



Universidad
Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior
Departamento de Ingeniería Eléctrica

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD

**Simulación del Sistema CBTC
en la Línea 1 de Metro de
Ho Chi Minh**

AUTOR: Roberto González Barquilla

TUTOR: Armando Fombella Cuesta

Leganés, 4 de Julio de 2011

A Andrés, a Carmen, a Miriam, a Manolo, a María
A Carmen

Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi familia: mi madre Carmen, mi padre Andrés, mi hermana Miriam y Manolo toda la paciencia que han tenido conmigo a lo largo de estos años, y sobre todo el apoyo recibido tanto en los buenos como en los malos momentos vividos a lo largo de la carrera. Agradecerles la educación que me han dado ya que sin ellos no sería la persona que actualmente soy.

A mis compañeros y amigos de la universidad por toda su ayuda a lo largo de tantas prácticas y tantos exámenes ya que sin ellos todos estos años hubieran sido imposibles de soportar.

Agradecer a Ansaldo – STS por permitirme la posibilidad de trabajar con ellos y de tener mi primera toma de contacto con el mundo de la ingeniería.

A mis compañeros de Ansaldo – STS porque he aprendido muchísimo de ellos y trabajar con ellos ha sido siempre una gran experiencia personal y profesional. Estoy seguro de que todavía me queda mucho por aprender y mejorar, pero gracias a todos ellos seguiré aprendiendo algo nuevo cada día de su experiencia.

A Raúl Costa por confiar en mí y darme la oportunidad de entrar a formar parte de una empresa en la que llevar a cabo los conocimientos obtenidos estos años de estudio, a Francisco Javier Pargaña, mi tutor en Ansaldo – STS, por todo lo que he aprendido de él y por toda la paciencia que ha demostrado conmigo siempre y a Ignacio Ibáñez por todos sus consejos e ideas y porque ha compartido conmigo todos sus conocimientos de la tecnología CBTC.

A Armando Fombella Cuesta por tutelarme en la realización del presente Proyecto Fin de Carrera y por todos sus consejos y recomendaciones.

Por último y en especial, quiero dedicar mi Proyecto Fin de Carrera a Carmen por comprenderme, por apoyarme, por animarme y por estar siempre ahí.

¡¡¡Muchas Gracias!!!

INDICE GENERAL

1. Antecedentes	1
1.1. Descripción del Proyecto	1
1.2. Requerimientos contractuales	3
1.3. La empresa: Ansaldo, una compañía del Grupo Finmeccanica.....	4
1.3.1. Orígenes de la compañía.....	4
1.3.2. Producción e Historia.....	4
1.3.3. Historia reciente	5
1.3.4. Ansaldo en la actualidad.....	5
1.3.5. Motores de vehículos eléctricos.....	6
1.3.6. Ansaldo-STS	6
1.4. Conceptos Básicos	8
1.4.1. ¿Qué es la señalización?.....	8
1.4.2. La seguridad en el movimiento de los trenes	8
1.4.2.1. Funcionamiento degradado	9
1.4.2.2. Sistema Fail-Safe.....	9
1.4.2.3. Estudios de seguridad.....	10
1.4.2.4. Seguridad funcional y seguridad técnica.....	10
1.4.3. Elementos fundamentales de un sistema de señalización	10
1.4.3.1. Señales	10
1.4.3.1.1. Tipos de señal según su tecnología	11
1.4.3.1.2. Tipos de señal según su funcionamiento	12
1.4.3.1.2.1. Señal de avanzada	12
1.4.3.1.2.2. Señal de entrada	13
1.4.3.1.2.3. Señal de salida	13
1.4.3.2. Agujas	14
1.4.3.3. Circuitos de vía	14
1.4.3.3.1. Principio de funcionamiento de los circuitos de vía.....	15
1.4.3.4. Sistema de señalización en cabina.....	16
1.4.3.4.1. Balizas	16
1.4.3.4.2. Balizas ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático).....	17

1.4.3.4.3. Sistemas automáticos de protección del tren (ATP – Automatic Train Protection).....	18
1.4.3.4.3.1. ERTMS (European Railway Traffic Management System) / ETCS (European Train Control System).....	18
1.4.3.4.3.1.1. ERTMS Nivel 1	20
1.4.3.4.3.1.2. ERTMS Nivel 2	21
1.4.3.4.3.1.3. ERTMS Nivel 3	22
1.4.3.4.4. Sistema de ATC (Control Automático del Tren) LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung)	26
1.4.3.4.5. Sistema Automático de Operación del tren (ATO – Automatic Train Operation).....	26
1.4.3.4.6. Sistema de control de trenes basado en comunicaciones (CBTC - Communication Based Train control)	27
1.4.3.5. El enclavamiento.....	28
1.4.3.5.1. Comprobar que es posible el paso de tren: exploración de ruta	28
1.4.3.5.2. Asegurar la zona explorada con respecto a otras circulaciones/trabajos en vía: Ruta memorizada.....	28
1.4.3.5.3. Movimiento de los aparatos a las posiciones requeridas.....	28
1.4.3.5.4. Supervisión de los elementos de la zona asegurada	29
1.4.3.5.5. El concepto de ruta	29
1.4.3.6. Sistemas de telemando y control de tráfico centralizado (CTC).....	30
2. CBTC (Communication Based Train Control – Control de Trenes Basado en Comunicaciones).....	32
2.1. Introducción	32
2.1.1. Tendencias del transporte masivo	32
2.1.2. Tendencias de la tecnología	32
2.2. Distancia de frenado	33
2.3. Capacidad de la línea.....	34
2.4. Movimiento del tren.....	34
2.5. Mejora en el uso del espacio.....	35
2.6. Operación con cantón móvil	36
2.7. Señalización convencional.....	36
2.8. Arquitectura	39

2.8.1. Sistemas centralizados del tren	40
2.8.2. Referencias en el espacio.....	41
2.8.3. Equipo de vía	42
2.8.4. Sistema de comunicaciones.....	42
2.8.5. El Enclavamiento.....	43
2.8.6. Sistema de Supervisión del tráfico.....	44
2.9. Controlador a bordo	44
2.10. Tecnología CBTC de Ansaldo – STS.....	46
2.10.1. Introducción al sistema CBTC.....	46
2.10.2. Operación en modo mixto.....	47
2.10.3. Controlador de zona (ZC)	47
2.10.4. Controlador a bordo (CC).....	48
2.10.5. Comunicaciones.....	48
2.10.6. Mantenimiento.....	48
2.10.7. El sistema CBTC proporciona	48
2.10.8. Puesto de control central	50
3. Simulación	52
3.1. Descripción del simulador	52
3.1.1. Proyecto (Project).....	52
3.1.2. Trenes	57
3.1.3. Parámetros del sistema	58
3.1.4. Descripción del trayecto.....	58
3.1.5. Estaciones	59
3.1.6. Recorridos	60
3.1.6.1. Puntos de parada	61
3.1.6.2. Intervalo entre trenes	61
3.1.6.3. Trayecto.....	62
3.1.6.4. Descripción de las fases	62
3.1.7. Escenarios	64
3.1.8. Resultado.....	64
3.2. Datos empleados en la realización de la simulación	65
3.2.1. Características del tren.....	65

