.045	98.861
	Subtotal	ha	**36.645**	**35.953**	**34.859**	**29.442**	**32.000**	**34.652**	**42.027**	**36.720**	**37.494**	**37.467**	**39.485**
		tn	**54.100**	**51.222**	**46.880**	**34.006**	**43.585**	**43.585**	**80.100**	**70.135**	**93.028**	**71.045**	**98.861**
Chile	Antofagasta	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Atacama	ha	0	0	10	0	0	0	470	0	0	0	0
		tn	0	0	55	0	0	0	1.410	0	0	0	0
	Subtotal	ha	**0**	**0**	**10**	**0**	**0**	**0**	**470**	**0**	**0**	**0**	**0**
		tn	**0**	**0**	**55**	**0**	**0**	**0**	**1.410**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Total	**ha**	**273.245**	**344.453**	**405.169**	**348.072**	**275.950**	**430.152**	**373.497**	**333.720**	**322.694**	**332.867**	**291.675**
		tn	**678.900**	**874.972**	**1.108.035**	**1.050.906**	**966.185**	**1.504.785**	**953.320**	**1.087.335**	**918.178**	**1.060.835**	**839.781**

Tabla nº 2.12. Producción de maíz en el área de influencia entre 1995-2005 (fuente: elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia (INE), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Chile y Ministerio de Agroindustria de la Nación , año: 2017).

País	Provincia	Unidad	Año										
			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	Salta	ha	9.000	13.000	23.500	22.100	11.400	42.000	60.400	95.000	110.000	100.000	125.000
		tn	6.300	18.200	45.800	42.700	29.000	87.500	65.000	126.280	105.400	109.250	139.450
	Santiago del Estero	ha	19.800	11.600	40.000	21.250	43.100	68.000	101.500	166.800	165.000	184.000	135.000
		tn	25.340	7.200	52.700	17.800	95.800	151.000	132.000	300.000	280.500	282.350	108.790
	Tucumán	ha	23.900	25.000	52.000	35.000	34.800	55.000	60.000	90.000	105.000	160.000	170.000
		tn	14.600	18.300	46.400	44.700	68.000	108.000	70.000	200.000	160.000	87.300	252.750
	Chaco	ha	41.000	23.000	55.300	27.450	32.800	36.400	85.000	130.000	150.000	150.000	15.990
		tn	40.700	25.000	69.700	27.100	65.000	49.460	95.000	157.000	298.980	125.390	16.200
	Jujuy	ha	700	600	600	0	350	3.000	1.600	1.000	600	600	2.000
		tn	700	1.200	1.500	0	900	5.300	1.200	2.000	900	2.100	6.000
	Subtotal	ha	**94.400**	**73.200**	**171.400**	**105.800**	**122.450**	**204.400**	**308.500**	**482.800**	**530.600**	**594.600**	**447.990**
		tn	**86.940**	**68.700**	**214.600**	**132.300**	**257.800**	**395.960**	**362.000**	**783.280**	**844.880**	**604.290**	**517.190**
Bolivia	Tarija	ha	4.900	6.710	6.939	5.514	6.000	6.235	6.610	4.168	3.478	3.119	3.125
		tn	3.238	6.040	6.390	3.518	4.200	4.502	5.660	3.576	3.114	2.560	3.133
	Subtotal	ha	**4.900**	**6.710**	**6.939**	**5.514**	**6.000**	**6.235**	**6.610**	**4.168**	**3.478**	**3.119**	**3.125**
		tn	**3.238**	**6.040**	**6.390**	**3.518**	**4.200**	**4.502**	**5.660**	**3.576**	**3.114**	**2.560**	**3.133**
Chile	Antofagasta	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Atacama	ha	0	0	164	0	0	0	220	0	0	0	0
		tn	0	0	771	0	0	0	1.693	0	0	0	0
	Subtotal	ha	**0**	**0**	**164**	**0**	**0**	**0**	**220**	**0**	**0**	**0**	**0**
		tn	**0**	**0**	**771**	**0**	**0**	**0**	**1.693**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Total	**ha**	**99.300**	**79.910**	**178.503**	**111.314**	**128.450**	**210.635**	**315.330**	**486.968**	**534.078**	**597.719**	**451.115**
		tn	**90.178**	**74.740**	**221.761**	**135.818**	**262.000**	**400.462**	**369.353**	**786.856**	**847.994**	**606.850**	**520.323**

Tabla nº 2.13. Producción de trigo en el área de influencia entre 1995-2005 (fuente: elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia (INE), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Chile y Ministerio de Agroindustria de la Nación, año: 2017).

País	Provincia	Unidad	Año									
			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	Salta	ha	0	0	0	1.800	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	3.200	0	0	0	0	0	0	0
	Santiago del Estero	ha	15.000	19.100	17.100	13.800	40.000	29.900	28.000	29.500	88.500	87.500	19.700
		tn	25.500	25.600	27.400	11.000	62.300	48.000	25.920	55.400	155.000	165.800	22.090
	Tucumán	ha	0	0	0	900	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	700	0	0	0	0	0	0	0
	Chaco	ha	75.000	47.500	58.000	54.300	149.400	197.000	140.000	160.000	300.000	250.000	170.000
		tn	107.900	75.212	79.500	72.000	251.800	354.600	177.140	318.410	501.000	429.858	188.140
	Jujuy	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	ha	**90.000**	**66.600**	**75.100**	**70.800**	**189.400**	**226.900**	**168.000**	**189.500**	**388.500**	**337.500**	**189.700**
		tn	**133.400**	**100.812**	**106.900**	**86.900**	**314.100**	**402.600**	**203.060**	**373.810**	**656.000**	**595.658**	**210.230**
Bolivia	Tarija	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	ha	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
		tn	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Chile	Antofagasta	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Atacama	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		tn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	ha	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
		tn	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Total	**ha**	**90.000**	**66.600**	**75.100**	**70.800**	**189.400**	**226.900**	**168.000**	**189.500**	**388.500**	**337.500**	**189.700**
		tn	**133.400**	**100.812**	**106.900**	**86.900**	**314.100**	**402.600**	**203.060**	**373.810**	**656.000**	**595.658**	**210.230**

Tabla nº 2.14. Producción de girasol en el área de influencia entre 1995-2005 (fuente: elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia (INE), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Chile y Ministerio de Agroindustria de la Nación, Año: 2017).

