



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

INGENYERIA EN GEOMÀTICA I TOPOGRAFÍA

TREBALL DE FI DE GRAU

**PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA
IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS
FERROVIARIOS.**

Projectista/es: Xabier Ortiz Durántez

Director/s: Ignacio del Corral Manuel de Villena

Convocatòria: Julio 2015

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA
SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	6
3. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE SUPERESTRUCTURA A ESTUDIO.....	8
3.1. LA VÍA COMO ESTRUCTURA.....	8
3.2. CLASIFICACIÓN DE LA VIA SEGÚN NORMAS UIC.....	9
3.3. IMPLANTACIÓN DE LA RED DE REFERENCIA.....	10
3.4. APARATOS ESPECÍFICOS DE TOPOGRAFÍA FERROVIARIA.....	14
4. DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE CONTROL GEOMÉTRICOS.....	16
4.1. GÁLIBO Y NORMATIVA.....	16
4.2. TRAZADOS FERROVIARIOS. CURVAS HORIZONTALES	17
4.3. PERALTE.....	18
4.4. TRAZADOS FERROVIARIOS. CURVAS VERTICALES.....	19
4.5. ALABEO Y ANCHO.....	19
4.6. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS.....	21
5. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE VIA EN BALASTO O CONVENCIONAL.....	23
5.1. ELEMENTOS QUE LA CONFORMAN.....	23
5.1.1. Carril.....	23
5.1.2. Traviesa.....	24
5.1.3. Plataforma.....	24
5.1.4. Desvíos.....	26
5.2. MONTAJE.....	27
6. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE VÍA EN PLACA.....	29
6.1. ELEMENTOS QUE LA CONFORMAN.....	29
6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS DISTINTOS SISTEMAS.....	29
6.2.1. Sistema traviesa Rheda 2000.....	29
6.2.2. Sistema de traviesas bibloque Stedef.....	30
6.2.3. Sistema de sujeción directa DFF/T.1 y DFF/T.2.....	31
6.2.4. Sistema de fijaciones directas adherizadas DFF/ADH.....	31
6.2.5. Sistema de bloques prefabricados RUC54; RUC60.....	32
6.2.6. Sistema de bloques soporte Edilon.....	32
6.2.7. Sistema de losas flotantes.....	33
6.2.8. Sistema de carril embebido Edilon.....	34

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA
SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

7. ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE INSTALACION DE LA VÍA.....	35
7.1 LA INSTALACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.....	35
7.2 PROBLEMÁTICA DE LA VÍA EN PLACA Y A CIELO ABIERTO.....	35
7.3 PUENTES Y VIADUCTOS. ZONAS DE TRANSICIÓN.....	36
7.4 LIBERACIÓN DE TENSIONES.....	37
7.5 ELECTRIFICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN.....	38
8. EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN ESTUDIOS Y ENSAYOS.....	39
8.1 TRAMO URBANO METRO BARCELONA.....	40
8.2. TRAMO URBANO CERCANIAS BARCELONA.....	43
9. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y CONCLUSIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	46
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

RESUMEN.

Los pasos del ferrocarril comenzaron ya hace más de dos siglos. En sus inicios, impulsada mediante máquinas de vapor, consiguió hacer realidad el transporte de viajeros y mercancías de una manera nunca vista hasta entonces. Como ahora bien sabemos, esta tecnología se ha ido desarrollando hasta los días de hoy, no existiendo un cambio radical entre aquellas primeras vías férreas y las que actualmente conocemos.

La infraestructura típica realizada hasta los años 60, constaba de una plataforma compactada sobre la que se situaba la banqueta de balasto. Consistiendo el apoyo elástico en el cual se apoyaría el esqueleto de la vía.

Sin embargo, nuevas corrientes de investigación surgieron a raíz del desarrollo de la maquinaria rodante. Comenzaban a gestarse las nuevas vías ferroviarias denominadas de Alta velocidad. Los primeros pasos, podemos encontrarlos en Japón, siendo este país el primero en introducir nuevos sistemas y modelos de vía, actualmente conocidos como de vía en placa. Un nuevo concepto que de nuevo, requería de un profundo estudio en el campo del control geométrico y de deformaciones. Las técnicas hasta ahora utilizadas en el método clásico; las cuales permitían correcciones en el proceso de puesta a punto, se quedaban cortas en esta tecnología.

Actualmente, las nuevas tecnologías forman parte de este proceso de estudio y mejora de los sistemas y modelos de vía. La aparición del GPS, la mejora en el procesado interno de los instrumentos, el guiado automático de maquinaria, la tecnología 3D de cámaras y láser escáneres, etc. Todas ellas nos ayudan a establecer mejor los condicionantes previos, siendo estos muy variables, dependiendo principalmente del emplazamiento y uso de circulación.

La alta velocidad se está convirtiendo en una realidad que une distancias y tiempos hasta ahora no planteados. Es por ello, que los trazados también son a la vez mucho más exigentes en el aspecto técnico, que un trazado para velocidades convencionales. Dependiendo de la orografía, es irremediable la construcción de túneles y viaductos.

Las nuevas técnicas de vía en placa requieren de un buen conocimiento del sistema, tanto para el propio diseño del trazado como para su posterior ejecución y control en explotación. Son numerosas las empresas y los productos que actualmente disponemos en el mercado. Todas ellas, con sus ventajas y puntos débiles. Este estudio, trata analizar los condicionantes que existen para cada tipo de vía, en los aspectos de control geométrico y calidad de vía de un proyecto ferroviario.

1. INTRODUCCIÓN.

7.6 ORIGENES DEL FERROCARRIL

El origen del ferrocarril se podría remontar a la civilización egipcia y época grecorromana, pero será en el siglo XVI cuando los mineros alemanes por medio del transporte subterráneo realizado con vagones que se apoyaban sobre dos series de maderas planas los que empiecen a dar forma al nacimiento del ferrocarril como tal.



En el siglo XVIII será cuando se sustituyan los maderos por lingotes largos de hierro, al mismo tiempo que se introdujo la rueda con llanta o cerco metálico. Después del descubrimiento de la máquina de vapor por parte de Watt en 1770 se construye la primera locomotora de vapor por medio de Richard Trevithick el 13 de Abril de 1771 en Inglaterra, cuyo cometido fue el del transporte de viajeros (por primera vez en el mundo) a una velocidad superior al paso del hombre.

El 21 de Febrero de 1804 se consigue por primera vez el arrastre de cinco vagones por medio de una locomotora de vapor durante 15.5 Km y a una velocidad de 8 Km/h. EL 25 de Septiembre de 1825 el inglés George Stephenson construye una potente locomotora de vapor que fue capaz de arrastrar seis vagones, cargados de hierro y carbón, junto con 35 diligencias y 20 carrozas ocupadas por 400 viajeros provistos de sus correspondientes billetes; es la primera vez en la historia del ferrocarril que una compañía establece tarifas comerciales, horarios y un trayecto convencional.

La primera línea de ferrocarril del mundo se inaugura el 15 de Abril de 1830 en Inglaterra, uniendo las ciudades de Liverpool con Manchester. En dicha línea ferroviaria la locomotora utilizada para realizar el transporte era capaz de llegar a la velocidad de 16 Km/h. Será con esta locomotora cuando se empiecen a asentar las bases de la tracción de vapor hasta nuestros días.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Se puede decir que es a partir de 1830 cuando comienza la era moderna del ferrocarril en el mundo, con la correspondiente incidencia en la economía de los países. El tráfico de viajeros se intensificó de manera sorprendente. La velocidad de 20 millas/h parecía abolir el tiempo y el espacio. El carbón y otras mercancías se transportaban de una estación a otra mucho más rápido que por transporte fluvial y los ingresos rindieron un firme dividendo, pese al capital invertido y el excesivo deterioro de las primeras máquinas. Rápidamente se comenzó a implantar líneas ferroviarias en otros países tales como E.E.U.U., Francia, Bélgica, Canadá, Italia o Alemania.

En España no será hasta 1848, con la línea Barcelona-Mataró cuando se instaure la primera línea ferroviaria peninsular, habiéndose realizado con anterioridad en Cuba la primera línea ferroviaria española.



Fuente: Ferrocarriles ingleses, de la URSS, Alemania, España y Japón. Google images.

1. OBJETIVOS

La razón de ser de este Proyecto de Fin de Grado es la de dar a conocer y actualizar la investigación sobre las diferentes tecnologías utilizadas en las realización de proyectos ferroviarios hasta el momento.

Esta investigación supervisada por el profesor D. Ignacio del Corral Manuel de Villena, va dirigida al ámbito de la Geomática y la Topografía.

En el presente trabajo, se pretende estudiar la realidad de los trabajos en proyectos ferroviarios en la actualidad, en cuanto a las diferentes tipologías disponibles y en base a la información de carácter técnico obtenida en la experiencia de trabajo de los últimos años.

Para cumplir los objetivos se procederá en primer lugar a la descripción de las diferentes tipologías de la vía existentes en la actualidad, examinando los distintos componentes, métodos constructivos, elementos comunes, pruebas y ensayos a los que se someten.

Una vez conocidos los diferentes modelos de vía utilizados hasta el momento, se analizará la experiencia de la aplicación en distintos proyectos. En base a esta experiencia, se estudiará la adaptación de la vía en las diferentes situaciones que se puedan dar. Estas pueden ir relacionadas con aspectos tan diversos como las topográficas, geológicas y geotécnicas; su extensión en explanada, puentes y viaductos, túneles, zonas de transición, zonas portuarias, zonas de mantenimiento, etc. sin olvidar los aspectos políticos y económicos que a menudo son muy determinantes pero en los que el estudio no pretende profundizar.

Una vez asimilado este contexto, se pretende reflejar los procesos de implantación y control de un proyecto ferroviario, valorando los puntos críticos y la idoneidad del sistema.

Por último se presenta un proyecto que sirve como herramienta, el cual intenta recopilar toda la información obtenida y reflejar las características y condicionantes propios del proyecto de línea ferroviaria. Ayudando en la toma de decisiones de aspectos ligados al control geométrico y la calidad en la vía, así como de las alternativas más idóneas, en base a criterios predeterminados.

No podemos olvidar que se hace difícil plantear una herramienta de elección de sistema, al tener que contar también con elementos y parámetros intrínsecos, ajenos a los mismos, como pueden ser condicionantes geotécnicos, políticos, el tráfico que va a soportar, etc.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENIERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Por último y teniendo en cuenta lo citado en la mencionado anteriormente, este trabajo pretende hacer ver el estado actual en la metodología empleada y las tecnologías existentes en la construcción de proyectos ferroviarios, estableciendo un esquema de actuación en el ámbito de la Geomática y la Topografía.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE SUPERESTRUCTURA A ESTUDIO

3.1. LA VÍA COMO ESTRUCTURA

La vía consiste en definitiva en los carriles, la sujeción o fijación que une los carriles a los elementos intermedios que mantienen la posición relativa entre ellos, y la plataforma sobre la que descansa todo el conjunto.