3.2.1.1. Propiedades generales	65
3.2.1.2. Resistencia aerodinámica.....	66
3.2.1.3. Esfuerzos	67
3.2.2. Parámetros del sistema	68
3.2.2.1. Equipos de a bordo y parámetros del sistema	68
3.2.2.2. Tiempo para transmitir la ruta de liberación.....	69
3.2.2.3. Márgenes	69
3.2.2.4. Diferencia de velocidad	70
3.2.3. Parámetros de la vía.....	71
3.2.3.1. Descripción de Gradientes	71
3.2.3.2. Descripción de la resistencia.....	72
3.2.3.3. Velocidades.....	72
3.2.3.4. Descripción de la línea.....	73
3.3. Descripción del proceso de simulación.....	75
4. Resultados	79
4.1. Intervalos en la línea con sistema CBTC y velocidad media	80
4.1.1. Tiempos de recorrido y velocidades para el trayecto entre Ben Thanh y Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes)	82
4.1.2. Tiempos de recorrido y velocidades para el recorrido entre Suoi Tien Terminal y Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes)	83
4.1.3. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y el apartadero en An Phu (Puntos kilométricos crecientes)	84
4.1.4. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y este en An Phu (Puntos kilométricos crecientes)	84
4.1.5. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y el apartadero en An Phu (Puntos kilométricos decrecientes)	85
4.1.6. Tiempos de recorrido y velocidades para el trayecto entre An Phu y Thao Dien (Puntos kilométricos decrecientes).....	85
4.1.7. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes).....	86
4.1.8. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Ben Thanh (Puntos kilométricos crecientes).....	86
4.1.9. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes).....	87

4.1.10. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Ben Thanh (Puntos kilométricos crecientes).....	87
4.1.11. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Binh Thai (Puntos kilométricos decrecientes).....	88
4.1.12. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Binh Thai (Puntos kilométricos crecientes).....	88
4.1.13. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Tan Cang (Puntos kilométricos crecientes).....	89
4.1.14. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y el apartadero en Tan Cang (Puntos kilométricos decrecientes)	89
4.1.15. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos decrecientes).....	90
4.1.16. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes).....	90
4.1.17. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos decrecientes).....	91
4.1.18. Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes).....	91
4.2. Intervalo entre trenes en la línea	92
4.2.1. Análisis del intervalo entre trenes desde Ben Thanh hasta Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes).....	93
4.2.2. Análisis del intervalo entre trenes desde Suoi Tien Terminal hasta Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes)	94
4.3. Resultados del análisis del sistema de las vueltas automáticas.....	95
4.3.1. Vuelta automática en Ben Thanh	98
4.3.1.1. Movimientos para la Estación Ben Thanh	98
4.3.1.2. Secuencia de movimientos	99
4.3.1.3. Resultados de la Simulación	100
4.3.1.4. Cruces	100
4.3.2. Vuelta automática en Suoi Tien Terminal.....	101
4.3.2.1. Movimientos para la Estación Suoi Tien Terminal.....	101
4.3.2.2. Secuencia de movimientos	102
4.3.2.3. Resultados de la simulación.....	102
4.3.2.4. Cruces	103
4.3.3. Vuelta automática en An Phu (Línea Y).....	104
4.3.3.1. Movimientos para la estación An Phu	104

4.3.3.2. Secuencia de movimientos	104
4.3.3.3. Resultados de la simulación	105
4.3.3.4. Cruces	106
4.3.4. Vuelta Automática en An Phu (Down Line)	107
4.3.4.1. Movimientos para la Estación An Phu	107
4.3.4.2. Secuencia de movimientos	107
4.3.4.3. Resultados de la simulación	108
4.3.4.4. Cruces	109
4.3.5. Vuelta automática en la estación de Binh Thai (De vía este a vía oeste)	110
4.3.5.1. Movimientos para la Estación Binh Thai	110
4.3.5.2. Secuencia de movimientos	110
4.3.5.3. Resultados de la simulación	111
4.3.5.4. Cruces	112
4.3.6. Vuelta automática en la estación de Binh Thai (de vía oeste a vía este)	113
4.3.6.1. Movimientos para la Estación Binh Thai	113
4.3.6.2. Secuencia de movimientos	113
4.3.6.3. Resultados de la simulación	114
4.3.6.4. Cruces	115
4.3.7. Vuelta automática en la estación de Tan Cang (De vía este a vía oeste)	116
4.3.7.1. Movimientos para la Estación Tan Cang	116
4.3.7.2. Secuencia de movimientos	117
4.3.7.3. Resultados de la simulación	117
4.3.7.4. Cruces	118
4.3.8. Vuelta automática en la estación de Tan Cang (De vía oeste a vía este)	119
4.3.8.1. Movimientos para la Estación Tan Cang	119
4.3.8.2. Secuencia de movimientos	120
4.3.8.3. Resultados de la simulación	120
4.3.8.4. Cruces	121
5. Posibles mejoras.....	123
6. Presupuesto y Diagrama de Gantt	127
7. Conclusiones.....	130