País	Provincia	Unidad	Año									
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Argentina	Salta	tn	202.000	246.000	253.000	251.000	292.000	239.000	236.000	247.000	208.000	192.000
	Tucumán	tn	1.267.000	1.525.000	1.279.000	1.410.000	1.354.000	1.185.000	1.200.000	1.289.000	1.294.000	1.391.000
	Jujuy	tn	470.000	505.000	523.000	484.000	575.000	524.000	464.000	480.000	476.000	362.000
	Total	tn	**672.000**	**751.000**	**776.000**	**735.000**	**867.000**	**763.000**	**700.000**	**727.000**	**684.000**	**554.000**

Tabla nº 2.15. Producción de azúcar en Salta, Tucumán y Jujuy entre 2004 – 2013 (fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación, año: 2017).

País	Provincia	Unidad	Año									
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Argentina	Chaco	tn	115000	145.000	178.000	148.000	195.000	215.000	241.000	273.000	241.000	250.000
	Total	**ha**	**115.000**	**145.000**	**178.000**	**148.000**	**195.000**	**215.000**	**241.000**	**273.000**	**241.000**	**250.000**

Tabla nº 2.16. Consumo de cemento en Chaco entre 2004 – 20013 (fuente: elaboración propia en base a datos del Instituto de Estadística y Registro de la Construcción, año 2017).

País	Provincia	Unidad	Año									
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Argentina	Salta	tn	3400	3.300	3.500	3.600	3.500	3.000	3.100	4.000	3.400	4.200
	Tucuman	tn	1.202.000	1.292.000	1.316.000	1.328.000	1.181.000	1.207.000	936.000	1.440.000	1.275.000	1.306.000
	Total (vino)	**tn**	**3.400**	**3.300**	**3.500**	**3.600**	**3.500**	**3.000**	**3.100**	**4.000**	**3.400**	**4.200**
	Total (limón)	**tn**	**1.202.000**	**1.292.000**	**1.316.000**	**1.328.000**	**1.181.000**	**1.207.000**	**936.000**	**1.440.000**	**1.275.000**	**1.306.000**

Tabla nº 2.17. Producción de vino en Salta y limón en Tucumán entre 2004 – 20013 (fuente elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación y el Instituto Nacional de Vitivinicultura, año: 2017).

País	Provincia	Producto	Unidad	Primer dato de la serie	Último dato de la serie	Proyección año 2019
Argentina	Salta	Soja	tn	333.700	733.748	1.677.000
	Santiago del estero			181.800	733.748	1.309.000
	Tucumán			156.800	578.238	1.247.000
	Chaco			170.300	878.385	2.774.000
	Jujuy			1.200	10.258	23.041
Bolivia	Tajira			17.345	21.809	25.372
Argentina	Salta	Maíz	tn	159.600	120.000	110.237
	Santiago del estero			180.300	210.280	569.723
	Tucumán			157.100	189.360	235.689
	Chaco			127.800	221.280	477.231
	Jujuy			17.400	31.500	58.230
Bolivia	Tajira			54.100	98.861	230.000
Argentina	Salta	Trigo	tn	6.300	139.450	323.798
	Santiago del estero			25.340	108.790	167.320
	Tucumán			14.600	252.750	476.213
	Chaco			40.700	16.200	33.000
	Jujuy			700	6.000	8.000
Bolivia	Tajira			3.238	3.133	4.230
Argentina	Chaco	Girasol	tn	107.900	188.140	327.680
	Santiago del estero			25.500	22.090	44.573
	Jujuy, Salta y Tucumán	Azúcar	tn	672.000	554.000	409.000
	Jujuy	Cemento	tn	115.000	250.000	221.000
	Tucumán	Limón	tn	1.202.000	1.306.000	1.267.000
	Salta	Vino	tn	3.400	4.200	4.000

Tabla nº2.18. Proyección de la producción al año 2019 (fuente: elaboración propia. año 2017).

País	Provincia	Producto	Unidad	Producción año 2019	Demanda potencial %	Demanda potencial
Argentina	Salta	Soja	tn	1.677.000	60	1.006.200
	Santiago del estero			1.309.000	60	785.400
	Tucumán			1.247.000	60	748.200
	Chaco			2.774.000	60	1.664.400
	Jujuy			23.041	60	13.825
Bolivia	Tajira			25.372	60	15.223
Argentina	Salta	Maíz	tn	110.237	50	55.119
	Santiago del estero			569.723	50	284.862
	Tucumán			235.689	50	117.845
	Chaco			477.231	50	238.616
	Jujuy			58.230	50	29.115
Bolivia	Tajira			230.000	50	115.000
Argentina	Salta	Trigo	tn	323.798	30	97.139
	Santiago del estero			167.320	30	50.196
	Tucumán			476.213	30	142.864
	Chaco			33.000	30	9.900
	Jujuy			8.000	30	2.400
Bolivia	Tajira			4.230	30	1.269
Argentina	Chaco	Girasol	tn	327.680	30	98.304
	Santiago del estero			44.573	30	13.372
	Jujuy, Salta y Tucumán	Azúcar		409.000	40	163.600
	Jujuy	Cemento		221.000	100	221.000
	Tucumán	Limón		1.267.000	5	63.350
	Salta	Vino		4.000	15	600

Tabla nº 2.19. Demanda potencial de transporte (fuente: elaboración propia, año 2017).

Provincia	Unidad	Año	
		2001	2010
Chaco	habitantes	984.446	1.055.259
Salta		1.079.051	1.214.441
Santiago del Estero		804.457	874.006
Jujuy		611.888	673.307
		3.479.842	3.817.013
	rp	0,01	

Tabla nº 2.20. Tasa de crecimiento de la población (fuente elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo, año 2017).