Los carriles se fijan a las traviesas (vía convencional) mediante sujeciones. En el caso de la vía en placa se fijan a la losa de hormigón mediante fijaciones elásticas. Estos elementos presionan al patín del carril y evitan el movimiento longitudinal y lateral del mismo, así como su giro, a causa de los esfuerzos transversales y verticales transmitidos por los vehículos.

La robustez vertical es imprescindible para soportar y transmitir, una vez repartidas, las cargas por eje del tren. La robustez horizontal es necesaria para mantener constante la alineación en planta y las características geométricas de la vía, como el ancho de vía. La flexibilidad o elasticidad vertical, influye muy directamente con las vibraciones y ruidos ocasionados al paso del tren. Minimizando los esfuerzos dinámicos entre rueda y carril.

Desde el punto de vista conceptual, podemos diferenciar dos tipos fundamentales de superestructuras en proyectos ferroviarios. La primera, mostrada en la imagen 3.1, es la clásica técnica del uso del balasto como material de apoyo de la estructura o esqueleto de la vía; la segunda y más reciente, es aquella que usa materiales nuevos, como hormigones y resinas para la correcta fijación y posicionamiento de la estructura.



Imagen 1.1: vía en balasto.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

En el caso de una sección en la que los trazados ferroviarios transitan por medios metropolitanos, la utilización de las técnicas de vía en placa, nos permite realizar trazados absolutamente creativos, en los que la ingeniería civil irá altamente ligada.

Desde hace siglo y medio estos condicionantes se han resuelto de forma adecuada con el sistema de la vía sobre balasto. Con esta solución el mantenimiento de la geometría de la vía, se requiere de una serie de operaciones cuyo grado de dificultad aumenta cuando deben realizarse en túneles y entornos suburbanos, donde la gran intensidad de tráfico hace que las horas disponibles para realizar dichos trabajos son mínimas, lo que repercute de forma altamente desfavorable en los costes de mantenimiento.



Imagen 1.2: Imagen de diseño por ordenador del paso de la alta velocidad y convencional.

Con la aparición de la alta velocidad, donde las exigencias en cuanto a tolerancias en geometría de vía han aumentado de forma apreciable, se ha iniciado la búsqueda de nuevas soluciones que garanticen por sí mismas la estabilidad de los parámetros geométricos de la vía.

La vía en placa nació con el impulso de la alta velocidad, sin embargo una de sus primeras aplicaciones ha sido en los túneles de los ferrocarriles metropolitanos. El elevado coste de mantenimiento de la vía sobre balasto que imponen los condicionantes de la explotación ha hecho que la vía en placa sea la solución más aplicada en los últimos años.

3.2 LA CLASIFICACIÓN DE VÍA SEGÚN NORMAS UIC

Las siglas UIC, corresponden a la Unión Internacional de Ferrocarriles, que toma su nombre del francés, *Union Internationale des Chemins de Fer*. Es la asociación mundial de los principales actores del sector ferroviario internacional. Conformada por operadoras, ferrocarriles nacionales, administradores de infraestructura, compañías de transporte público y otras.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Es este organismo, el que establece normativas y clasificaciones de carácter común, que facilitan la interoperatividad entre los diferentes países. Uno de los aspectos la clasificación del tipo de vía.

Son muchas las variables o factores que pueden intervenir en una clasificación de vía. Desde aquellas que se refieren al propio aspecto técnico, hasta otras tan dispares como la importancia geopolítica de las propias redes ferroviarias.

Centrándonos en aquellas referentes a los aspectos técnicos. Podemos citar aquellas que relacionan el tonelaje. Siguiendo las instrucciones de la UIC para la clasificación de las líneas según el tonelaje que pasa por ella, estableciendo un tráfico total, obtenido de la suma de los tráficos de viajeros, mercancías o mixtos.

Tráfico ficticio (Tf)(Toneladas/día)	Grupo UIC
Tf > 130.000	Grupo 1
Tf > 80.000	Grupo 2
Tf > 40.000	Grupo 3
Tf > 20.000	Grupo 4, 5

Imagen 1.3: Datos de la infraestructura de Adif. Grupos UIC.

3.3 IMPLANTACION DE LA RED DE REFERENCIAS

Es el primer trabajo a realizar en un proyecto y es uno de los más delicados de la obra. Muchos de los problemas posteriores surgen como herencia de una mala comprobación de estos puntos.

La topografía en una obra, es por simplificar, la técnica mediante la cual se consigue representar una realidad sobre un plano, y mediante la cual se traslada al terreno lo proyectado en la oficina. Para esta operación de cruce de información, disponemos de una serie de instrumentos que podemos clasificar en tres grandes grupos:

1- Estaciones totales.

2- GPS

3 –Niveles



Imagen 1.4: imágenes de la web de Leica Geosystems.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Las labores previas a la implantación de la red de referencia tendrán que ver con la detección y localización de redes cartográficas gubernamentales o de partida, para a través de ellas densificar la red hacia el entorno deseado.

Por lo general, las líneas ferroviarias se caracterizan por trazados lineales y de gran extensión, debiendo establecer la conformidad de la red en toda la longitud del proyecto. Se estudiarán por separado las redes planimétricas y altimétricas existentes, para poder relacionar así nuestra red a las ya existentes.

Las fases a seguir en el establecimiento de la red de referencia son las siguientes:

1. Planificación de la toma de datos.
2. Lecturas y toma de datos de la red superior.
3. Cálculo de la red principal a implantar.
4. Lectura y toma de datos de la red secundaria.
5. Lectura y toma de datos de la red altimétrica.
6. Cálculo de la red altimétrica a implantar.

Según lo explicado, la labor inicial se centra en el establecimiento de la conexión de la red a otras superiores o existentes. Para ello utilizaremos técnicas clásicas o las técnicas modernas de posicionamiento por satélite. Realizando lecturas de las bases de la red existente y de aquella que se quiere implantar.

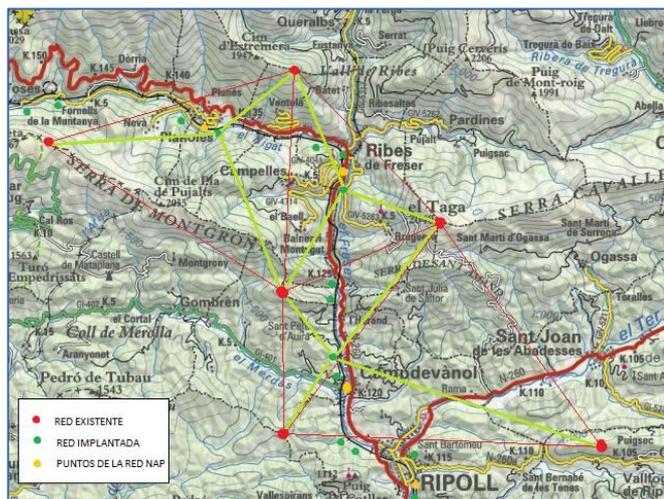


Imagen 1.5: Bases red principal y secundaria. Proyecto Ripoll-Puigcerda.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Es importante disponer de una red principal lo suficientemente densificada de bases, como para poder establecer una buena red secundaria.

Dentro de los criterios a emplear en la elección del método en la implantación de la red, podríamos tener varios relacionados con las dimensiones del proyecto a estudio. Para grandes obras, de varios kilómetros de trazado, y dados los avances del GPS, este suele ser el método más indicado de establecimiento de la red.

Actualmente las tolerancias que se obtienen con este método, rondan los 15mm en planimetría, valores suficientemente pequeños como para poder ser compensados en un posterior ajuste de red.

Para implantación de la red secundaria, se materializarán una serie de puntos en el terreno. Éste habrá de ser estable e inamovible, eligiendo un lugar que cumpla este requisito y que suponga un buen punto de visibilidad de su entorno. Muchas veces la orografía será un impedimento en la consecución de una buena relación entre distancia y ángulos.

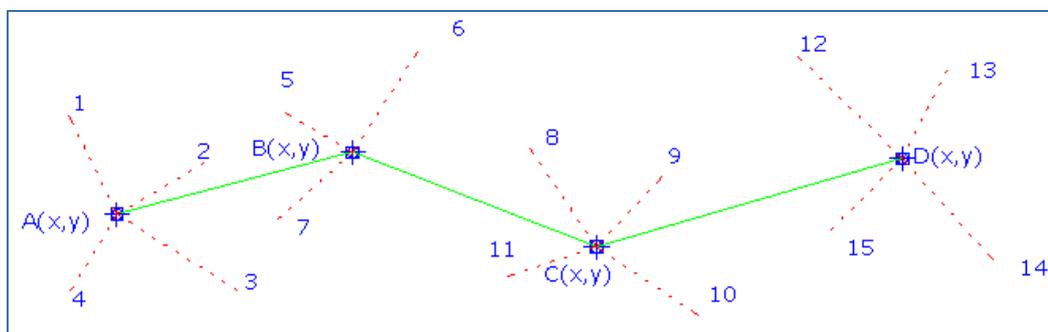


Imagen 1.6: Esquema de reparto de bases de poligonal.

En infraestructuras ferroviarias, el método más común, dada la propia configuración de trazado es el de itinerarios abiertos encuadrados entre las diferentes líneas base de la red principal calculada. En la experiencia obtenida en los tramos estudiados, las poligonales se han encuadrado entre distancias totales de 1 y 2 km.

Es interesante el uso de bases auxiliares, exteriores a la red secundaria, que nos permitan realizar comprobaciones de posibles movimientos de la red, por asentamiento del terreno.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Las últimas dos fases del proceso de implantación de la red vienen relacionados con el establecimiento de la altimetría de la red. Su detección, implantación y cálculo.

Para ello disponemos de varias redes de alta precisión, distribuidas por el país. Las denominadas redes NAP, que se definen como línea o red de línea nivelada dos veces en sentidos opuestos y fechas distintas cuyo error accidental máximo no puede sobrepasar los $1\text{mm}\cdot\sqrt{K}$ y cuyo error sistemático máximo no puede sobrepasar los $0,2\text{mm}\cdot\sqrt{K}$, siendo K los kilómetros de la línea.

Estas redes NAP viene materializadas mediante una serie de clavos principales, secundarios y terciarios. Con una inscripción en los mismos que ayuda a reconocer el rango del mismo.



Imagen 1.8: Clavos de nivelación red principal y secundaria.

Alrededor de cada clavo principal se colocan tres secundarios, de tal modo que desde un secundario, se vean mínimo uno de la red principal y dos de la secundaria. En la imagen 1.8 se muestran dos ejemplos de los mismos.

Son dos los métodos más usados en nivelación: geométrica y trigonométrica. Este segundo método es compatible con la realización de la poligonal pudiendo registrarse los datos al mismo tiempo.