8. Referencias	135
Anexos.....	137

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1: Situación de la línea 1	2
Figura 1.2: Esquema de la línea 1	3
Figura 1.3: Grupo Finmeccanica	5
Figura 1.4: AnsaldoBreda	5
Figura 1.5: Ansaldo-STS	6
Figura 1.6: Entrada a estación	8
Figura 1.7: Señal luminosa convencional	11
Figura 1.8: Señal luminosa de diodos led	12
Figura 1.9: Señal de avanzada.....	13
Figura 1.10: Aguja	14
Figura 1.11: Circuito de vía libre	15
Figura 1.12: Circuito de vía ocupado.....	15
Figura 1.13: Baliza.....	16
Figura 1.14: Baliza ETCS Nivel 1	19
Figura 1.15: ERTMS Nivel 1, sin in-fill.....	20
Figura 1.16: ERTMS Nivel 1, con in-fill.....	21
Figura 1.17: ERTMS Nivel 2	22
Figura 1.18: ERTMS Nivel 3	23
Figura 1.19: Niveles de ETCS.....	24
Figura 1.20: CTC	30
Figura 2.1: Curva de frenado	33
Figura 2.2: Fases de movimiento del tren	34
Figura 2.3: Mejora de los espacios	35
Figura 2.4: Señalización convencional.....	36
Figura 2.5: Límite Autoridad Movimiento	37
Figura 2.6: Distancia mínima seguridad	38
Figura 2.7: Distancia Freno Emergencia.....	39
Figura 2.8: Controlador a Bordo	40
Figura 2.9: Posiciones de referencia	41
Figura 2.10: Equipo de vía.....	42
Figura 2.12: Sistema de comunicaciones	42
Figura 2.13: Rutas conflictivas	43
Figura 2.14: Supervisión de rutas	44
Figura 2.15: Zone Controller.....	45
Figura 2.16: Metro Driverless de Copenhague.....	47
Figura 2.17: Viajeros del Metro Driverless de Copenhague	49
Figura 2.18: Puesto de Control.....	50
Figura 3.1: Nuevo Proyecto	53
Figura 3.2: Descripción de gradientes	54
Figura 3.3: Tabla de Resistencia	54
Figura 3.4: PK's de cambio de velocidad	55

Figura 3.5: Estaciones de la línea	56
Figura 3.6: Ejemplo de circulación	60
Figura 3.7: Descripción de movimiento	60
Figura 3.8: Fases de un trayecto	63
Figura 3.9: Parámetros del sistema.....	68
Figura 3.10: Gradiente	71
Figura 3.11: Llegada, parada y salida de tren en estación	76
Figura 3.12: Trayecto	77
Figura 4.1: Curva trayecto vía este hasta apartadero An Phu.....	80
Figura 4.2: Gráfica representación del headway.....	92
Figura 4.3: Cruce en Ben Thanh.....	96
Figura 4.4: De Opera House a Ben Thanh	97
Figura 4.5: De Ben Thanh a Opera House	97
Figura 4.6: Vuelta en Ben Thanh.....	98
Figura 4.7: Cruce en Ben Thanh.....	100
Figura 4.8: Vuelta en Suoi Tien Terminal.....	101
Figura 4.9: Cruce en Suoi Tien Terminal.....	103
Figura 4.10: Vuelta en An Phu	104
Figura 4.11: Cruce en An Phu	106
Figura 4.12: Vuelta en An Phu (Down)	107
Figura 4.13: Cruce en An Phu (Down)	109
Figura 4.14: Vuelta en Binh Thai (este a oeste)	110
Figura 4.15: Cruce en Binh Thai (este a oeste)	112
Figura 4.16: Vuelta en Binh Thai (oeste a este)	113
Figura 4.17: Cruce en Binh Thai (oeste a este)	115
Figura 4.18: Vuelta en Tan Cang (este a oeste)	116
Figura 4.19: Cruce en Tang Cang (este a oeste)	118
Figura 4.20: Vuelta en Tan Cang (oeste a este)	119
Figura 4.21: Cruce en Tang Cang (oeste a este)	121
Figura 6.1: Tareas y duración de las mismas.....	127

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Nombre Tren	65
Tabla 3.2: Propiedades del tren.....	65
Tabla 3.3: Coeficientes	66
Tabla 3.4: Coeficientes en superficie o en túnel.....	66
Tabla 3.5: Esfuerzos	67
Tabla 3.6: Esfuerzos a distintas velocidades	67
Tabla 3.7: Parámetros del sistema	68
Tabla 3.8: Tiempo de transmisión del enclavamiento al CC.....	69
Tabla 3.9: Márgenes	69
Tabla 3.10: Parámetros diferencia de velocidad.....	70
Tabla 3.11: Tipo de resistencia.....	72
Tabla 3.12: Descripción de la línea	73
Tabla 3.13: Puntos kilométricos de parada en sentido creciente	74
Tabla 3.14: Puntos kilométricos de parada en sentido decreciente	74
Tabla 5.1: Parámetros del sistema utilizados en la simulación	123
Tabla 5.2: Tiempos y velocidades Ben Thanh cruce de vía este a vía oeste	124
Tabla 5.3: Parámetros para mejorar la simulación	124
Tabla 5.4: Nuevos tiempos y velocidades en Ben Thanh cruce de vía este a vía oeste	124
Tabla 6.1: Presupuesto de formación, realización de simulación y supervisión...	128
Tabla 6.2: Presupuesto desarrollo del simulador	128
Tabla 6.3: Presupuesto total desarrollo proyecto.....	128
Tabla 7.1: Tiempos de recorrido y velocidades para trayecto entre Ben Thanh y Suoi Tien Terminal sentido creciente	130
Tabla 7.2: Intervalo entre trenes desde Ben Thanh a Suoi tien Terminal sentido creciente.....	131

1. Antecedentes

1.1. Descripción del Proyecto

El objeto del proyecto es simular el tráfico de trenes en una línea de metro bajo el control del sistema CBTC (Control de Trenes Basado en Comunicaciones).

El objetivo final es la simulación de una línea de metro, bajo el sistema CBTC, comprobando que cumpla con los requerimientos contractuales de los intervalos de tiempo en la línea y el cumplimiento de la velocidad media en el recorrido de la línea.

Para la realización de la simulación se utilizará un programa con el que a partir de los parámetros de vía y de tren necesarios se obtendrá una serie de resultados que permitirán comprobar si se cumple con los requerimientos del cliente y por lo tanto si la construcción de la línea es viable.

Durante la realización del proyecto se desarrollarán los siguientes temas:

- Introducción al sistema CBTC explicando su funcionamiento.
- Explicación de la herramienta de simulación, así como de los cálculos que realiza.
- Explicación de los parámetros de la vía y del tren que tendremos que tener en cuenta a la hora de hacer la simulación.
- Realización de la simulación que consistirá en:
 - Realización de la simulación del tráfico de trenes

Se obtendrán los datos en forma de tablas y gráficas en las que se indica el intervalo entre los trenes para cada una de las estaciones, y la velocidad media de la línea. Explicación de los resultados.

Los objetivos a alcanzar tienen que ver con los objetivos contractuales que son impuestos por el cliente.

Estos objetivos son cumplir con una velocidad media de la línea, que por lo tanto llevará un tiempo determinado en realizar el viaje, y cumplir con un intervalo entre trenes, que permita la mayor frecuencia de trenes posible.

- Realización de las vueltas automáticas.

Consistentes en el diseño de los escenarios de los cruces de trenes en los extremos de la línea.

Para ello hay que diseñar el cruce de los trenes por las agujas para que cumplan el intervalo de la estación, sin peligro de colisión y total seguridad para los viajeros.