Producto	Provincia	Unidad	Año	
			2001	2010
Soja	Salta	tn	750.000	1.775.489
	Santiago del Estero		1.380.000	2.467.800
	Tucumán		660.000	734.662
	Chaco		1.184.400	1.655.117
	Jujuy		1.800	34.635
Maíz	Salta		144.000	754.520
	Santiago del Estero		252.000	1.747.630
	Tucumán		252.000	429.620
	Chaco		369.200	482.560
	Jujuy		28.000	23.150
Trigo	Salta		126.280	241.200
	Santiago del Estero		300.000	807.300
	Tucumán		200.000	247.710
	Chaco		157.190	317.970
	Jujuy		2.000	8.070
Girasol	Santiago del Estero		55.400	55.450
	Chaco		318.410	366.010
			6.180.680	12.148.893
	rprod		**0,08**	

Tabla nº 2.21. Tasa de crecimiento de la producción (fuente elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación, año 2017).

Producto	Provincia	Unidad	Año	
			2001	2010
Soja	Salta	tn	59.951	329.980
	Santiago del Estero		659.229	1.100.000
	Tucumán		254.870	2.239.139
	Chaco		600.000	700.000
	Jujuy		773	12.150
Maíz	Salta		38.000	148.185
	Santiago del Estero		83.000	303.000
	Tucumán		53.000	60.930
	Chaco		115.000	132.800
	Jujuy		8.000	5.000
Trigo	Salta		95.000	193.260
	Santiago del Estero		166.800	350.000
	Tucumán		90.000	168.840
	Chaco		130.000	157.700
	Jujuy		1.000	3.170
Girasol	Santiago del Estero		29.500	34.000
	Chaco		160.000	181.200
			2.544.123	6.119.354
	rs		**0,10**	

Tabla nº 2.22. Tasa de crecimiento del área sembrada (fuente elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación, año 2017).

RN nº16	Año			
	2001		2010	
km 176,35 - km 604,67	%	TMDA*	%	TMDA*
	47,7	1.598	55,6	2.391
	rv		0,05	

* Volumen promedio diario a lo largo de un año

Tabla nº 2.23. Tasa de crecimiento del TMDA (fuente: elaboración propia en base a datos de la Dirección de Vialidad Nacional, año: 2017).

País	Provincia	Producto	Demanda potencial tn/año						
			2.019	2.024	2.029	2.034	2.039	2.044	2.049
Argentina	Salta	Soja	1.006.200	1.224.196	1.489.422	1.812.109	2.204.708	2.682.365	3.263.507
	Santiago del estero		785.400	955.559	1.162.584	1.414.461	1.720.908	2.093.748	2.547.364
	Tucumán		748.200	910.300	1.107.519	1.347.466	1.639.398	1.994.579	2.426.710
	Chaco		1.664.400	2.024.997	2.463.719	2.997.490	3.646.905	4.437.018	5.398.311
	Jujuy		13.825	16.820	20.464	24.897	30.291	36.854	44.839
Bolivia	Tajira		15.223	18.521	22.534	27.416	33.356	40.583	49.375
Argentina	Salta	Maíz	55.119	67.060	81.589	99.265	120.771	146.937	178.771
	Santiago del estero		284.862	346.578	421.665	513.019	624.167	759.394	923.919
	Tucumán		117.845	143.376	174.439	212.231	258.212	314.154	382.217
	Chaco		238.616	290.312	353.209	429.733	522.836	636.110	773.925
	Jujuy		29.115	35.423	43.097	52.434	63.795	77.616	94.432
Bolivia	Tajira		115.000	139.915	170.228	207.109	251.979	306.571	372.991
Argentina	Salta	Trigo	97.139	118.185	143.790	174.943	212.844	258.958	315.062
	Santiago del estero		50.196	61.071	74.302	90.400	109.986	133.814	162.806
	Tucumán		142.864	173.816	211.473	257.290	313.032	380.852	463.364
	Chaco		9.900	12.045	14.654	17.829	21.692	26.392	32.110
	Jujuy		2.400	2.920	3.553	4.322	5.259	6.398	7.784
Bolivia	Tajira		1.269	1.544	1.878	2.285	2.781	3.383	4.116
Argentina	Chaco	Girasol	98.304	119.602	145.514	177.040	215.396	262.062	318.839
	Santiago del estero		13.372	16.269	19.794	24.082	29.299	35.647	43.370
	Jujuy, Salta y Tucumán	Azúcar	163.600	199.044	242.168	294.634	358.468	436.131	530.620
	Jujuy	Cemento	221.000	268.880	327.134	398.009	484.238	589.150	716.791
	Tucumán	Limón	63.350	77.075	93.773	114.090	138.808	168.881	205.469
	Salta	Vino	600	730	888	1.081	1.315	1.600	1.946

Tabla nº2.25. Demanda potencial (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Calendario de transporte												
Producto	**Provincia**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**
Soja	Chaco	50%	7%	14%	22%	34%	34%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
	Santiago del Estero	0%	2%	12%	26%	62%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Salta	0%	0%	2%	20%	62%	62%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
	Jujuy*	0%	0%	2%	20%	62%	62%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
	Tucumán*	0%	0%	2%	20%	62%	62%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
	Tajira*	0%	0%	2%	20%	62%	62%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
Maíz	Chaco	2%	2%	7%	7%	7%	7%	28%	0%	0%	0%	2%	2%
	Santiago del Estero	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Salta*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Jujuy*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Tucumán*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Tajira*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
Trigo	Chaco	2%	2%	7%	7%	7%	7%	28%	0%	0%	0%	2%	2%
	Santiago del Estero	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Salta*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Jujuy*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Tucumán*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
	Tajira*	0%	2%	11%	16%	8%	8%	21%	15%	0%	0%	0%	0%
Girasol	Chaco	83%	8,50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Santiago del Estero	49,00%	36,00%	12%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Azúcar* *	Salta, Tucumán y Jujuy	8,01%	3,80%	10,00%	7,00%	7,00%	8,00%	8,00%	8,75%	9,80%	13,10%	9,60%	6,70%
Limón	Tucumán	0%	0%	0%	9%	22,47%	22,47%	61%	61,36%	57,36%	13,79%	13,79%	13,79%
Vino***	Salta	4,60%	0%	0%	4,60%	0%	9,50%	5%	0%	4,20%	4,80%	4,60%	4,10%
Cemento***	Jujuy	10,74%	5,30%	7,52%	6,36%	8,70%	10,90%	8,70%	7,90%	8,90%	10%	6,50%	8,60%

Observaciones

* Como no se contaba con datos se adopto el calendario de la provincia argentina mas proxima.