El método más utilizado en proyectos ferroviarios, es el de nivelación geométrica. Es más preciso que la trigonométrica y la realización es más simple.

Las visuales habrán de ser cortas, rondando los 80-100metros de distancia. En ocasiones las bases de la red planimétrica, se encontraran a más distancia, haciendo necesaria la implantación de señales secundarias o de paso entre bases.

El uso de una serie de precauciones en la toma de datos, hacen que aumenten considerablemente las posibilidades de localizar y eliminar ciertos errores. Es por ello que es conveniente tener en cuenta estas recomendaciones:

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

- Comprobación previa del aparato antes de la realización de la poligonal.
- Utilización del centrado forzoso en las lecturas.
- Utilización del método de Moinot con repetición de lecturas en la toma de datos.
- Sistematización de la toma de datos.



Imagen 1.7: Conjunto de trípode, base nivelante y prisma circular. Leica Geosystems.

3.4 APARATOS ESPECÍFICOS DE TOPOGRAFÍA FERROVIARIA.

Actualmente, la tecnología topográfica se ha especializado mucho en nuevos sistemas de medición, que ayudan y facilitan el trabajo de replanteo y toma de datos. Junto con ellos podemos encontrar también dispositivos más clásicos.

- Carritos auscultadores:



Imagen 1.9: Carro auscultador de via Leica GRP System FX.

- Zapata magnética de sujeción de prisma:



Imagen 1.10: Modelos de zapata magnética. Grupo Acre. Cartomap.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

- Reglas de ancho y peralte:



Imagen 1.11: Reglas de ancho y peralte analógica.

Imagen 1.12: Regla de anchos y peraltes electrónica Leica.

- Galgas de flechado:



Imagen 1.13: Galgas de flechado Cartomap. Con y sin sujeción mecánica.

- Aparatos de medición del veinteavo:



Imagen 1.14: Aparatos de medición de veinteavo. Cartomap.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL GEOMÉTRICOS

4.1 GÁLIBO Y NORMATIVA.

La prolongación de los trabajos previos de implantación de la red de referencia, son los relativos al control de los parámetros geométricos que se han de tener en cuenta a la hora de definir un trazado ferroviario.

La primera labor fundamental ha realizar, tiene que ver con la toma de datos precisa y suficientemente densa, como para poder establecer todos los elementos que puedan quedar en la zona de afección del proyecto.

Teniendo en cuenta este requisito, se estudiarán uno a uno los puntos conflictivos, tales como estructuras, cruces con otras infraestructuras, estaciones, etc. A fin de que el trazado propuesto cumpla las limitaciones de gálibo que establece la normativa.

La palabra gálibo conlleva en sí la idea de sección que existe o que hay que respetar, siendo el término que lo acompaña el que define el concepto correspondiente. Así tenemos: gálidos de estación, gálibo de material, gálibo de túnel, gálibo de cargamento, etc.

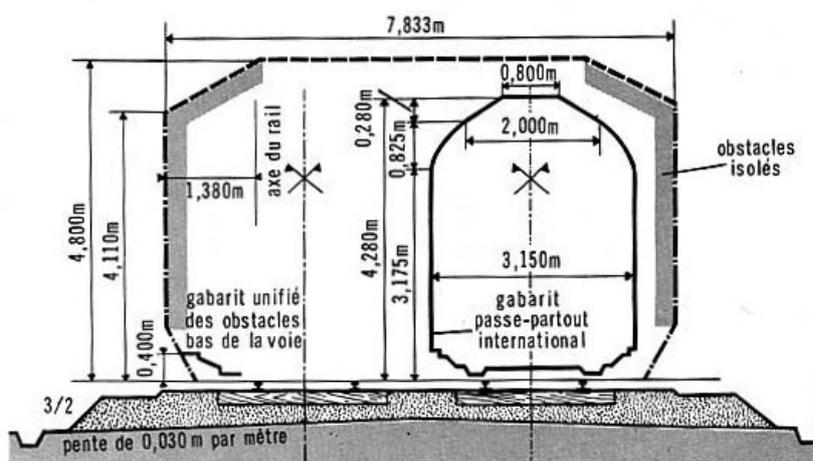


Imagen 1.15: Gálidos de red en las líneas férreas francesas. Snfc.

Siguiendo lo definido por la UIC en sus normas 505.1.2.3.4 y 5, diremos que:

- Galibo es un contorno de referencia más unas normas de aplicación. Estas normas afectan, por una parte a los servicios de material rodante, y por otra, a las obra e instalaciones fijas, de tal forma que el cumplimiento de las mismas, garanticen la

seguridad de la circulación para no existir posibilidad de interferencia de los vehículos con las obras o entre los propios vehículos cuando circulan por las vías.

4.2 CURVAS HORIZONTALES

En este apartado, se pretende introducir en el análisis y estudio de tránsito por las curvas y las fórmulas a aplicar en curvas con o sin peralte, curvas de transición, longitudes de las mismas, velocidades y demás características geométricas y de circulación.

La fórmula general para el cálculo de la fuerza en el paso de curva se corresponde con la mostrada en la parte inferior. En la que intervienen las componentes de la velocidad y del radio de curvatura.

$$a = V^{[2]} / (3,6^{[2]} * R)$$

El tránsito por las curvas, a una velocidad constante, genera una aceleración invariable. Estableciendo una serie de límites de confort para el tráfico de viajeros, de entorno a 0,60 y 0,80m/s². Este parámetro va relacionado con la velocidad y el radio de la curva circular, siendo más estricto en los trazados de Alta Velocidad.

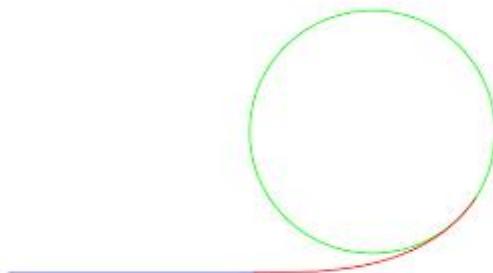


Imagen 1.16: Elementos del trazado. Recta, transición y curva circular.

El establecimiento de curvas sin peralte, obliga forzosamente a reducir las velocidades de paso. En zonas de cercanía a estaciones, desvíos y escapes, en ocasiones es conveniente no peraltar el trazado para una buena consecución de los diagramas de peralte. El valor límite vendrá relacionado con la fórmula anteriormente vista.

Las curvas de transición, como su nombre indica, nos permiten reducir esta aceleración, de una manera constante, de valor 1/R en curva a un valor 0 en recta.

Existen varias soluciones para este caso matemático, para trazados ferroviarios, el elemento usado será la clotoide. Cuya característica fundamental es la variación lineal de la curvatura con el desarrollo de la curva.

La longitud de la curva de transición, a su vez, vendrá dada en función de la velocidad o del radio, introduciendo los valores aconsejables para la aceleración centrífuga.

4.3 PERALTE

El peralte tiene como objeto conseguir, elevando el hilo exterior respecto al interior, que la resultante de las dos fuerzas que actúan sobre el vehículo (peso y fuerza centrífuga), aplicadas en el centro de gravedad del mismo, sea normal al plano de rodadura.

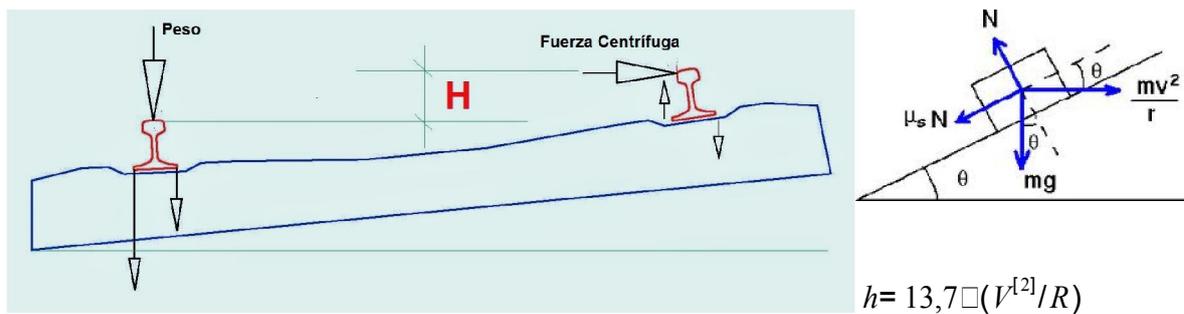


Imagen 1.17: esfuerzos en la traviesa y esquema de dirección de las componentes. Fórmula del peralte.

El peralte viene dado en milímetros, en función de la velocidad en Km/h y el radio en metros, pudiéndose calcular mediante la fórmula mostrada en la imagen 1.17. Por motivos prácticos, el valor de peralte no puede sobrepasar un máximo. En general se acepta que este valor oscile entre 1/9 y 1/12 del ancho de vía.

En el caso de una curva con un peralte inferior al calculado, la proyección al plano de rodadura no se encuentra en la normal, existiendo una componente no compensada del peso y la velocidad. Los valores que se establecen para este parámetro son de 115mm de diferencia entre el peralte real y el calculado.

Puede ocurrir, que el paso del vehículo, a una velocidad superior que la calculada, genere una fuerza no compensada que pueda volcar el mismo. Al igual que ocurriría, si el peralte es mayor que el calculado para esa velocidad, donde también podría existir el

riesgo. Estas situaciones generan un mayor desgaste en el hilo inferior, siendo más acusado en el caso del exceso de peralte.

La rampa de peralte a aplicar, expresada en el aumento por metro de vía, vendrá dada por valores inferiores a 2 mm/m en velocidades convencionales, siendo del orden de 0,80 y 0,65mm/m para velocidades entorno a 200 y 250 km/h.

4.4 CURVAS VERTICALES

En todo tipo de trazados el perfil longitudinal del mismo está formado por una serie de consecuciones de tramos horizontales, pendientes y rampas. Se establecen curvas de enlace entre rasantes consecutivas cuando su diferencia algebraica ronde las 2,5 milésimas.

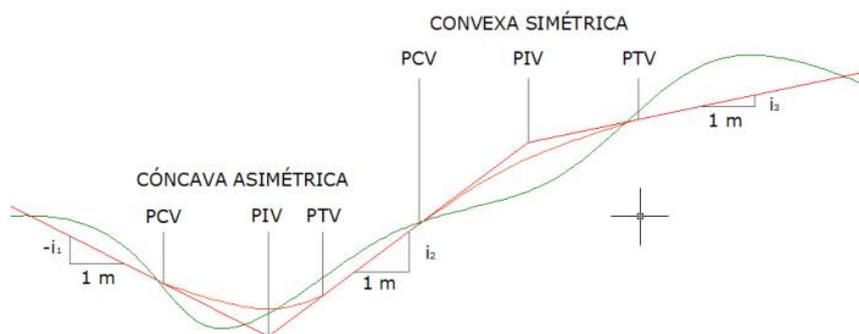


Imagen 1.18: Esquema de curvas verticales y sus partes.