La secuencia de vueltas automáticas se diseña e introduce en el simulador, el cual traza unas curvas que muestran la relación entre espacio y tiempo de los distintos trenes que llegan y se van de la estación final de línea.

Estas curvas permitirán observar si se está por debajo del intervalo entre trenes exigido y también permitirá ver si existe peligro de colisión entre trenes.

Las vueltas automáticas no solo se realizarán en los extremos de la línea, sino que también podrán ser realizadas en zonas de la línea donde haya agujas por motivos de explotación.

Se tratarán:

- Posibles mejoras a realizar
- Conclusiones que se obtienen del estudio realizado
- Finalmente, asumiendo que los datos proporcionados por el cliente y la lista de parámetros generales utilizados en la simulación son sólidos, el análisis enseñará que todos los requerimientos mostrados en el primer punto de este apartado pueden ser alcanzados bajo el sistema CBTC.

La línea de metro que será objeto de simulación es la Línea 1 del metro de Ho Chi Minh, situada en Vietnam.

Se compone de trece estaciones: Ben Thanh, Opera House, Ba Son, Van Thanh Park, Tan Cang, Thao Dien, An Phu, Rach Chiec, Phuoc Long, Binh Thai, Thu Duc, High Tech Park, Suoi Tien y Suoi Tien Park.

El mapa de situación de la línea se muestra en la siguiente figura:



1 Figura 1.1: Situación de la línea 1

El esquema de la línea es el siguiente:



2 Figura 1.2: Esquema de la línea 1

1.2. Requerimientos contractuales

Dicha simulación se realizará mediante la herramienta de simulación del sistema CBTC de Ansaldo STS, para comprobar que los requisitos del cliente son alcanzados.

En el caso del Proyecto de la línea 1 de metro de Ho Chi Minh los requerimientos del cliente son los siguientes:

- Intervalo máximo de trenes en la Línea: 130 segundos
- Tiempo máximo de trayecto completo: 29 minutos
- Velocidad Media de la Línea (incluyendo los tiempos de estacionamiento): Mínimo 35 km/h

En otros proyectos los requerimientos establecidos por el cliente no tienen por qué ser los mismos que los existentes en este caso y pueden ser exigidos otro tipo de objetivos.

- Los tiempos de recorrido serán evaluados por cada vía.
 - En sentido creciente el recorrido a realizar es de Ben Thanh a Suoi Tien Terminal por la vía oeste y en sentido decreciente el recorrido es de Suoi Tien Terminal hasta Ben Thanh por la vía este.
- Se mostrará un sumario de simulaciones usando la velocidad máxima de acercamiento a la estación.
 - Tiempo de recorrido total excluyendo los tiempos de parada en la estación
 - Velocidad media excluyendo los tiempos de parada en la estación
 - Tiempo de recorrido total incluyendo los tiempos de parada en la estación
 - Velocidad media incluyendo los tiempos de parada en la estación

- Asumiremos lo siguiente:
 - Todos los trenes paran en cada estación (poner además el tiempo de estacionamiento)
 - Todos los tiempos de estación a estación están calculados utilizando la velocidad máxima de acercamiento a la estación.
 - Las velocidades medias están calculadas utilizando la velocidad máxima de acercamiento a la estación

1.3. La empresa: Ansaldo, una compañía del Grupo Finmeccanica

Ansaldo es el nombre popular con el que se conoce a Società Gio. Ansaldo & C., una empresa italiana que en la actualidad se dedica a multitud de negocios, especialmente los que tienen que ver con la electromecánica, a pesar de que en sus orígenes se dedicaba a la industria armamentística y otra producción de carácter militar. [6]

1.3.1. Orígenes de la compañía

El ingeniero inglés Philip Taylor y el hombre de negocios turinés Fortunato Prandi fundaron en 1846 una empresa dedicada a la mecánica que fue expropiada por el estado italiano en 1852. En septiembre de ese año la empresa fue cedida a una sociedad en comandita compuesta por el ingeniero Giovanni Ansaldo, el director de la Banca nazionale del Regno d'Italia, Carlo Bombrini, el armador Raffaele Rubattino y el empresario Giacomo Filippo Penco. En enero de 1853 se registra en Génova la sociedad con el nombre de Società Gio. Ansaldo & C. [6]

1.3.2. Producción e Historia

La producción de la empresa es muy variada, aunque a partir de 1860 destaca por la producción de barcos, convirtiéndose a principios del siglo XX en una gran constructora naval. La entrada de Ferdinando Maria Perrone en 1902 introduce a la Ansaldo, como se la conoce popularmente, en el sector militar, destacando la artillería ligera y pesada. En 1917, en plena guerra, comienza la producción en el sector aeronáutico fabricando los famosos SVA Ansaldo, aviones biplano que pronto se convirtieron en el símbolo de la marca.

Una vez terminada la guerra, la producción automovilística se puso en marcha y para ello se dedicó la planta que la empresa poseía en Turín, en 1918.

La compañía había pasado en 1924 a la órbita del Crédito Italiano y la fábrica de automóviles se separó de la casa matriz pasando por diversas manos hasta que en 1936 cesó la producción de automóviles. La comercialización de vehículos industriales y camiones prosiguió hasta 1945, pero éstos eran fabricados por otras compañías. [6]

1.3.3. Historia reciente

La compañía principal de Ansaldo, que en 1932 entró en una profunda crisis, pasó a formar parte de la IRI en italiano, Istituto per la Ricostruzione Industriale, y pronto se convirtió en la punta de lanza del rearmamento italiano bajo el fascismo. Después de la guerra se unió a la Società Finanziaria Meccanica Finmeccanica en el año 1948.

En 1966 la empresa se reestructuró completamente de la mano de Finmeccanica hasta que en 1980 se convirtió en el primer grupo electromecánico.



3 Figura 1.3: Grupo Finmeccanica

El desarrollo industrial italiano de posguerra provocó que la Ansaldo poco a poco se convirtiera en una enorme corporación presente en los principales negocios electromecánicos.

En 1993 Finmeccanica S.p.A. absorbe por completo a Ansaldo. [6]

1.3.4. Ansaldo en la actualidad

Existen diversas empresas que son herederas de la primitiva Ansaldo y que llevan el nombre de Ansaldo en la actualidad:

- AnsaldoBreda: Se trata de una empresa constructora de trenes con base en Italia.