** Como solo se contaba con valores totales , a nivel país, de transporte mensuales de años anteriores se realizó un estimativo del porcentaje mensual teniendo en cuenta que estas tres provincias representan un 99,5% de la producción de azúcar.

* **Como solo se contaba con valores totales, a nivel país, de transporte mensuales de años anteriores se realizó un estimativo del porcentaje mensual por provincia.

Tabla nº 2.26. Calendario de transporte en base a datos del Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial de la Universidad Tecnológica Nacional. (fuente: elaboración propia, año 2017).

Calendario de transporte													
Producto	**Provincia**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**
Soja	Chaco	832.200,00	116.508,00	233.016,00	366.168,00	565.896,00	565.896,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33.288,00
	Santiago del Estero	0,00	15.708,00	94.248,00	204.204,00	486.948,00	259.182,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Salta	0,00	0,00	20.124,00	201.240,00	623.844,00	623.844,00	50.310,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Jujuy	0,00	0,00	276,49	2.764,92	8.571,25	8.571,25	691,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tucumán	0,00	0,00	14.964,00	149.640,00	463.884,00	463.884,00	37.410,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tajira	0,00	0,00	304,46	3.044,64	9.438,38	9.438,38	761,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maíz	Chaco	4.772,31	4.772,31	16.703,09	16.703,09	16.703,09	16.703,09	66.812,34	0,00	0,00	0,00	4.772,31	4.772,31
	Santiago del Estero	0,00	5.697,23	31.334,77	45.577,84	22.788,92	22.788,92	59.820,92	42.729,23	0,00	0,00	0,00	0,00
	Salta	0,00	1.102,37	6.063,04	8.818,96	4.409,48	4.409,48	11.574,89	8.267,78	0,00	0,00	0,00	0,00
	Jujuy	0,00	276,49	1.520,71	2.211,94	1.105,97	1.105,97	2.903,17	2.073,69	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tucumán	0,00	2.356,89	12.962,90	18.855,12	9.427,56	9.427,56	24.747,35	17.676,68	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tajira	0,00	2.300,00	12.650,00	18.400,00	9.200,00	9.200,00	24.150,00	17.250,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trigo	Chaco	198,00	198,00	693,00	693,00	693,00	693,00	2.772,00	0,00	0,00	0,00	198,00	198,00
	Santiago del Estero	0,00	1.003,92	5.521,56	8.031,36	4.015,68	4.015,68	10.541,16	7.529,40	0,00	0,00	0,00	0,00
	Salta	0,00	1.942,79	10.685,33	15.542,30	7.771,15	7.771,15	20.399,27	14.570,91	0,00	0,00	0,00	0,00
	Jujuy	0,00	48,00	264,00	384,00	192,00	192,00	504,00	360,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tucumán	0,00	48,00	264,00	384,00	192,00	192,00	504,00	360,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tajira	0,00	25,38	139,59	203,04	101,52	101,52	266,49	190,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Girasol	Chaco	81.592,32	0,085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Santiago del Estero	6.552,23	0,36	0,12	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
Azúcar	Salta, Tucumán y Jujuy	13.104,36	6.216,80	16.360,00	11.452,00	11.452,00	13.088,00	13.088,00	14.315,00	16.032,80	21.431,60	15.705,60	10.961,20
Limón	Tucumán	0,00	0,00	0,00	5.701,50	14.234,75	14.234,75	38.871,56	38.871,56	36.337,56	8.735,97	8.735,97	8.735,97
Vino	Salta	2.914,10	0,00	0,00	2.914,10	0,00	6.018,25	3.167,50	0,00	2.660,70	3.040,80	2.914,10	2.597,35
Cemento	Jujuy	64,44	31,80	45,12	38,16	52,20	65,40	52,20	47,40	53,40	60,00	39,00	51,60
Totales mensueles		941.397,76	158.236,43	478.140,17	1.082.972,02	**2.260.920,95**	**2.040.822,40**	369.347,23	164.241,99	55.084,46	33.268,37	32.364,98	60.604,43

Tabla nº 2.27. Demanda de transporte mensual. (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Cubierta del suelo			Números de curva en función del grupo hidrológico del suelo			
Uso o aprovechamiento del suelo	Laboreo	Condiciones hidrológicas	A	B	C	D
Barbecho	–	–	77	86	91	94
Cultivos alineados	R	Pobres	72	81	88	91
	R	Buenas	67	78	85	89
	C	Pobres	70	79	84	88
	C	Buenas	65	75	82	86
	C-T	Pobres	66	74	80	82
	C-T	Buenas	62	71	78	81
Cultivos no alineados o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobres	65	76	84	88
	R	Buenas	63	75	83	87
	C	Pobres	63	74	82	85
	C	Buenas	61	73	81	84
	C-T	Pobres	61	72	79	82
	C-T	Buenas	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o prados en altenativa	R	Pobres	66	77	85	89
	R	Buenas	58	72	81	85
	C	Pobres	64	75	83	85
	C	Buenas	55	69	78	83
	C-T	Pobres	63	73	80	83
	C-T	Buenas	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	–	Pobres	68	79	86	89
	–	Regulares	49	69	79	84
	–	Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	–	–	30	58	71	78
Montes con pastos (explotación ganadero-forestal)	–	Pobres	45	66	77	83
	–	Regulares	36	60	73	79
	–	Buenas	25	55	70	77
Bosques (explotación forestal)	–	Muy pobres	56	75	86	91
	–	Pobres	46	68	78	84
	–	Regulares	36	60	70	76
	–	Buenas	26	52	63	69
	–	Muy buenas	15	44	54	61
Caseríos	–	–	59	74	82	86
Caminos en tierra	–	–	72	82	87	89
Caminos con firme	–	–	74	84	90	92

Grafico nº3.4. Números de curva para los distintos complejos suelo-cubierta (fuente: Pequeños embalses de uso agrícola, año: 2003).