La curva de enlace que se establece en nuestro entorno es el arco de círculo. Cuyo radio se deduce de la relación de radio igual a la velocidad al cuadrado, siendo el radio en metros y la velocidad en km / h. Nunca inferiores a 2000 metros.

4.5 ALABEO Y ANCHO

En el control geométrico de los parámetros a controlar, dos de los aspectos importantes que se controlan son el alabeo de la vía y el ancho para cada punto.

Como se ha citado anteriormente, en curvas, se aplica un peralte para compensar la acción de la fuerza centrífuga, a su vez, se aplican también una serie de sobreeanchos. En la siguiente tabla se presentan las tolerancias medias en 100 metros.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Tolerancias del ancho de vía (mm)			
Velocidades		R>10000 m	R≤10000 m
Línea convencional		-7 y +20	-7 y +20
Línea Alta Velocidad*	230<v≤250 km/h	-2 y +7	-2 y +9
	250<v≤280 km/h	-1 y +5	-1 y +8
	v>280 km/h	-1 y +5	-1 y +8

Imagen 1.19: Valores de sobreechanco de vía. Normativa Adif.

La inclinación 1:20 del carril produce una diferencia “t” que, en rigor, es de 7,95mm en el carril UIC54 y de 8,6mm en el UIC60.

Tipo de línea		Inclinación del carril
Convencional		1/20
Alta Velocidad	v≤ 280 km/h	1/20 a 1/40
	v> 280 km/h	1/20

Imagen 1.20: Valores aplicados en Adif para la inclinación del carril.

Considerando las cuatro ruedas de un vagón, o de un boggy de dos ejes, el alabeo de una vía en la sección transversal se define como la distancia existente entre el punto de apoyo teórico de una de las ruedas y el plano determinado por los puntos de apoyo reales de las otras tres, cuando el eje delantero se encuentra situado en la citada sección transversal. El alabeo, así definido, depende de la separación de los ejes de las ruedas delanteras y traseras que se utilice para su determinación (base de medida). Para hacer comparable las medidas realizadas con diferentes bases, se divide la distancia entre el punto teórico de apoyo de la cuarta rueda y el plano definido por los puntos reales de apoyo de las otras tres por su longitud de la base, expresando el alabeo en milímetros por metro.

Para su comprobación realizaremos diferentes campañas de todas de datos, empleando carritos auscultadores, o mediante métodos clásicos se regla de peraltes y nivelación geométrica. Para cada punto kilométrico se obtendrá una cota del hilo bajo, el ancho, peralte. En el anejo de auscultación de vía se pueden ver ejemplos de estadillos de campo con los campos a completar en la auscultación.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENIERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

4.6 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

La determinación de los parámetros geométricos que se establecen en las infraestructuras ferroviarias van más allá de la propia definición del propio trazado sino que implica también unas normas a cumplir en el ámbito de la propia infraestructura.

La unión de estos dos aspectos hará que podamos diseñar una superestructura de vía en todo su conjunto. Por un lado, la geometría de vía se caracterizará por la definición de los gálibos entre trazados, las definiciones en planta y alzado de los mismos, vistos en los apartados anteriores, así como, los aspectos referentes al peralte del trazado.

La definición de los aspectos referentes a la infraestructura de vía, vienen dados por aspectos muy diversos, ligados a las telecomunicaciones, accesos, plataforma y materiales, estaciones y andenes, etc.

INFRAESTRUCTURA DE VIA			GEOMETRÍA DE VÍA					
ESPESOR DE BALASTO	ANDENES	SECCIÓN DE TUNEL	GÁLIBO	DISTANCIA ENTRE EJES		DISTANCIA ENTRE EJES DE VIA GENERAL Y DE CIRCULACION EN ESTACIONES		
BANDA LATERAL PARA CAMINOS	TRAVESIAS EN VIA GENERAL	JUNTAS AISLANTES		GÁLIBO DE PASOS SUPERIORES	LONGITUD UTIL DE VIAS DE APARTADO	ANCHO DE VIA	GÁLIBO DE OBSTÁCULO	
ANCHURA MINIMA DE PLATAFORMA	APARATOS DE DILATACION	PASO ENTRE ANDENES	PLANTA	RADIO MINIMO DE LAS ALINEACIONES CIRCULARES	RELACION ENTRE EL PERALTE Y LA CURVATURA EN UN PUNTO DE LA TRANSICIÓN			
TIPO DE CARRIL	ALTURA DE ANDEN SOBRE LA CABEZA DEL CARRIL			TIPO DE CURVA DE TRANSICIÓN	VELOCIDAD MÁXIMA	VELOCIDAD MÍNIMA EN CURVAS	ACELERACIÓN SIN COMPENSAR	
TIPO DE TRAVIESA			LONGITUD DE LA CURVA DE TRANSICION	LONGITUD MÍNIMA DE LAS ALINEACIONES DE CURVA CONSTANTE				
			ALZADO	RAMPAS	TIPO DE ACUERDO VERTICAL	RECTA MÍNIMA CON PENDIENTE CONSTANTE ENTRE DOS ACUERDOS VERTICALES		
				RADIO DE CURVATURA DEL ACUERDO VERTICAL		LONGITUD MÍNIMA DEL ACUERDO VERTICAL		
			PERALTE	PERALTE TEÓRICO	DIAGRAMA DE PERALTES EN CURVAS DE TRANSICIÓN		MÁXIMA PENDIENTE DEL DIAGRAMA DE PERALTES	
				PERALTE MÁXIMO	INSUFICIENCIA DE PERALTE	MÁXIMA VARIACIÓN DEL PERALTE		
				PERALTE PRÁCTICO	MÁXIMO EXCESO DE PERALTE	MÁXIMA VARIACIÓN DE LA INSUFICIENCIA DE PERALTE		

En cada proyecto se han de estudiar y determinar, los aspectos que influyen en el mismo, siendo uno de los factores determinantes la velocidad de tránsito.

Para determinar el índice de calidad de vía, se utilizará la siguiente expresión:

$$Q = 2,5 \cdot \left(0,25 \cdot \frac{S_0 + S_1}{2} + 0,12 \cdot S_3 + 0,60 \cdot S_4 + 0,35 \cdot \frac{S_6 + S_7}{2} \right)$$

- S₀= Calificación del parámetro P₀, nivelación longitudinal del hilo izquierdo.
- S₁= Calificación del parámetro P₁, nivelación longitudinal del hilo derecho.
- S₃= Calificación del parámetro P₃, ancho de vía.
- S₄= Calificación del parámetro P₄, alabeo de la vía.
- S₅= Calificación del parámetro P₅, nivelación transversal.
- S₆= Calificación del parámetro P₆, alineación en el hilo izquierdo.
- S₇= Calificación del parámetro P₇, alineación en el hilo derecho.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Las exigencias de calidad de vía, en líneas de Alta Velocidad, hacen que sean aún más exigentes las tolerancias de aceptación de los diferentes parámetros a estudio. En la imagen 1.22, se muestra una comparativa de este tipo de líneas con las convencionales.

Tipo de línea	Alineación (mm)	Nivelación longitudinal (mm)	Alabeo (mm/m)	Nivelación transversal (mm)
Línea convencional	±5	±5	2-3	±5
Línea Alta Velocidad	3,5	2,5	1,5	2

Imagen 1.22: Tolerancias de control en trazados de Adif.

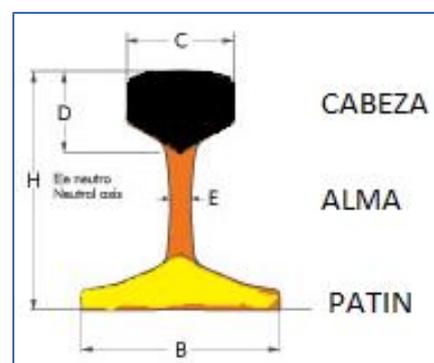
5. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE VÍA EN BALASTO O CONVENCIONAL

5.1. ELEMENTOS QUE LA CONFORMAN

5.1.1. Carril.

Uno de los elementos clave en la implantación de la vía férrea es el carril. Cumpliendo la función de contacto entre la circulación y la plataforma que la sostiene. Formados básicamente de acero, está compuesto por las siguientes partes:

- Cabeza: es la superficie de rodadura. En la que se produce el desgaste.
- Alma: une el patín con la cabeza del carril.
- Patín: es el ala inferior del perfil, siendo su anchura la suficiente para el correcto apoyo sobre la traviesa.



TIPOS DE CARRIL (Kg/m)			
54	45	60	50-60
LÍNEA PRINCIPAL	LÍNEA SECUNDARIA	ALTA VELOCIDAD	RESTO DE EUROPA

Imagen 1.23: Esquema de usos y partes de carril según normativa UIC.

El conocimiento de las medidas exactas del carril, junto con el conjunto traviesa sujeción. Permite calcular las diferentes alturas a respetar en las capas inferiores de asiento.

En general, y salvo en determinados casos puntuales, todas las vías tienen un cierto grado de inclinación hacia el centro de la traviesa. Permitiendo una buena estabilidad lateral del vehículo. Este parámetro, se le denomina veinteavo, ya que forma un ángulo de valor $1/20$.

5.1.2 Travesía

Su función básica es la de repartir sobre el balasto, de la manera más homogénea posible las cargas transmitidas por el carril. El sistema de sujeción de la travesía al carril, realizara la función de mantener constante el ancho de vía, dentro de los parámetros tolerables. La distancia de apoyo entre sucesivas travesías oscila entre 50 y 70 centímetros.

En cuanto a la forma, existen diversos tipos. Las primeras fueron de madera, surgiendo varios más con la entrada del hormigón armado; las semitravesías, travesías con riostra, travesías monobloc y travesías de rotula. En el siguiente apartado se muestran los últimos avances dados en este aspecto.



Imagen 1.24: Travesías de madera de roble y travesías de hormigón Monobloc.

Los sistemas de sujeción-fijación de las travesías se pueden distinguir, según el tipo de esta y su polivalencia (que se puedan usar un mismo tipo de sujeción) para distintos tipos de travesía. Según sus elementos y la forma de estos, las sujeciones pueden ser sujeciones directas (una pieza lo une todo), indirectas (raíl, travesía y silla de asiento unidas por piezas diferentes) y mixtas.

5.1.3 Plataforma

La plataforma es la superficie de apoyo donde se asentaran las travesías y carriles descritos en los apartados anteriores. Las dimensiones de la misma, dependerán de muchos factores, citando los más importantes, geología, tráfico, velocidad, etc.

En la imagen 1.25 se muestran los diferentes elementos que podemos encontrar en la plataforma, pudiendo diferenciar la capa de balasto y las capas de asiento.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

En el anejo de material de vía y en anejo de planos, se exponen una serie de secciones constructivas a respetar en la construcción de vías férreas. Definiendo las distancias entre los diferentes elementos de cada una de ellas.