4 Figura 1.4: AnsaldoBreda

AnsaldoBreda se formó en 2001 cuando Ansaldo Trasporti y Breda Costruzioni Ferroviarie se fusionaron. [1] Cuenta con fábricas en Palermo, Nápoles, Pistoia y Reggio de Calabria, y cuenta con 2.400 empleados. [1]

AnsaldoBreda fabrica tranvías, trenes y vagones.

Las series 7000 y 9000 del metro de Madrid son unidades de metro que prestan servicio en las líneas 7 y 10 de la red de metro. El V250 es un tren de alta velocidad que operará entre Bruselas y Ámsterdam por las líneas HSL-Zuid (en los Países Bajos) y

LAV 4 (en Bélgica) a partir del año 2011. Fue diseñado por Pininfarina y construido por AnsaldoBreda.

- Ansaldo STS: Se le dedica el apartado 1.2.6 situado más abajo, ya que es la empresa en la que se realiza este proyecto.
- Ansaldo Signal: Se trata de una compañía afiliada al grupo Finmeccanica responsable de la señalización ferroviaria.
- Ansaldo Energía: Se trata de una productora de energía eléctrica que opera en mercados internacionales para clientes desde la Administración Pública hasta productores independientes o clientes industriales.
- Ansaldo Ricerche: Se trata de una rama de Ansaldo energía, desarrolla y demuestra productos innovadores en el área de la electricidad y la producción de energía térmica.
- Ansaldo Fuell Cells: Es otra rama de Ansaldo energía encargada de producir plantas termoeléctricas.
- Ansaldo Nucleare: De nuevo es otra rama de Ansaldo energía que tiene la completa responsabilidad del negocio de la energía nuclear. [6]

1.3.5. Motores de vehículos eléctricos

El autobús todo-eléctrico Breda Menarinibus Zeus M-200 E, que incorpora un motor eléctrico Ansaldo, ha sido protagonista absoluto de la Feria Internacional del Autobús y el Autocar 2008 en IFEMA.[5]

1.3.6. Ansaldo-STS

Ansaldo STS es una multinacional con sede en Italia asentada en España, y uno de los más grandes proveedores de señalización ferroviaria de alta velocidad en el Mercado español.



5 Figura 1.5: Ansaldo-STS

Ansaldo STS España pertenece al grupo Ansaldo STS cuyo portfolio incluye sistemas íntegros, flexibles y eficientes para señalización y sistemas de control de tráfico en Alta Velocidad, Convencional y Mass Transit (Metros y Tranvías).

El arranque de Ansaldo en España tiene lugar en el año 2000 con la adjudicación del primer gran proyecto en Europa para la aplicación del sistema ERTMS nivel 1 y 2 para la LAV Madrid - Lleida.

Consecuentemente, la compañía gana en el 2005 un importante contrato de mantenimiento por 4 años para la LAV Madrid - Lleida y en 2006, el contrato para la señalización de la nueva línea de Alta Velocidad Figueras – Perpiñán.

Es en 2006 cuando la compañía se convierte en una filial 100% española con el propósito de consolidar la presencia en España y de ofrecer a nuestros clientes un servicio sólido y directo.

En el año 2007, la compañía fue adjudicataria del contrato del Bypass de AV Madrid Atocha.

- **Completo catálogo de productos y servicios**

Ansaldo STS España cubre todo el rango de actividades, desde Mass Transit a señalización de Alta Velocidad o proyectos Llave en Mano, incluso como contratista principal.

El equipo español de Ansaldo STS España está compuesto por un amplio número de ingenieros expertos en las áreas de ERTMS (suelo y abordó), enclavamiento, gestión del tráfico y mantenimiento.

Ansaldo STS España es también un centro de competencia de referencia en ERTMS a nivel de Ansaldo STS global, activamente cooperando en proyectos internacionales tales como el TGVEst París - Estrasburgo.

- **Centro de I+D**

Ansaldo STS España tiene experiencia en el desarrollo de software para controlar e interactuar con el sistema ERTMS y para operar tanto el sistema enclavamiento como el RBC localmente. Los principales sistemas a nivel de software son:

- PCE (Puesto Central de ERTMS)
- PLO-S (Puesto Local de Operación del enclavamiento)
- PLO-R (Puesto Local de Operación para el RBC)

Ansaldo STS España está asimismo involucrada en un nuevo y prometedor proyecto llamado GRAIL para implementar la aplicación de la localización GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) al control del tráfico ferroviario.

- **Las referencias en España son las siguientes:**

- Línea de Alta Velocidad Madrid-Lleida: Enclavamientos electrónicos, ERTMS N1 y N2: 460 kms. Interfaces a nivel de enclavamiento con Thales (Estación de Atocha y Gavilanes), Dimetronic (Lleida Barcelona), Alstom (Zaragoza Huesca), Bombardier (cambiador de ejes de Puigverd).
- Mantenimiento de la línea de Alta Velocidad Madrid – Lleida: Dicho contrato comprende el mantenimiento de los sistemas de señalización, ERTMS, energía, detectores, dependencias y bases técnicas y aire acondicionado.
- Línea de Alta Velocidad Figueras – Perpiñán: Enclavamiento Electrónico, ERTMS Nivel 1 y Nivel 2, línea de 44,5 kms, doble túnel de 8,2 kms, interfaz RFF e interfaz Dimetronic.
- Bypass Madrid Atocha: ERTMS Nivel 1 y Nivel 2, Enclavamiento Electrónico, interfaz de transición ERTMS – LZB en la conexión con la línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla.
- Equipos de a bordo ERTMS: Trenes ATPRD de CAF (41 equipos) y Alstom (16 equipos).

1.4. Conceptos Básicos

1.4.1 ¿Qué es la señalización?

Conjunto de todos los sistemas y soluciones de control ideados e instalados en una red ferroviaria con el fin de:

- Garantizar la seguridad en el movimiento de los trenes (seguridad), esto significa evitar colisiones (alcances – choques), descarrilamientos y dar información restrictiva en caso de incidente.
- Permitir el control del movimiento de los trenes (control).
- Posibilitar la gestión del movimiento de los trenes (operación) que implica mantener informado al conductor, dirigir los trenes de acuerdo con los itinerarios, anunciar la aproximación de trenes, asegurar los cambios de vía y regularizar la marcha.

La señalización asegura la separación entre trenes, lo que se traduce en separación en tiempo y en distancia entre los mismos, también asegura la protección de los itinerarios establecidos evitando de esta manera que se produzca una situación contraria a la seguridad.

1.4.2 La seguridad en el movimiento de los trenes

El movimiento de trenes se basa en dos principios de seguridad fundamentales para la circulación:

- El sistema de señalización debe garantizar el establecimiento seguro de los itinerarios, la separación adecuada entre trenes para evitar colisiones y el mando con seguridad de las autorizaciones de movimiento [1].