Cuenca	Área (m2)	Uso de tierra o cubierta	Área (%)	Ai	Condición Hidrológica	Grupo Hidrológico	CN	
							de tabla	ponderado
C1	11546262	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	60	6927757	regulares	B	55	381026646
		Caminos en tierra	2	230925		B	82	18935870
		Pastizales	37	4272117	regulares	B	25	106802924
		caseríos	1	115463		B	74	8544233,9
		Total	100	11546262		adoptado		45
C2	13284135	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	72	9564577	regulares	B	55	526051746
		Caminos en tierra	1	132841		B	82	10892991
		Pastizales	27	3586716	regulares	B	25	89667911
		caseríos	0	0		B	74	0
		Total	100	13284135		adoptado		47
C3	23527967	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	40	9411187	regulares	B	55	517615274
		Caminos en tierra	1	235280		B	82	19292933
		Pastizales	59	13881501	regulares	B	25	347037513
		caseríos	0	0		B	74	0
		Total	100	23527967		adoptado		38
C4	27705771	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	40	11082308	regulares	B	55	609526962
		Caminos en tierra	1	277058		B	82	22718732
		Pastizales	55	15238174	regulares	B	25	380954351
		caseríos	4	1108231		B	74	82009082
		Total	100	27705771		adoptado		40
C5	42742937	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	52	22226327	regulares	B	55	1,222E+09
		Caminos en tierra	2	854859		B	82	70098417
		Pastizales	46	19661751	regulares	B	25	491543776
		caseríos	0	0		B	74	0
		Total	100	42742937		adoptado		42
C6	11133371	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	75	8350028	regulares	B	55	459251554
		Caminos en tierra	1	111334		B	82	9129364,2
		Pastizales	24	2672009	regulares	B	25	66800226
		caseríos	0	0		B	74	0
		Total	100	11133371		adoptado		48
C7	20868463	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	70	14607924	regulares	B	55	803435826
		Caminos en tierra	2	417369		B	82	34224279
		Pastizales	28	5843170	regulares	B	25	146079241
		caseríos	0	0		B	74	0
		Total	100	20868463		adoptado		47

Tabla nº 3.11. Definición de número de curva para las distintas cuencas (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Cuenca	Área (m2)	Uso de tierra o cubierta	Área (%)	Ai	Condición Hidrológica	Grupo Hidrológico	CN	
							de tabla	ponderado
C8	2951879	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	70	2066315	regulares	B	55	113647342
		Caminos en tierra	0	0		B	82	0
		Pastizales	25	737970	regulares	B	25	18449244
		caseríos	5	147594		B	74	10921952
		Total	100	2951879		adoptado		48
C9	54038684	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	38	20534700	regulares	B	55	1,129E+09
		Caminos en tierra	2	1080774		B	82	88623442
		Pastizales	56	30261663	regulares	B	25	756541576
		cultivos	4	2161547	buenas	B	74	159954505
		Total	100	54038684		adoptado		40
C10	53905022	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	28	15130832	regulares	B	55	832195734
		Caminos en tierra	0	0		B	82	0
		Pastizales	68	36746305	regulares	B	25	918657628
		cultivos	4	2161547	buenas	B	74	159954505
		Total	100	54038684		adoptado		35
C11	41669772	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	73	30418934	regulares	B	55	1,673E+09
		Caminos en tierra	0	0		B	82	0
		Pastizales	25	10417443	regulares	B	25	260436075
		cultivos	2	833395	buenas	B	74	61671263
		Total	100	41669772		adoptado		48
C12	35215595	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	40	14086238	regulares	B	55	774743090
		Caminos en tierra	0	0		B	82	0
		Pastizales	55	19368577	regulares	B	25	484214431
		cultivos	5	1760780	buenas	B	74	130297702
		Total	100	35215595		adoptado		39
C13	24862119	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	55	13674165	regulares	B	55	752079100
		Caminos en tierra	2	497242		B	82	40773875
		Pastizales	38	9447605	regulares	B	25	236190131
		cultivos	5	1243106	buenos	B	74	91989840
		Total	100	24862119		adoptado		45
C14	23641378	Monte con pastos (explotación ganadero Forestal)	25	6215530	regulares	B	55	341854136
		Caminos en tierra	0	0		B	82	0
		Pastizales	50	12431060	regulares	B	25	310776488
		cultivos	25	6215530	buenos	B	74	459949202
		Total	100	24862119		adoptado		47