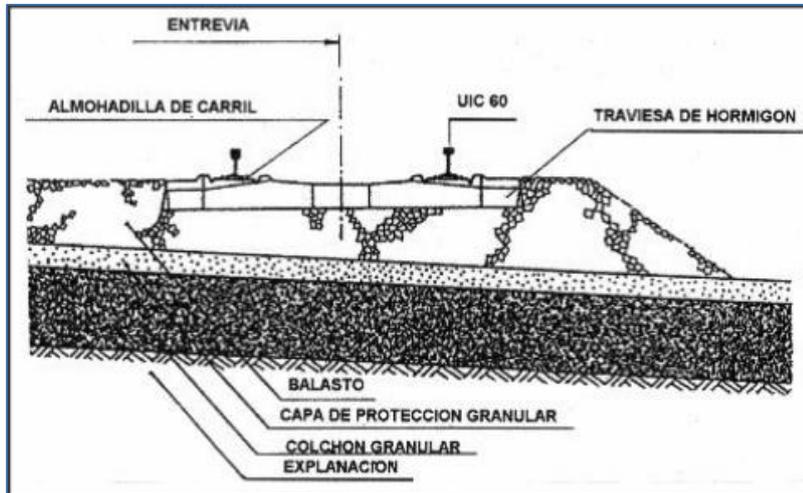


Imagen 1.25: Partes de la vía método convencional.

Para la realización de una nueva plataforma, se comenzará primeramente por ejecutar los sistemas de drenaje y afecciones que queden debajo de la caja de explanada. En las zonas de terraplén, y tras retirar la primera capa de tierra vegetal, se van compactando las diferentes capas de explanación, hasta llegar a cota final de explanación.

Los trabajos de comprobación de las sucesivas capas, por lo general suelen ir ligadas entorno a la inspección de unos ciertos perfiles, a lo largo de todo el trazado. De esta manera, se evaluará la misma posición planimétrica para las diferentes alturas de las capas.

Es habitual realizar una serie de documentos gráficos, fáciles de visualizar donde se estiman las zonas correctas y las zonas donde aún se ha de actuar. Este proceso, es uno de los controles que se contrastan con la dirección de obra, a la hora de dar conformidad al extendido de la capa posterior.



Imagen 1.26: Máquina motoniveladora. Leica Geosystems.

Las nuevas tecnologías, han permitido un gran avance en el campo de la maquinaria y su guiado 3D. Mediante estas técnicas, se consigue introducir el trazado al software que controla la máquina, de tal manera que con ayuda de una estación robotizada o un GPS se le transmite la posición segundo a segundo.

Dentro de los sistemas que podemos encontrar en la fase de automatizado de plataforma en entornos ferroviarios, son podemos citar algunos: extendedora 3D, niveladoras 3D, fresas 3D, sistemas de medición por láser, etc.

5.1.4. Desvíos

Los desvíos son las zonas de la vía donde se bifurca o separa un trazado. Existen diferentes tipos y cada uno de ellos se compone por una serie de medidas y dimensiones concretas. Las partes que componen un aparato de vía son las mostradas en la imagen 1.26; agujas (1), carriles de unión (2) y cuerpo de cruzamiento (3).

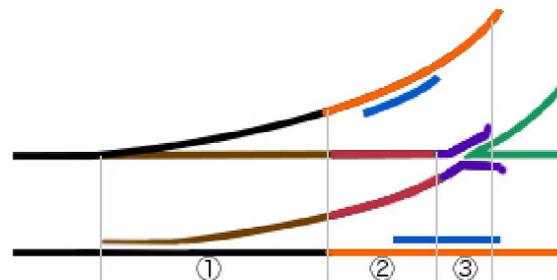


Imagen 1.26: Partes de un desvío. Tecsa.



Imagen 1.27: Ejemplos de aparatos de vía. Desvíos simples, dobles, travesías y breteles.

El cruzamiento es una de las partes que define el propio aparato de vía, pudiendo ser de cruzamiento recto o de cruzamiento curvo. Dependiendo si éste se coloca en recta o en curva. Es frecuente fabricar el desvío curvo a medida de tal manera que se ajuste lo mejor posible al trazado existente.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Se ha de prestar especial atención al montaje y ensamblado de desvíos de segundo uso. Comprobando también en los de fábrica, las correctas dimensiones existentes entre los diferentes hilos que componen el desvío. Se tomará este como punto fijo a la hora de establecer el trazado.

5.2. MONTAJE.

El proceso de montaje de la vía comienza una vez que la plataforma se encuentra realizada y aprobada. Extendiéndose una primera capa de balasto sobre la que se extenderán las traviesas para después colocar los carriles sobre ellas.

Existen diferencias en cuanto al montaje de nuevas líneas ferroviarias y la renovación de pequeños tramos de vía. Para el primer caso es habitual disponer de maquinaria que permita lograr mejores ritmos de montaje, como pueden ser las extendedoras de traviesas, los trenes carrileros, las posicionadoras de vía, etc. Para este tipo de técnicas es corriente el empleo de una vía auxiliar de montaje.



Imagen 1.28: Extendedora de balasto. Posicionadora de carril. Tren de trabajos. Tecsra empresa constructora.

Una de las maquinarias que más en relación se encuentra con el ámbito topográfico y de control es la bateadora, se muestran ejemplo en las imágenes 1.29 y 1.30. Esta máquina, pasada tras pasada, va ejerciendo unos movimientos verticales y horizontales a la vía, hasta que consigue llevarla a su posición definitiva. Introduciendo mediante unos bates el balasto bajo la traviesa.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Las nuevas máquinas disponen de un software informático que permite introducirle todos los datos referentes al trazado horizontal, vertical, los anchos y peraltes. Una vez conocidos los datos del trazado se va comprobando el estado de la vía mediante las referencias que se colocan en el lateral de vía.



Imagen 1.29: Grupo de bates y pinzas de carril en la parte central de la máquina. Tecsa empresa constructora.

Estas referencias serán la base para la implantación de la vía en su posición definitiva. Por lo general y dada la distancia entre postes de catenaria, éstos suelen ser apropiados para colocar referencias en ellos. Indicando para cada punto el punto kilométrico, la distancia a la cara activa, la cota del hilo inferior, el peralte y la fecha de curvatura.



Imagen 1.30: Bateadora Plasser 08 de desvíos. Tecsa empresa constructora.

6. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE VÍA EN PLACA

6.1 ELEMENTOS QUE LA CONFORMAN

Los elementos principales que componen el sistema de vía en placa no difieren mucho de los usados en el sistema convencional, usando de igual manera carriles y traviesas. La diferencia fundamental radica en el uso de hormigón como plataforma de soporte del conjunto de vía, en lugar del balasto de los métodos convencionales.

Dada esta premisa, resulta imprescindible que la vía se encuentre en su posición correcta a la hora del hormigonado y en su posterior fraguado. Para ello, las verificaciones y comprobaciones topográficas serán el instrumento de control con el que se validen los diferentes tramos ejecutados.

Los útiles específicos que aparecen en la vía en placa y que se usarán para llevar a su correcta posición de la misma son los alineadores y los niveladores. También puede ser necesario el empleo de las falsas traviesas en caso de tener que establecer el ancho entre los hilos.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE VÍA EN PLACA ACTUALES

SISTEMA TRAVIESA RHEDA 2000

Este sistema se basa en el embebido de una traviesa prefabricada de hormigón en una losa de hormigón ejecutada in situ. De este modo, sobre una plataforma o capa de forma a cielo abierto y por la propia estructura portante de hormigón en el caso del túnel, se apoya una subbase hidráulica de 30cm de espesor compuesta por hormigón sobre HM 10 o 15. Esta superficie servirá de apoyo para los elementos de alineación y nivelación.

La losa de hormigón armado de será de una anchura de 3,20 metros y un espesor de 24 cm. Las traviesas bloque prefabricadas de hormigón con una celosía triangular de acero que mantiene el ancho de vía, la armadura longitudinal se hace pasar por entre los huecos de la misma.

La única sujeción compatible con esta vía es la Wossloh 300. Dispone de un pad de gran elasticidad que sustituye funcionalmente al balasto. Podemos decir que es un sistema muy flexible dado que admite correcciones en alzado de hasta 60 mm y 16 mm en planta. El tipo de carril utilizado es el UIC60.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Un ejemplo de traviesa y sección de vía con traviesa Rheda 2000 es el mostrado en la imagen 1.31.

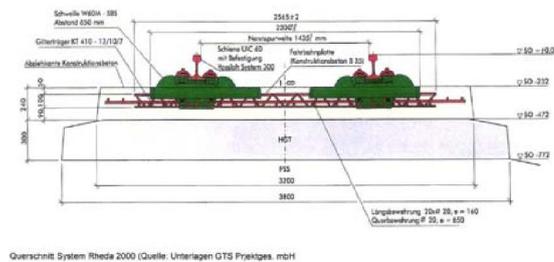


Imagen 1.31: Extendido de traviesas y colocación de carril. Sección constructiva Rheda 2000.

SISTEMA DE TRAVIESAS BIBLOQUE STEDEF

La VSB Stedef, es un tipo de vía en placa que formada por tres elementos responde a un buen concepto de poco mantenimiento y un sistema antivibratorio. Utiliza una traviesa arriostrada que permite el correcto valor de ancho de vía. Formada por dos bloques de hormigón armado unidos mediante una riostra de acero.

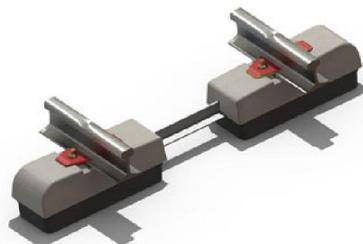


Imagen 1.32: Traviesa bibloque Stedef. Railtech Sufetra.

El sistema de fijación que se utiliza generalmente es la fijación Nabla. Pudiendo montar también fijaciones SKL y SSA. Los bloques de la traviesa van enfundados con una cazoleta elastomérica en cuyo interior se encuentra una suela microcelular que actúa como un elemento disipador de la energía.

La altura bajo el bloque será de un mínimo de 10 centímetros.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA
SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

SISTEMA DE SUJECCION DIRECTA DFF/ T.1 Y DFF/T.2

La sujeción directa DFF es un conjunto de piezas cuya base principal es una placa inclinada metálica sobre elastómeros alveolares. En su parte inferior presenta una serie de bornes que se clavan en la solera de hormigón, denominados patas de elefante.

Son sistemas en la que cada placa se ancha por independiente, haciendo necesario el uso de útiles para el correcto establecimiento del ancho de vía.



Imagen 1.33: Sujeción DFF. Instalación de vía en placa en avenida Meridiana.

SISTEMA DE FIJACIONES DIRECTAS ADHEREZADAS DFF/ADH

Es un sistema similar al anterior, aunque mucho más elástico, que usa fijaciones de baja rigidez. Sustituye la elasticidad de la suela bajo el patín por una superficie mucho mayor de apoyo del carril.