6 Figura 1.6: Entrada a estación

Este principio se aplica a todos los ferrocarriles y sistemas de transporte guiados con sistemas de señalización. Independientemente de que sean sistemas automáticos, semiautomáticos o manuales se deberá informar al conductor y al puesto de control por medios visuales o electrónicos del estado de las señales o autorizaciones de movimiento.

- El sistema de señalización deberá continuar garantizando el paso seguro de trenes aún en condiciones degradadas .[1]

Este principio se aplica a todos los ferrocarriles y sistemas de transportes guiados con sistemas de señalización.

El sistema de señalización debe ser capaz de garantizar el movimiento seguro en aquellos casos en que una parte del sistema falle o en los casos en los que un suceso externo o amenaza degradara el sistema de señalización.

1.4.2.1 Funcionamiento degradado

Ante situaciones degradadas tenemos una serie de riesgos que debemos reducir. Para ello, los equipos de seguridad requieren tener alta fiabilidad y disponibilidad.

1.4.2.2 Sistema Fail-Safe

El sistema debe ser seguro ante fallos.

Esta condición no significa que el sistema no pueda ir a situaciones degradadas sino que, ante las situaciones degradadas admisibles, debe reaccionar llevando el sistema a una condición más segura, es decir, debe proporcionar una condición segura para el movimiento de los trenes.

Órdenes de magnitud:

- Riesgos:

A continuación se muestran algunos ejemplos en el que se observa el número de víctimas por kilómetro que se originan en función del medio de transporte que elijan para desplazarse, quedando claro que el tren es un medio completamente seguro:

- Despegue de un avión: 10^{-6} Víctimas/km
- Muertos accidente carretera: 2×10^{-9} Víctimas/km
- Muertos accidente ferroviario: 10^{-11} Víctimas/km

- Tasa de fallo humano:

Las probabilidades de que ocurra un fallo humano son las siguientes:

- Conductor del tren: 10^{-3}
- Gran público: 10^{-2}

- Tasa de fallo de la señalización ferroviaria:

A continuación se muestra la cifra gracias a la cual podemos afirmar que la señalización ferroviaria es completamente segura, ocurriendo una situación contraria a la seguridad cada 100000 años:

- 10^{-9} / horas / equipo (lo que se traduce en una situación contraria a la seguridad cada 100000 años)

1.4.2.3 Estudios de seguridad

- Debemos analizar los posibles riesgos a los que se verá sometida la explotación de la línea, para ello se debe elaborar un análisis de riesgos.
- Análisis de modos de fallos
- Los métodos que debemos analizar son el método deductivo (de lo general a lo particular): peligro \rightarrow causas; y el método inductivo (de lo particular a lo general): causas \rightarrow consecuencias
- El fallo de un componente no se traduce nunca en una información contraria a la seguridad, por ejemplo en caso de fallos en algún relé o en algún circuito de vía. A estos aparatos se les aplica lo que se denomina la seguridad intrínseca, un método de prevención en las peores condiciones.
- Debemos hacer un análisis probabilístico de seguridad, lo que se trata de un método sistemático que permite determinar y analizar los posibles escenarios de secuencias accidentales.
- La seguridad se basa en una estimación de probabilidades de eventos que pueden conducir a situaciones peligrosas.

1.4.2.4 Seguridad funcional y seguridad técnica

- Seguridad funcional es la seguridad en las circulaciones y movimientos de trenes específicos del sistema ferroviario. Por ejemplo la parada ante señal en rojo, la incompatibilidad entre movimientos o itinerarios que pueden implicar riesgos de colisión [1].
- Seguridad técnica es la seguridad de los equipos para realizar las funciones que se les pide de forma segura [1].
-

1.4.3 Elementos fundamentales de un sistema de señalización

A continuación se van a describir los distintos componentes que forman un sistema de señalización.

1.4.3.1 Señales

Las señales son los elementos de la señalización lateral próximos a la vía que proporcionan al maquinista información visual de las particularidades del ferrocarril y

en especial, y de forma muy importante, de las autorizaciones de movimiento, órdenes de marcha, parado o precaución que debe respetar. Constituyen un elemento fundamental para la seguridad de los trenes [2].

Dentro de las señales existen distintos tipos según la posición que ocupen dentro de la estación y su funcionalidad.

1.4.3.1.1 Tipos de señal según su tecnología

- Señal luminosa convencional

Las diferentes administraciones ferroviarias han adoptado diferentes aspectos (colores), aunque siempre se ha utilizado el rojo fijo como señal de parada y el amarillo fijo como indicación de precaución.



7 Figura 1.7: Señal luminosa convencional

- Señal luminosa de diodos LED

Como toda nueva tecnología, tiene tanto ventajas como inconvenientes. La principal ventaja de los diodos led es que cuentan con una vida útil duradera.



8 Figura 1.8: Señal luminosa de diodos led

En cuanto a los inconvenientes relacionados con este tipo de tecnología en las señales, ha habido que volver a definir los valores de intensidad luminosa y distancia de visibilidad de las señales de tipo led. De la misma manera, ha sido necesario volver a definir cuándo una señal de diodos led está fundida, ya que en función del número de diodos que hayan fallado podremos considerar que hay que cambiar la lámpara por otra nueva.

1.4.3.1.2 Tipos de señal según su funcionamiento

A continuación se procede a analizar los distintos tipos de señales que se pueden encontrar en un sistema de señalización ferroviaria.

1.4.3.1.2.1 Señal de avanzada

Esta señal es la primera que se encuentra el tren en su recorrido, ya que puede llevar vinculada otras señales adicionalmente que hagan las funciones de indicadoras de velocidad.



9 Figura 1.9: Señal de avanzada

Puede tomar las siguientes representaciones:

- Verde: Paso directo por la estación.
- Amarillo: Estacionamiento en vía directa.
- Amarillo más indicación numérica: Estacionamiento en vía directa.
- Verde – Amarillo: Paso o estacionamiento por vía desviada.
- Verde – Amarillo más indicación numérica: Paso o estacionamiento por vía desviada con incidencia.
- Rojo: Impedimento de paso.

NOTA: En función del tipo de señalización utilizado en una línea estas representaciones pueden sufrir variación.

1.4.3.1.2.2 Señal de entrada

Estas señales son las que se encuentran a continuación de la señal de avanzada.

Tomará las siguientes representaciones:

- Verde: Paso directo por la estación
- Amarillo: Estacionamiento en vía directa o en vía desviada
- Rojo – Blanco intermitente: Tipo movimiento “rebase autorizado”
- Rojo fijo: Impedimento de paso

NOTA: En función del tipo de señalización utilizado en una línea estas representaciones pueden sufrir variación.