Tabla nº 3.11. Definición de número de curva para las distintas cuencas. (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Perfiles	Areas (m2)		Separación	Volumenes (m3)	
	Desmonte	Terraplén	Perfiles (m)	Desmonte	Terraplén
P1	5,27	0,82	500,00	2635,00	410,00
P2	3,34	0,87	500,00	1670,00	435,00
P3	9,64	0,01	500,00	4820,00	3,50
P7	5,21	0,93	500,00	2605,00	465,00
P8	4,78	1,29	500,00	2390,00	645,00
P9	5,32	0,84	500,00	2660,00	420,00
P10	2,62	0,60	500,00	1310,00	300,00
P11	3,04	0,96	500,00	1520,00	480,00
P12	4,01	0,63	500,00	2005,00	315,00
P13	2,65	2,83	500,00	1325,00	1415,00
P14	2,89	0,85	500,00	1445,00	425,00
P15	3,08	0,65	500,00	1540,00	325,00
P16	3,69	2,13	500,00	1845,00	1063,00
P17	2,26	1,30	500,00	1130,00	650,00
P18	3,01	1,39	500,00	1505,00	695,00
P19	3,26	1,02	500,00	1630,00	510,00
P20	4,52	0,32	500,00	2260,00	160,00
P21	4,12	0,48	500,00	2060,00	240,00
P22	4,51	0,08	500,00	2255,00	40,00
P23	5,21	1,27	500,00	2605,00	635,00
P24	5,84	1,32	500,00	2920,00	660,00
P25	5,96	0,45	500,00	2980,00	225,00
P26	7,14	0,16	500,00	3570,00	80,00
P27	3,67	1,90	500,00	1835,00	950,00
P28	3,41	0,42	500,00	1705,00	210,00
P29	3,25	1,68	500,00	1625,00	840,00
P30	2,13	2,29	500,00	1065,00	1145,00
P31	3,09	3,62	500,00	1545,00	1810,00
P32	3,69	1,23	500,00	1845,00	615,00
P33	3,41	1,24	500,00	1705,00	620,00
P34	4,86	0,98	500,00	2430,00	490,00
P35	2,87	0,67	500,00	1435,00	335,00
P36	4,69	1,04	500,00	2345,00	520,00
P37	3,76	0,49	500,00	1880,00	245,00
P38	4,90	2,06	500,00	2450,00	1030,00
P39	4,26	0,87	500,00	2130,00	435,00
P40	3,06	0,68	500,00	1530,00	340,00
P41	4,99	1,43	500,00	2495,00	715,00
P42	5,64	0,97	500,00	2820,00	485,00
P43	4,83	0,41	500,00	2415,00	205,00
P44	3,94	2,68	500,00	1970,00	1340,00
P45	4,09	1,09	500,00	2045,00	545,00
P46	3,66	0,84	500,00	1830,00	420,00
P47	2,89	0,62	500,00	1445,00	310,00
P48	3,42	0,48	500,00	1710,00	240,00
P49	3,89	0,63	500,00	1945,00	315,00
P50	3,09	0,43	500,00	1545,00	215,00
P51	2,68	0,31	500,00	1340,00	155,00
P52	5,31	0,14	500,00	2655,00	70,00
P53	4,19	0,19	500,00	2095,00	95,00
P54	2,60	0,72	500,00	1300,00	360,00
P55	5,32	0,23	500,00	2660,00	115,00
P56	4,28	0,09	500,00	2140,00	45,00
P57	3,96	0,20	500,00	1980,00	100,00
P58	2,00	0,82	500,00	1000,00	410,00
P59	2,91	0,21	500,00	1455,00	105,00
P60	3,84	0,06	500,00	1920,00	30,00
P61	4,30	0,16	500,00	2148,00	80,00
P65	5,62	0,02	500,00	2810,00	10,00
P66	5,59	0,03	500,00	2795,00	15,00
P67	4,48	0,00	500,00	2240,00	0,00
P68	2,05	1,30	500,00	1025,00	650,00
P69	3,68	0,03	500,00	1840,00	15,00
P70	4,32	0,26	500,00	2160,00	130,00
P71	4,56	0,12	500,00	2280,00	60,00

Perfiles	Areas (m2)		Separación	Volumenes (m3)	
	Desmonte	Terraplén	Perfiles	Desmonte	Terraplén
P72	6,18	0,57	500,00	3090,00	285,00
P73	4,74	0,11	500,00	2370,00	55,00
P74	3,41	0,03	500,00	1705,00	15,00
P75	3,84	0,21	500,00	1920,00	105,00
P76	3,24	0,02	500,00	1620,00	10,00
P77	4,23	1,58	500,00	2115,00	790,00
P78	3,24	0,02	500,00	1620,00	10,00
P79	4,09	0,00	500,00	2045,00	0,00
P80	5,52	0,13	500,00	2760,00	65,00
P81	5,04	0,00	500,00	2520,00	0,00
P82	6,07	0,07	500,00	3035,00	35,00
P83	5,23	0,00	500,00	2615,00	0,00
P84	5,39	0,03	500,00	2695,00	15,00
P85	5,71	0,12	500,00	2855,00	60,00
P86	4,31	0,67	500,00	2155,00	335,00
P87	6,45	0,00	500,00	3225,00	0,00
P88	4,26	0,10	500,00	2130,00	50,00
P89	3,68	0,78	500,00	1840,00	390,00
P90	4,19	0,41	500,00	2095,00	205,00
P91	3,29	0,87	500,00	1645,00	435,00
P92	2,41	1,20	500,00	1205,00	600,00
P93	2,21	0,27	500,00	1105,00	135,00
P94	3,69	1,31	500,00	1845,00	655,00
P95	3,04	0,19	500,00	1520,00	95,00
P96	4,21	0,17	500,00	2105,00	85,00
P97	2,84	0,36	500,00	1420,00	180,00
P98	2,67	0,23	500,00	1335,00	115,00
P99	3,09	0,42	500,00	1545,00	210,00
P100	2,64	0,97	500,00	1320,00	485,00
P101	2,48	0,66	500,00	1240,00	330,00
P102	3,09	0,31	500,00	1545,00	155,00
P103	3,53	0,27	500,00	1765,00	135,00
P104	3,49	0,26	500,00	1745,00	130,00
P105	4,29	0,12	500,00	2145,00	60,00
P106	2,98	1,09	500,00	1490,00	545,00
P107	3,07	0,21	500,00	1535,00	105,00
P108	2,87	0,02	500,00	1435,00	10,50
P109	3,24	0,13	500,00	1620,00	65,00
P110	1,66	2,19	500,00	830,00	1095,00
P111	3,52	0,22	500,00	1760,00	110,00
P112	2,21	0,32	500,00	1105,00	160,00
P113	3,05	0,26	500,00	1525,00	130,00
P114	2,21	0,21	500,00	1105,00	105,00
P115	2,75	1,26	500,00	1375,00	630,00
P116	1,29	0,29	500,00	645,00	145,00
P117	2,89	0,35	500,00	1445,00	175,00
P118	3,07	0,15	500,00	1535,00	75,00
P119	3,86	4,46	500,00	1930,00	2230,00
P120	2,41	2,34	500,00	1205,00	1170,00
P121	3,09	0,18	500,00	1545,00	90,00
P122	3,42	0,51	500,00	1710,00	255,00
P123	5,48	0,00	500,00	2740,00	0,00
P127	5,23	0,22	500,00	2615,00	110,00
P128	6,96	0,54	500,00	3480,00	270,00
P129	4,31	0,10	500,00	2155,00	50,00
P130	5,28	0,03	500,00	2640,00	15,00
P131	4,96	0,29	500,00	2480,00	145,00
P132	3,28	0,04	500,00	1640,00	20,00
P133	2,99	0,19	500,00	1495,00	95,00
P134	3,49	0,32	500,00	1745,00	160,00
P135	3,69	0,47	500,00	1845,00	235,00
P136	2,74	0,02	500,00	1370,00	10,00
P137	2,89	0,04	500,00	1445,00	17,50
			TOTAL	249613,00	41869,50