Para este caso, emplearemos el sistema clásico de montaje “Top and Down”. Siendo totalmente opuesto al caso anterior. La placa que dispone en su parte inferior, de unos 10 a 15 mm de espesor, permite poder ajustar la nivelación en caso de errores en el hormigonado.



Imagen 1.34: Sujeción DFF/ADH. Railtech Sufetra.

SISTEMA DE BLOQUES PREFABRICADOS RUC 54; RUC 60

En este sistema, se disponen de bloques prefabricados sueltos. La correcta ejecución de las capas inferiores y una altura adecuada de losa, se hacen indispensables para un resultado satisfactorio. La imposibilidad de corregir significativamente la alineación y la nivelación genera unas tolerancias milimétricas en el montaje.

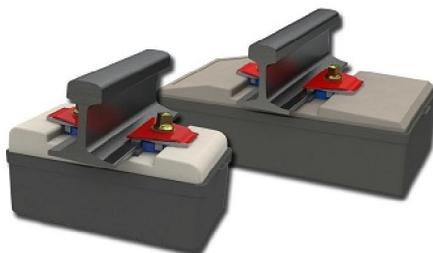


Imagen 1.34: Bloques prefabricados RUC. Railtech Sufetra.

Bajo el bloque se sitúa una cazoleta elástica y una suela disipativa. Las fijaciones que monta este tipo de traviesa pueden ser SLK1, GS o Nabla. Permite la extracción y sustitución del bloque.

Al igual que en el sistema DFF se hace necesario el uso de falsas traviesas y útiles de alineado y nivelado, para poder anclar el sistema y cumplir con las tolerancias exigidas.

Un aspecto que precisa de especial atención es la buena disposición del veinteavo y el ancho de vía, que viene dada por la falsa traviesa.

SISTEMA DE BLOQUES SOPORTE EDILON

Una de las características más reseñables de este sistema es el uso del Corkelast. Este producto es una resina que adhiere la bandeja y el bloque. Quedando el bloque sumergido en él.

En la construcción mediante este sistema, realizaremos un montaje Top-Down, estableciendo todos los elementos antes del vertido de hormigón final que consolidara todo el conjunto.



Imagen 1.35: Traviesa sobre cazoleta elastomérica. Edilon.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA
SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

En la imagen 1.36 se muestran varios ejemplos de emplazamientos de colocación de la traviesa de soporte Edilon.



Imagen 1.36: Metro de Vitoria-Gasteiz. Metro de Madrid.

Dentro de las ventajas del sistema podemos citar la estanqueidad del sistema, que no es extraíble. Una buena facilidad de limpieza, dada la amplitud de espacio entre el carril y la losa. Absorbe las vibraciones producidas por el paso de los trenes y es un sistema idóneo para la incorporación de capas absorbentes de ruidos.

SISTEMA DE LOSAS FLOTANTES

El sistema de losas flotantes ahonda más allá de los existentes bloques prefabricados. El concepto se lleva a cabo mediante el uso de piezas prefabricadas de un peso entorno a las 4,5 toneladas. Cada una lleva incorporada una serie de espacios destinados a las traviesas.

En el centro se encuentra un espacio para la instalación del elemento stopper. Que fija la losa a la base inferior. Este elemento metálico está formado por un tubo (pistón) de acero con un soporte para el anclaje a la solera y otro que queda embebido en la losa prefabricada.

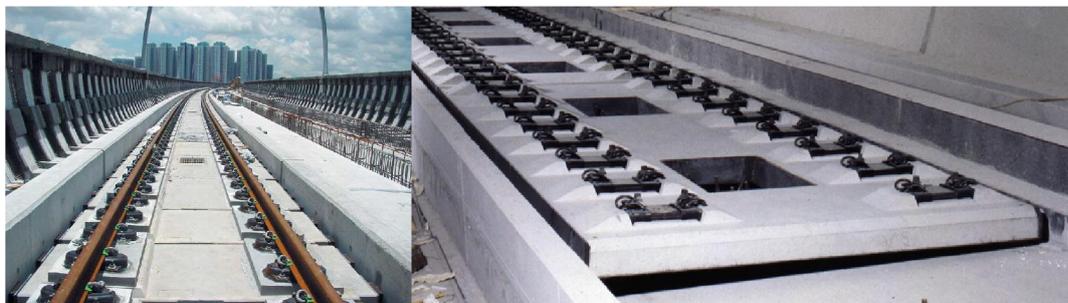


Imagen 1.37: Losas flotantes en los metros de Toronto.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Bajo la losa se colocan una serie de elastómeros que servirán para un correcto apoyo y una buena disipación de las vibraciones al paso de los vehículos. Su reparación es complicada y costosa.

SISTEMA DE CARRIL EMBEBIDO EDILON

Este sistema se basa como su nombre dice en la construcción de una canaleta en la cual queda embebido el carril. Los cálculos aplicables a una vía construida con este sistema son los mismos que los aplicables a cualquier otro sistema de vía en placa.

El carril se coloca, en general, con su patín centrado en la canaleta. Es importante mantener un recubrimiento mínimo de 10mm (18mm recomendable), entre el patín y la canaleta, para poder instalar y alinear la vía.

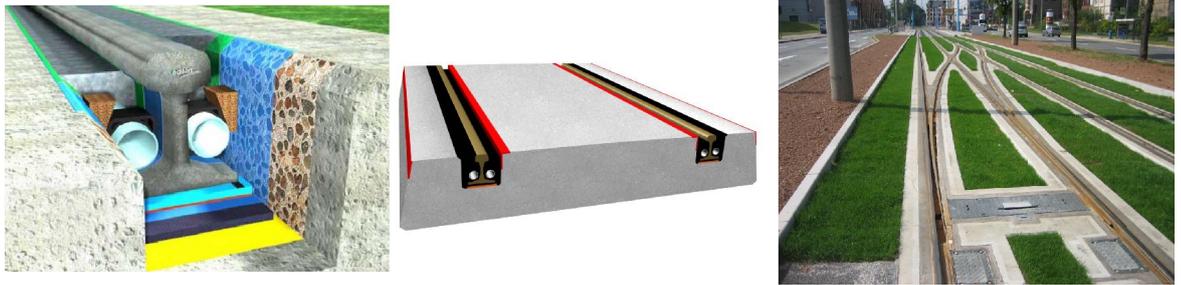


Imagen 1.38: Sistema de carril embebido Edilon. Corkelast. Tranvia de Barcelona.

Esta operación se realiza mediante una serie de cuñas que se introducen en los laterales para la alineación en planta y debajo del patín para corregir el 1:20. Mediante galgas de corcho o plástico se realizan las correcciones de nivelación.

7. ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE LA INSTALACIÓN DE LA VÍA

7.1 LA INSTALACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

En la instalación de la vía, hemos de tener en cuenta ciertos factores que vienen influidos generalmente por el emplazamiento y el entorno del proyecto. Las fases de ejecución y los rendimientos vendrán altamente ligados a este aspecto.

En los últimos tiempos, se han ido introduciendo las nuevas técnicas de vía en placa, sobretodo, cuando la vía discurre por tramos de viaducto y de túnel. Pese a ello, aún son muchos los tramos de vía realizados por los métodos clásicos, y cuya renovación, supone una serie de problemáticas importantes, que se exponen a continuación.

En la colocación de la infraestructura de vía, el mantenimiento de la circulación existente es uno de los condicionantes importantes a la hora de establecer los procesos y fases. Las actuaciones de mejora y acondicionamiento de los tramos existentes, al igual que en infraestructuras de carreteras, están encaminadas en el desdoblamiento de vías de sencillas y mejora de los tramos de obras de fábrica.

7.2 PROBLEMÁTICA DE LA VÍA EN PLACA Y A CIELO ABIERTO

Las diferencias existentes entre estos dos entornos de trabajo, viene ligada a las posibilidades de maniobra de maquinaria y desplazamiento de materiales. Aspecto que también ocurre a la hora de realizar trabajos de topografía, donde las distancias entre puntos de acceso pueden distar kilómetros.



Imagen 1.39: Vertido de hormigón. Túnel L9 Barcelona.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

En ocasiones, se hace imposible la llegada de vehículos hasta las inmediaciones del proyecto. Este aspecto es muy desfavorable a la hora de instalar tramos de vía en placa, dados los plazos de vertido del hormigón. Para solucionar este aspecto, las técnicas habitualmente utilizadas son la instalación de grupos de bombeo que mediante tuberías van llevando el material, se desmontando a medida que avanza el vertido.

En la instalación de este tipo de equipos, habremos de tener en cuenta que han de ser compatible con la instalación de los diferentes útiles de alineación y nivelación. A ser posible, se recomienda colocarlos fuera del ámbito de la propia plataforma.

Uno de los problemas más habituales es la rotura de alguna de las juntas de la tubería, pudiendo ocasionar que alguno de los útiles se desplace y haya que volver a comprobar todo el tramo afectado. Habiendo de actuar rápidamente para corregir los defectos antes del fraguado de la losa y del propio hormigón de la tubería.

La fase de hormigonado es una de las más delicadas dentro de la instalación de vía en placa. Una zona de especial atención son las curvas, donde por acción del peralte, se debe prestar atención al derrame del hormigón, haciendo que no pierda los correspondientes recubrimientos tanto en el hilo alto como en el hilo bajo.

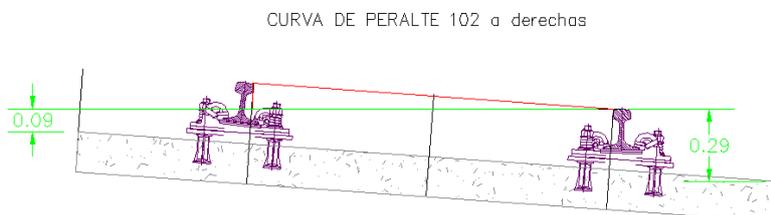


Imagen 1.40: Cotas de hormigonado en curvas con peralte.

7.3 PUENTES Y VIADUCTOS. ZONAS DE TRANSICIÓN.

En puentes y viaductos, las labores topográficas toman un especial carácter de dificultad, por el poco espacio de trabajo, la distancia a bases o de lectura, en ocasiones la imposibilidad de estacionar sobre el mismo, etc.

La normativa marca una serie de distancias mínimas a respetar en puentes y pasos inferiores. Podemos encontrar ejemplos de plataformas y distancias en el anejo de planos del presente proyecto y en el anejo de gálibo y normativa.

De tal modo que el paso de una zona más rígida, como la vía en placa, a una zona de menor rigidez, como la vía en balasto, hace necesaria una zona de transición que

amortigüe el paso. En el anejo de material de vía se muestra un reparto de la zona de transición.