1.4.3.1.2.3 Señal de salida

Esta señal es la señal que se encarga de indicar el tipo de movimiento de salida que debe realizar el tren. Podrá tomar las siguientes representaciones:

- Verde: Salida sin ninguna limitación

- Amarillo: Salida con alguna limitación
- Rojo – Blanco: Tipo movimiento “maniobra”
- Rojo: Impedimento de paso

NOTA: En función del tipo de señalización utilizado en una línea estas representaciones pueden sufrir variación.

1.4.3.2 Agujas

Las agujas se definen como cada uno de los dos carriles móviles que, en los ferrocarriles y tranvías, sirven para que los vehículos vayan por una de las distintas vías que concurren en un punto [3].



10 Figura 1.10: Aguja

Para el control de este elemento se gestionan salidas y entradas digitales. Estas entradas o salidas digitales permitirán controlar el movimiento de la aguja, así como el estado en que se encuentra en todo momento. Las posibles posiciones de la aguja son normal o invertida es decir, sin desviación de la vía o con ésta desviada.

Para la supervisión de su estado se le hacen llegar al enclavamiento la posición de la aguja a través de un detector de fin de carrera. Por ello sabremos si se encuentra en posición normal, invertida o sin comprobación.

Este último estado se produce cuando no se reciben datos de la posición de la aguja o son de tipo contradictorio.

Para la gestión de su movimiento se le puede indicar si se quiere que mueva a normal o invertido indistintamente.

1.4.3.3 Circuitos de vía

Se denomina circuito de vía a cada uno de los tramos en que se divide la vía; estos tramos pueden formar cantones formados por uno o más circuitos de vía.

Su función es permitir conocer la posición de los trenes en cada instante, garantizando de esta forma la separación entre ellos. Esta información se produce de manera discreta, es decir, no se conoce la posición exacta.

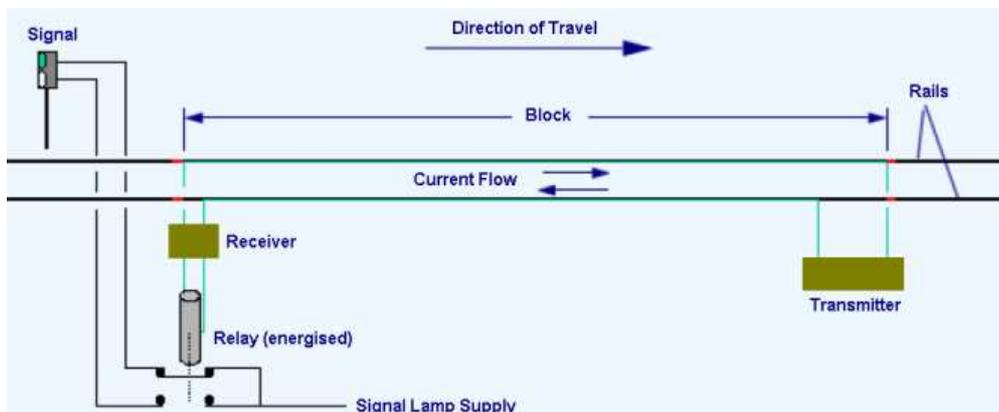
En función del sistema de señalización utilizado, podrá haber un tren por cantón en cada instante o varios. En el caso de que utilicemos un sistema que únicamente permite un tren por cantón, entonces ningún tren podrá entrar en un cantón antes de que el tren precedente lo haya abandonado.

Los carriles son utilizados como conductores eléctricos y unen una fuente de energía eléctrica, situada en un extremo del circuito de vía, con un relé situado en el otro extremo.

El tramo de vía se limita mediante el corte de los carriles e instalando entre ellos unas juntas aislantes. Otra forma de delimitar los tramos es mediante sistemas de audiofrecuencia sin juntas mecánicas. En esta última los carriles no se cortan y cada tramo tendrá una banda de frecuencia distinta.

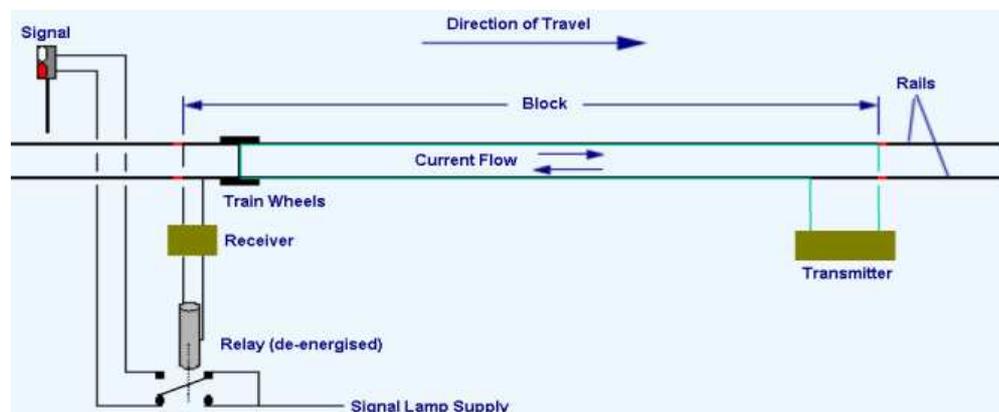
1.4.3.3.1 Principio de funcionamiento de los circuitos de vía

Siempre que no haya circulación en la sección de vía, el relé está excitado y de esta manera queda cerrado el circuito por la corriente de alimentación que circula por los carriles (Figura 1.11).



11 Figura 1.11: Circuito de vía libre

Al entrar una circulación en la sección de vía, las ruedas cortocircuitan la alimentación con sus ejes y el relé deja de estar excitado, quedando abierto su contacto de trabajo (Figura 1.12).



12 Figura 1.12: Circuito de vía ocupado

1.4.3.4 Sistema de señalización en cabina

El funcionamiento de la señalización lateral tiene una serie de limitaciones en el nivel de protección que proporciona al sistema ferroviario.

La información es presentada al maquinista a través de indicaciones luminosas que deben ser captadas y procesadas por él mismo. Esta capacidad de captación depende, no sólo de la atención que el maquinista preste, sino que también de otros factores como las condiciones de visibilidad en cada momento.

Además de estas limitaciones puramente físicas, el alto grado de prestaciones que se le pide al ferrocarril, hacen que las indicaciones luminosas que se tienen que dar al maquinista no se puedan presentar de forma sencilla y en muchos casos son insuficientes o no cubren todos los aspectos de la información que hay que transmitir.