Tabla nº5.1. Movimiento de suelos (fuente: elaboración propia, año: 2017).

Estación Los Pirpintos

Perfiles	Areas (m2)		Separación	Volumenes (m3)	
	Desmonte	Terraplén	Perfiles (m.)	Desmonte	Terraplén
P4	3,86	4,46	500,00	1930,00	2230,00
P5	5,48	0,00	500,00	2740,00	0,00
P6	6,96	0,54	500,00	3480,00	270,00
			TOTAL	**8150,00**	**2500,00**

Estación El Caburé

Perfiles	Areas (m2)		Separación	Volumenes (m3)	
	Desmonte	Terraplén	Perfiles (m.)	Desmonte	Terraplén
P62	3,86	4,46	500,00	1930,00	2230,00
P63	5,48	0,00	500,00	2740,00	0,00
P64	6,96	0,54	500,00	3480,00	270,00
			TOTAL	**8150,00**	**2500,00**

Estación El Tigre

Perfiles	Areas (m2)		Separación	Volumenes (m3)	
	Desmonte	Terraplén	Perfiles (m.)	Desmonte	Terraplén
P124	3,86	4,46	500,00	1930,00	2230,00
P125	5,48	0,00	500,00	2740,00	0,00
P126	6,96	0,54	500,00	3480,00	270,00
			TOTAL	**8150,00**	**2500,00**

Tabla nº5.1. Movimiento de suelos (fuente: elaboración propia, año 2017).

n°	Designación	Unidad	Cantidad	Costo por unidad	Costo-costo total	Costo Costo por rubro	%
	Ítems						
	A- Ingeniería básica y obras preliminares					**$ 6.348.193,58**	**0,78%**
1	Movilización e instalación del obrador	Un	1,00	$ 4.280.714	**$ 4.280.713,58**		
2	Proyecto Ejecutivo	Un	1,00	$ 2.067.480,00	**$ 2.067.480,00**		
	B- En la vía					**$ 674.328.085,39**	**82,35%**
	B1 - Infraestructura de vía						
3	Replanteo topográfico	m	68.000,00	$ 21,08	**$ 1.433.593,05**		
4	**Movimiento de suelos**						
4.1	Desbosque, destronque y limpieza del terreno	m2	1.632.000,00	$ 6,09	**$ 9.938.880,00**		
4.2	Excavación	m3	249.613,00	$ 253,58	**$ 63.296.864,54**		
4.3	Terraplenes	m3	41.869,00	$ 378,00	**$ 15.826.482,00**		
4.4	Mejorado con cal	m3	5.000,00	$ 1.544,20	**$ 7.721.000,00**		
	B2 - Superestructura de vía						
5	**Materiales**						
5.1	Provisión de balasto grado A1	m3	91.000,00	$ 896,17	**$ 81.551.394,53**		
5.2	durmientes de H°P°	un	102.000,00	$ 1.500,00	**$ 153.000.000,00**		
5.3	Rieles 18m UIC 54 E1	Un	7.556,00	$ 10.962,00	**$ 82.828.872,00**		
204	Sujeción Vossloh W14	Un	204.000,00	$ 505,95	**$ 103.214.631,23**		
5.5	Geotextil	m2	3.590.400,00	$ 20,50	**$ 73.603.200,00**		
6	**Renovación de vía**			$ -	**$ -**		
6.1	Desarme y retiro de vía	m	68.000,00	$ 302,83	**$ 20.592.622,72**		
6.2	Montaje de vía nueva	m	68.000,00	$ 901,77	**$ 61.320.545,31**		
	C-Desvíos					**$ 32.862.931,25**	**4,01%**
	C1 - Los Tigres						
3	**Replanteo topográfico**	m	1.000,00	$ 21,08	**$ 21.080,00**		
4	**Movimiento de suelos**						
4.2	Excavación	m3	8.150,00	$ 253,58	**$ 2.066.677,00**		
4.3	Terraplenes	m3	2.500,00	$ 378,00	**$ 945.000,00**		
5	**Materiales**						
5.1	Provisión de balasto grado A1	m3	1.800,00	$ 896,17	**$ 1.613.104,51**		
5.2	durmientes de H°P°	Un	1.500,00	$ 1.500,00	**$ 2.250.000,00**		
5.3	Rieles 18m UIC 54 E1	Un	112,00	$ 10.962,00	**$ 1.227.744,00**		
5.4	Sujeción Vossloh W14	Un	3.000,00	$ 505,95	**$ 1.517.862,22**		
5.5	Geotextil	m2	5.280,00	$ 20,50	**$ 108.240,00**		
6	**Renovación de vía**						
6.1	Desarme y retiro de vía	m	1.000,00	$ 302,83	**$ 302.832,69**		
6.2	Montaje de vía nueva	m	1.000,00	$ 901,77	**$ 901.770,00**		
	C2 - El Caburé						
3	**Replanteo topográfico**	m	1.000,00	$ 21,08	**$ 21.080,00**		
4	**Movimiento de suelos**						
4.2	Excavación	m3	8.150,00	$ 253,58	**$ 2.066.677,00**		
4.3	Terraplenes	m3	2.500,00	$ 378,00	**$ 945.000,00**		
5	**Materiales**						
5.1	Provisión de balasto grado A1	m3	1.800,00	$ 896,17	**$ 1.613.104,51**		
5.2	durmientes de H°P°	Un	1.500,00	$ 1.500,00	**$ 2.250.000,00**		
5.3	Rieles 18m UIC 54 E1	Un	112,00	$ 10.962,00	**$ 1.227.744,00**		
5.4	Sujeción Vossloh W14	Un	3.000,00	$ 505,95	**$ 1.517.862,22**		
5.5	Geotextil	m2	5.280,00	$ 20,50	**$ 108.240,00**		
6	**Renovación de vía**						
6.1	Desarme y retiro de vía	m	1.000,00	$ 302,83	**$ 302.832,69**		
6.2	Montaje de vía nueva	m	1.000,00	$ 901,77	**$ 901.770,00**		
	C3 - Los Pirpintos						
3	**Replanteo topográfico**	m	1.000,00	$ 21,08	**$ 21.080,00**		
4	**Movimiento de suelos**						
4.2	Excavación	m3	8.150,00	$ 253,58	**$ 2.066.677,00**		
4.3	Terraplenes	m3	2.500,00	$ 378,00	**$ 945.000,00**		
5	**Materiales**						
5.1	Provisión de balasto grado A1	m3	1.800,00	$ 896,17	**$ 1.613.104,51**		
5.2	durmientes de H°P°	Un	1.500,00	$ 1.500,00	**$ 2.250.000,00**		
5.3	Rieles 18m UIC 54 E1	Un	112,00	$ 10.962,00	**$ 1.227.744,00**		
5.4	Sujeción Vossloh W14	Un	3.000,00	$ 505,95	**$ 1.517.862,22**		
5.5	Geotextil	m2	5.280,00	$ 20,50	**$ 108.240,00**		
6	**Renovación de vía**						
6.1	Desarme y retiro de vía	m	1.000,00	$ 302,83	**$ 302.832,69**		
6.2	Montaje de vía nueva	m	1.000,00	$ 901,77	**$ 901.770,00**		