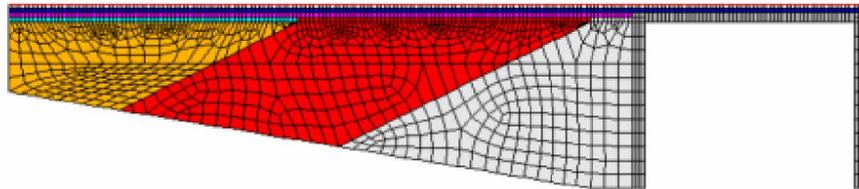


Imagen 1.41: Zonificación de la transición de cargas en un paso inferior.

7.4 LIBERACIÓN DE TENSIONES.

La finalidad de la liberación de tensiones es conseguir que la totalidad de los carriles que componen la estructura de vía, queden fijados a las traviesas a una temperatura conocida que, debe coincidir aproximadamente, con la temperatura media anual de la región donde esté asentada la vía o el desvío.

De este modo, el carril estará libre de tensiones térmicas cuando la temperatura coincida con la de neutralización, y las tensiones de tracción o compresión debidas a las variaciones de temperatura, serán pequeñas y siempre uniformes a lo largo de toda la barra.

La liberación de tensiones se lleva a efecto igualando las tensiones existentes en dos semibarras, separadas por una cala central, con sus extremos constituidos por puntos fijos. Este proceso se puede llevar a cabo mediante el calentamiento solar de los carriles, el calentamiento artificial o la tracción aplicada a las barras largas provisionales.



Imagen 1.42: Aparatos de corte de soldadura y de esmerilado de vía. Tecsma empresa constructora.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

Este último sistema es el más usado, tiene las mismas ventajas del calentamiento solar. Cuando la temperatura es inferior a la de neutralización, se aplica esta tracción que hace que se libere la barra.

Es importante una buena planificación de la liberación al mismo tiempo que se van realizando las distintas soldaduras y nivelaciones de vía. En ocasiones, por dilatación de los carriles, la vía puede perder toda geometría y llegar a causar el descarrilo.



Imagen 1.43: Varios trazados deformados por acción de la dilatación de carril.

7.5 ELECTRIFICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN.

En la superestructura de vía, una diferencia sustancial es la inclusión o no de la electrificación en el trazado ferroviario. Actualmente, la mayoría de las grandes líneas principales, son electrificadas; aún existen muchos tramos de escaso tráfico sin electrificar dado el coste de implantación y mantenimiento de la infraestructura de electrificación. Las zonas habituales que no están electrificadas son las zonas de mantenimiento y carga-descarga.

En un nuevo trazado, la realización de los macizos de electrificación se realiza tras la construcción de la capa de asiento y antes del extendido del balasto. Nos servirán de ayuda los postes a la hora de referenciar la vía para su alineación y nivelación.

Se denomina altura del hilo de contacto a la distancia entre el plano de rodadura y los hilos de contacto. Puede estar comprendida entre un mínimo de 4,60 m. y un máximo de 6,00 m. La norma general es que se mantenga en el entorno de los 5,20 m.

La distancia y reparto de los diferentes postes de apoyo de todo el entramado de electrificación es un apartado que viene ligado al propio trazado, siendo la distancia entre postes inferior en el caso de las curvas.

8. EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN ESTUDIOS Y ENSAYOS

8.1 INTRODUCCION AL ESTUDIO

En el presente proyecto, se ha presentado primeramente los distintos métodos y materiales que se emplean en la realización de proyectos ferroviarios. Exponiendo las distintas fases de ejecución y las partes que componen la estructura general de vía.

Este apartado de análisis de experiencias obtenidas en estudios y ensayos, trata de exponer dos ejemplos de las diferentes superestructuras que se pueden presentar. Representando los aspectos técnicos más destacables de cada uno de ellos, en un formato de ficha.

Para dar una idea de cada uno de los proyectos a estudio se citan una serie de parámetros de la superestructura, tales como:

- La administración que gestiona la infraestructura y el presupuesto del proyecto.
- La situación y emplazamiento del mismo.
- Los datos de la infraestructura en cuanto a número de vías, tipo de estructura y materiales.
- El planing de la obra y la duración de los trabajos.
- Datos del trazado tanto en planta como en alzado.

8.1 TRAMOS URBANOS DEL METRO DE BARCELONA.

NOMBRE DEL PROYECTO

METRO LINEA 9 TRAMO POU BIFURCACIÓN-CAMPUS SUD

ADMINISTRACIÓN:

PRESUPUESTO: 687.415,57€



Transports Metropolitans
de Barcelona

SITUACION Y EMPLAZAMIENTO:

La situación del proyecto se encuentra localizada en la nueva Línea 9 de metro de Barcelona. Entre las estaciones de Torrasa y Camp Nou. Tramo situado entre los dos puntos naranjas de la imagen.



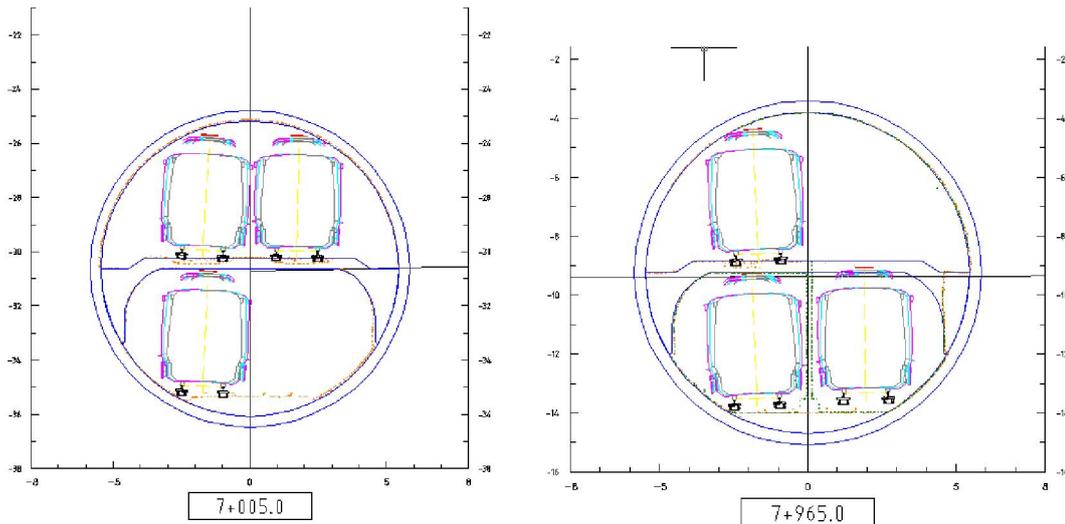
TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA
SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

DATOS DE LA INFRAESTRUCTURA

TIPO DE VIAS: Vía en placa con carril UIC 60.

NUMERO DE VIAS: Vía doble a dos niveles.

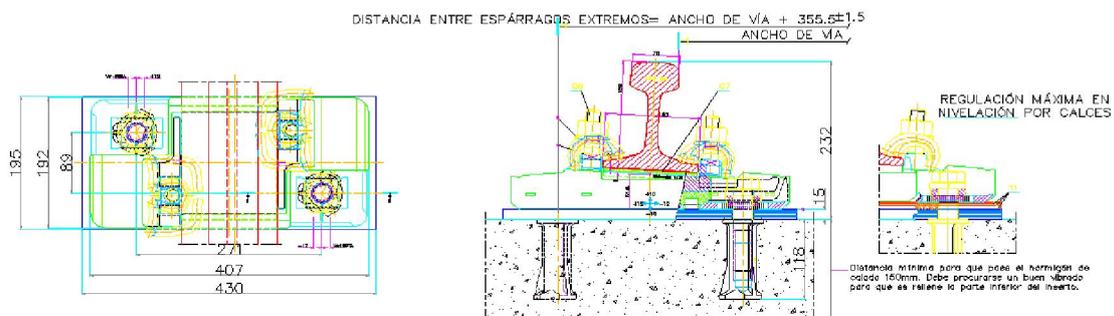
SECCIÓN:



TIPO DE ESTRUCTURA: Túnel continuo de 10,9 metros de diámetro interior y 11,7 de exterior. Dividido en dos niveles y con rampas de acceso entre sí.

Nº DE APARATOS DE VÍA: En la longitud del proyecto se han de emplazar dos escapes y un desvío sencillo en la vía superior, colocando el mismo número y composición en la vía inferior. Para más detalles, ver el anejo de planos de proyectos estudiados.

TIPO DE TRAVIESA/SUJECCIÓN: DFF/ADH



TRABAJO FIN DE GRADO- INGENIERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

PLANING DE LOS TRABAJOS

El periodo de obra de este proyecto se extiende durante 115 días de trabajo. Existen dos zonas muy diferenciadas, trabajos en la losa superior y losa inferior

La primera actuación a realizar es el replanteo topográfico del trazado. En el que emplean 30 días. Comenzando por la comprobación de bases y realización de la poligonal y nivelación correspondiente. A continuación, la toma de datos de referencias y de los perfiles de sección. Estos datos se tratan informáticamente, realizando el ajuste de diseño de trazado en caso de existir puntos de conflicto.

Una vez verificado el trazado y ser aprobado por las diferentes partes, se referencia sobre el trazado una serie de marcas en las que se detalla la posición y altura de la vía. A través de estas marcas, se posiciona la vía y tras la comprobación topográfica del tramo, se procede al hormigonado.

Esta sucesión de actividades se repite en los diferentes tramos avanzando el material de posicionamiento de vía y hormigonado.

DATOS DEL TRAZADO

DISTANCIA TOTAL DE TRAZADO (km):5.9

KM EN RECTA (mts): 2.7

KM EN CURVA (mts): 3.2

DESNIVEL TOTAL ACUMULADO (mts): 42.587

DESNIVEL ABSOLUTO (mts): 18.451

RAMPA MAX (%): 4,0589

RAMPA MIN(%): 0,0479

RADIO MIN (mts): 300,17

PERALTE MAX (mm): 123

VELOCIDAD MAX: 90 km/h

8.2 TRAMO URBANO CERCANIAS DE BARCELONA.

NOMBRE DEL PROYECTO

Renovación de vía en placa de hormigón entre los pk 364/910 al 365/395. Trayecto Bcn-St Andreu Arenal-Bif.Marina. Correspondientes a la línea Barcelona- Zaragoza por Lleida.

ADMINISTRACIÓN:

PRESUPUESTO: 847.539,56€



SITUACION Y EMPLAZAMIENTO:

El emplazamiento del proyecto se sitúa en el tramo comprendido entre las estaciones de Arc d'Triomf y la estación del Clot Aragó. Correspondiente a la línea R4 y que en este punto pasa por debajo de la R10, realizando lo que en argot ferroviario se denomina una vuelta de carnero.