	ítems por unidad de medida						
	B- En vía férrea					**$ 63.816.012,64**	**7,79%**
	B2 - Superestructura de vía						
7	Soldadura aluminotérmica de rieles	un	7.194,00	$ 4.388,46	**$ 31.570.574,48**		
	B3 - Paso a nivel (PAN)						
8	Rural, de tierra con señalización pasiva según plano de detalle	un	6,00	$ 322.869,69	**$ 1.937.218,15**		
9	Aparato de dilatación (AD) según plano de detalle	un	12,00	$ 2.500.000,00	**$ 30.000.000,00**		
10	Junta eclisada 6 bulones	un	132,00	$ 2.335,00	**$ 308.220,00**		
	C-Desvíos					**$ 36.426.451,68**	**4,45%**
	C1 - Los Tigres						
11	Aparato de vía monoblock (ADV) según plano de detalle	un	2,00	$ 756.000,00	**$ 1.512.000,00**		
9	Aparato de dilatación (AD) según plano de detalle	un	4,00	$ 2.500.000,00	**$ 10.000.000,00**		
6	**Renovación de vía**						
7	Soldadura aluminotérmica de rieles	un	84,00	$ 4.388,46	**$ 368.630,56**		
10	Junta eclisada 6 bulones	un	112,00	$ 2.335,00	**$ 261.520,00**		
	C2 - El Caburé						
11	Aparato de vía monoblock (ADV) según plano de detalle	un	2,00	$ 756.000,00	**$ 1.512.000,00**		
9	Aparato de dilatación (AD) según plano de detalle	un	4,00	$ 2.500.000,00	**$ 10.000.000,00**		
6	**Renovación de vía**						
7	Soldadura aluminotérmica de rieles	un	84,00	$ 4.388,46	**$ 368.630,56**		
10	Junta eclisada 6 bulones	un	112,00	$ 2.335,00	**$ 261.520,00**		
	C3 - Los Pirpintos						
11	Aparato de vía monoblock (ADV) según plano de detalle	un	2,00	$ 756.000,00	**$ 1.512.000,00**		
9	Aparato de dilatación (AD) según plano de detalle	un	4,00	$ 2.500.000,00	**$ 10.000.000,00**		
6	**Renovación de vía**						
7	Soldadura aluminotérmica de rieles	un	84,00	$ 4.388,46	**$ 368.630,56**		
10	Junta eclisada 6 bulones	un	112,00	$ 2.335,00	**$ 261.520,00**		
	D-Obras de Arte					**$ 4.363.800,00**	**0,53%**
12	Alcantarillas tipo pórtico de H°A° prefabricada						
12.1	Pórtico 2.00m x 1.00m	m	90,00	$ 37.394,00	**$ 3.365.460,00**		
12.2	Pórtico 1.00m x 1.00m	m	30,00	$ 33.278,00	**$ 998.340,00**		
	E-Señalización					**$ 715.000,00**	**0,09%**
13	Señalización Horizontal	gl	1,00	$ 355.000,00	**$ 355.000,00**		
13.1	Señalización Vertical	gl	1,00	$ 360.000,00	**$ 360.000,00**		
					Costo-Costo	***$ 818.860.475***	**100,00%**

Tabla n°5.2. Precio de oferta (fuente: Elaboración propia, año: 2017).

ANEXO PLANOS