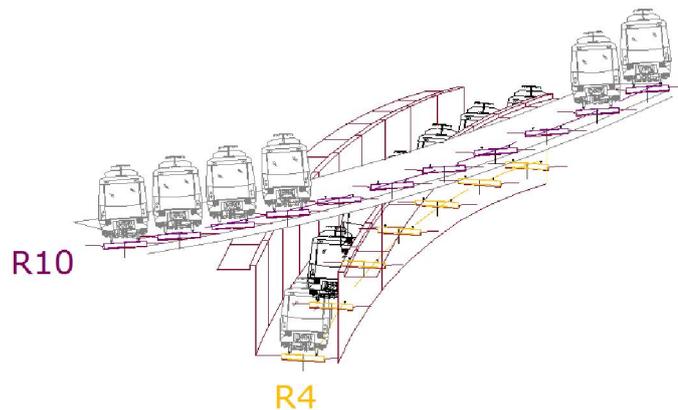
TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

DATOS DE LA INFRAESTRUCTURA

TIPO DE VIAS: Vía en placa con carril UIC 60

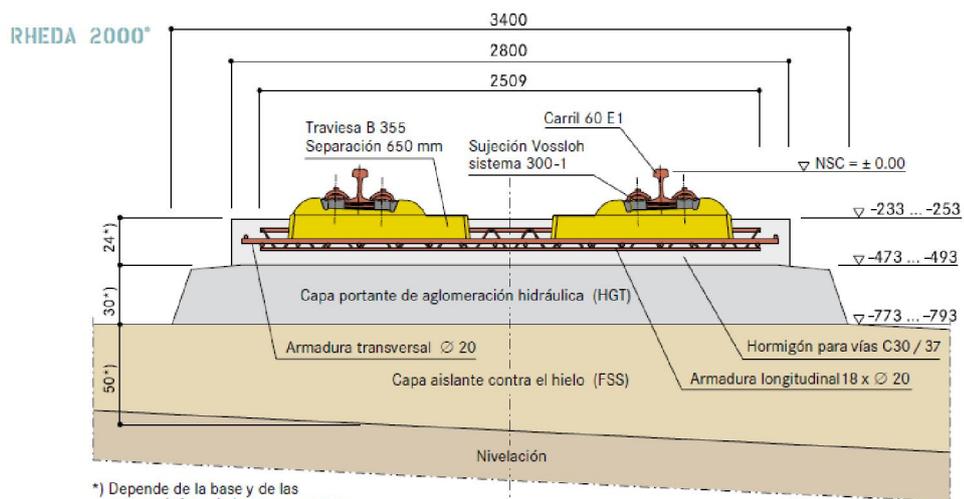
NUMERO DE VIAS: Vía única.

SECCIÓN:



TIPO DE ESTRUCTURA: La mayoría del trazado discurre por una trinchera de muros de altura variable y parcialmente abierta dentro de la galería general del nudo de bifurcación de Marina.

TIPO DE TRAVIESA: Rheda 2000



TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA
SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

CUÑAS DE TRANSICIÓN

El proyecto tiene como objetivo renovar un tramo de vía en placa que conecta en sus extremos con vías en balasto. Es por ello que se hace necesaria la ejecución de una serie de cuñas de transición para poder amortiguar el paso de una zona de rigidez mayor a una menor y viceversa. Plano 4.2 del anejo.

PLANING DE LOS TRABAJOS

Los trabajos a realizar en este proyecto, se realizan en corte permanente de vía. Esto es, no existe circulaciones que afecten a los trabajos. Pudiendo realizar turnos de 8 horas y durante las 24 horas del día, de cara a la menor duración en días que sea posible.

DATOS DEL TRAZADO

DISTANCIA TOTAL DE TRAZADO (km): 0,51

KM EN RECTA : 0,2

KM EN CURVA : 0,31

DESNIVEL TOTAL ACUMULADO (mts): 8,84

DESNIVEL ABSOLUTO (mts): +1,76

RAMPA MAX (%): 4,0589

RAMPA MIN(%): 0,0479

RADIO MIN (mts): 300,17

PERALTE MAX (mm): 123

VELOCIDAD MAX: 60

9. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y CONCLUSIONES DE LOS DATOS **OBTENIDOS**

En la realización de los diversos proyectos realizados, se han encontrado una serie de factores de importancia que directa o indirectamente inciden en la capacidad de mejora en el control geométrico de la infraestructura de vía.

Son muchos los factores involucrados en el desarrollo de cada uno de los proyectos, pero sin duda, la característica más importante en todos ellos es la ubicación o emplazamiento del mismo. Dada esta situación, se nos generan otra serie de factores que vienen más ligados a los aspectos constructivos de la vía, tales como los accesos, el plan de obra, el material, los gálibos y normativas a cumplir.

Los trabajos topográficos por lo general, suelen tener un trabajo previo, en donde los tiempos de hábiles de trabajo son muy distintos dependiendo de si es una obra nueva o una obra de renovación. En este segundo caso, es habitual realizar trabajos de topografía junto con el paso de las circulaciones. Especial precaución en estos casos.

Actualmente, son muchas las áreas de desarrollo tecnológico en el ámbito de los proyectos de infraestructura de vía, es por ello, que cada vez son más las administraciones que disponen de nuevos aparatos de control y por consiguiente, la calidad y métodos con los que se evalúa la correcta ejecución del proyecto. En el caso de los proyectos del estudio, con el uso de carros de vía relativos y absolutos.

En el ámbito que compete a la topografía, la diferencia entre una obra nueva y otra de renovación es radicalmente diferente en cuanto a los márgenes de trabajo, pero también lo es, en las posibilidades de mejora de trazado que se pueden aplicar en cada uno de ellos.

La obra bien hecha topográficamente, comienza por la planificación y el replanteo. La capacidad y habilidades del topógrafo para realizar un replanteo perfecto. Por otra parte, el técnico de vía ha de tener la capacidad para saber si el topógrafo ha hecho bien las cosas.

Una buena topografía quizá no da dinero a la obra, una mala, incrementa los costos innecesariamente.

La importancia de un buen diseño de trazado y el correcto montaje de la vía, hace que el uso de maquinaria de vía convencional logre llegar a las precisiones requeridas. Una bateadora no arregla una vía mal montada o mal diseñada, del mismo modo que es difícil que una bateadora pueda dejar mal una vía bien diseñada y montada.

Se han de tener en cuenta a la hora del diseño, que los parámetros fijos y zonas inamovibles, tales como geometría de desvíos y enlaces, gálibos de paso, distancias de

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

seguridad y de señalización, son puntos de especial atención y cumplimiento. Serán el hito de partida a la hora de establecer las alineaciones principales del trazado de proyecto.

La normativa de referencia, se ha de estudiar en profundidad, estableciendo aquellos parámetros que afecten al mismo. En ocasiones, en la renovación de vías, pueden aparecer zonas en las que no se cumpla esta normativa en su totalidad, por no existir en su momento o por complicar mucho la ejecución del proyecto. En estos casos concretos se determina con la propiedad la solución a adoptar.

Las tolerancias en la ejecución de proyectos ferroviarios, hacen que el material y métodos con los que se trabaja, sean cada vez más precisos como para poder cumplir con los requisitos de producción y rendimiento.

Un trabajo metódico y riguroso hará más fácil llegar a esta meta. Para un mejor control, y por la experiencia obtenida, se recomienda que los controles a realizar por la dirección de obra y por el personal de ejecución sean homogéneos. De este modo la comparación de datos se simplifica y queda más clara.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA:

- OJEDA, José Luis. (1984) "Métodos topográficos y oficina técnica. 2ª edición. Edición José Luis Ojeda Ruiz. Madrid
- ÁLVAREZ MANTARAS, Daniel; LUQUE RODRIGUEZ, Pablo. (2003) "Ingeniería e infraestructura de los transpostres. Ferrocarriles". Servicio de publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- EXPOSITO F. DE BAETA, Jesus A. (1995) "Topografía resolutive de carreteras y tuneles". Editorial Bellisco.
- BANNISTER; RAIMOND; BAKER. (2003) "Técnicas modernas en topografía". 7ª Edición. Editorial Alfaomega.
- LAPOINTE, Lucien; MEYER, Gilles. (1997) "Topographie appliquée aux travaux publics batiments et levers urbains". 1ªEdición. Edición Eyrolles. Francia.
- RENFE (1975). "Normativa de Renfe Vía. NRV". Ediciones internas Renfe.
- MINISTERIO DE FOMENTO. (2008). "Instrucción general de puentes. Norma 3.2". Ediciones del ministerio. Madrid.

TRABAJO FIN DE GRADO- INGENYERIA EN GEOMÁTICA I TOPOGRAFÍA
PROYECTO SOBRE EL ESTUDIO DEL CONTROL GEOMÉTRICO EN LA IMPLANTACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA EN PROYECTOS FERROVIARIOS.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS:

- <http://www.caes.eu/wikicaes/balasto.pdf> (Clasificación del balasto)
- <https://hablandodevias.wordpress.com/2013/04/30/diferentes-tipos-de-fijaciones-de-vias/>. (Blog hablando de vías, Artículo: diferentes tipos de fijaciones de vías)
- <http://www.fcmaf.es/Reportajes/Viaenplaca/viaenplaca.htm> (Vía en placa)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Traviesa> (Definiciones de traviesa)
- https://books.google.es/books?id=NUrk7YGSDbQC&pg=PA99&lpg=PA99&dq=clasificacion+de+las+vias+UIC&source=bl&ots=ozxAbPDT_R&sig=fGtUH0oAYmsL8KL2sxxMwMHPHI8&hl=en&sa=X&ei=jBm9VJrTMcWxUcmUhPgE&redir_esc=y#v=onepage&q=clasificacion%20de%20las%20vias%20UIC&f=false (Clasificación de las via según normativa UIC)
- <http://www.geotren.es/blog/mapa-de-servicios-ferroviarios-convencionales-sobre-la-red-adif/>
- <http://viasferreas.blogspot.com.es/search/label/APARATOS%20Y%20HACES%20DE%20V%C3%8DA> (Blog vías, ferrocarriles y tren eléctrico, aparatos de vía y haces de vía)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Ancho_de_v%C3%ADa#mediaviewer/File:Rail_gauge_worId.png (Ancho de vía)
- <http://www.uic.org/spip.php?page=recherche&lang=es&recherche=clasification+rail> (Clasificación del carril según normativa UIC)
- http://www.ferropedia.es/wiki/Tercer_carril (Implantación del tercer carril)
- <http://rails.arcelormittal.com/es/carril-de-grua.html> (Tipos de carril)
- <https://ccasanueva.wordpress.com/2014/02/13/la-fisica-de-un-eje-de-ferrocarril/> (fuerzas en los ejes de tren)
- <https://venzario.wordpress.com/2009/11/13/mantenimiento-ferroviario-amolado-de-carriles/> (Mantenimiento de la red, amolado de carriles)
- <http://es.slideshare.net/Grupo-Riel/plasser-theurer-construccin-de-la-va-frrea-nueva-con-tecnologa-actua-vii-sevefeme-2011> (Revista Plasser-Theurer de maquinaria férrea)