La señalización lateral deja paso a una señalización en cabina que utilizando los mismos principios de ésta, la complementa y parcialmente la sustituye. Envía la información de forma más precisa y más detallada no sólo al maquinista sino también a los equipos embarcados de protección que realizan una supervisión de las funciones de seguridad actuando en caso necesario. [4]

1.4.3.4.1 Balizas

La baliza es un componente encargado de transmitir los datos de una manera segura desde los equipos de vía hasta los equipos embarcados.



13 Figura 1.13: Baliza

Se pueden encontrar algunos tipos de baliza tales como los que se indican a continuación:

- Baliza de pie de señal: Situada entre los dos carriles de una vía, a la altura de una señal.

- Baliza in-fill: Situada aproximadamente a entre unos 200 y 300 metros antes de una señal, o a su distancia equivalente según el gradiente del trayecto.
- Baliza de limitación de velocidad: Situada previamente a señal de avanzada.

1.4.3.4.2 Balizas ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático)

Se trata de un equipo fijo de vía que transmite señales de situación ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático).

El sistema ASFA es un sistema de protección no considerado “fail-safe”, si no “safe related”, basado en el envío de información hacia el equipo de a bordo por medio de unas balizas situadas en vía. No es “fail-safe” dado que la pérdida de una baliza no origina ninguna acción por parte del equipo de a bordo, entre otras cosas. Sin embargo, es lo suficientemente seguro para supervisar al conductor. A éste le sirve como recordatorio de las condiciones de señalización y le obliga a responder a los aspectos restrictivos. [7]

Son dispositivos estáticos y pasivos, que envían la información del aspecto de la señal al paso del tren. La baliza no necesita alimentación para transmitir los datos al tren (de hecho, es la antena del tren la que proporciona la energía en forma de radiación electromagnética).

Sí necesita información eléctrica para que seleccione el código que debe enviar al tren. La baliza consiste básicamente en un circuito eléctrico resonante LC (bobina condensador). Es posible seleccionar 5 frecuencias por medio de la información que se procesa desde la señal.

El sistema de captación, que consiste básicamente en un oscilador que conectado al captador, oscila a una frecuencia denominada FP (Frecuencia Permanente). Cuando el captador pasa sobre una baliza, el oscilador pierde la frecuencia permanente y pasa a oscilar a la frecuencia de resonancia del circuito de la baliza, con la que sintoniza mediante acoplamiento inductivo, recibiendo la información del aspecto de la señal asociada a ésta.

El ASFA recoge el aspecto de las señales directamente de los circuitos eléctricos de encendido, y los transforma en las frecuencias que se corresponden con los aspectos de señales a presentar.

Presenta una supervisión simple de la velocidad máxima en función del telegrama recibido, aunque no dispone de ningún método para localizar a la circulación dentro de la vía.

Se trata de un sistema de transmisión puntual y control de velocidad puntual y continuo.

La baliza se instala en la vía desplazada respecto del eje, lo que hace que sólo sea posible leer la baliza cuando el tren circula en el sentido de la señal que anuncia la baliza. La baliza ASFA puede encontrarse situada tanto a la altura de una señal (baliza

de señal) o bien situada a una distancia entre 200 y 300 metros antes de la señal (baliza infill).

1.4.3.4.3 Sistemas automáticos de protección del tren (ATP – Automatic Train Protection)

Los sistemas automáticos de protección del tren (ATP) supervisan la velocidad de forma continua y proporcionan al conductor información del punto de parada y de la velocidad máxima que debe llevar. En caso de sobrepasarla aplicará los frenos de servicio o los de emergencia.

El sistema ATP es necesario debido a que evita que el frenado del tren, ante una señal restrictiva, sea responsabilidad exclusivamente del maquinista. Este sistema tiene la capacidad de aplicar el freno de emergencia si el maquinista no reacciona siguiendo las curvas de frenado que marca el ATP.

A diferencia con el sistema ASFA, la baliza del ATP envía más información al tren al pasar éste por encima de la misma. Entre dichas informaciones destacan el aspecto de la señal, la posición de las agujas, las próximas curvas por las que circulará el tren, los gradientes de la vía y las limitaciones de velocidad. Todos estos datos aparecen reflejados en la pantalla del maquinista y le indican la velocidad objetivo, la distancia objetivo y la distancia de parada para que actúen los mandos en consecuencia.

1.4.3.4.3.1 ERTMS (European Railway Traffic Management System) / ETCS (European Train Control System)

Entre los sistemas ATP, uno de los más destacados es el sistema ERTMS que va a ser tratado a continuación.

El ERTMS es el sistema común, actualmente en desarrollo, para la gestión del tráfico de las líneas de ferrocarril transeuropeas.

La Unión Europea apoya el desarrollo e implantación de ERTMS con el objetivo de aumentar la interoperabilidad del transporte ferroviario, lo que es dificultado en Europa por la existencia de:

- 4 anchos de vías principales,
- 5 sistemas de electrificación, y además
- 20 sistemas de señalización y control de tráfico.

ERTMS debe contribuir a resolver el último aspecto logrando un sistema común de gestión de tráfico con señalización en cabina. Las especificaciones de ERTMS son fijadas por la UNISIG (Union Industry of Signaling) y controladas por la European Railway Agency (ERA), de reciente creación en acuerdo con la UIC (Union Internationale des Chemins de Fer).

Los objetivos principales de ERTMS son:

- Mejorar decisivamente la interoperabilidad del material rodante definiendo un estándar técnico de señalización y seguridad que permita superar las diferencias entre los distintos países de Europa.
- Aumento de capacidad de las líneas reduciendo el intervalo entre trenes.
- Aumentar los niveles de seguridad.
- Reducir los costos al disminuir las instalaciones fijas y al pasar de sistemas propietarios a otro abierto y competitivo terminando de esta manera con mercados monopolizados por países y compañías.

El desarrollo ha sido y sigue siendo difícil y ha acumulado múltiples retrasos. Es llevado a cabo por 6 compañías miembros de UNISIG: Alstom Transport, Ansaldo STS, Bombardier Transportation, Invensys Rail Group, Siemens TS y Thales y el desarrollo y pruebas en líneas piloto cuenta con subvenciones de la Comunidad Europea.

Los países pioneros en la aplicación de ERTMS son España, Suiza y Holanda.

Estas compañías vieron en el desarrollo de ERTMS una oportunidad y decidieron la implantación de ERTMS en sus nuevas líneas de Alta Velocidad y en otras líneas.

ERTMS está constituido actualmente por dos componentes: ETCS (European Train Control System o Sistema Europeo de Control de Trenes) y GSM-R (Global System for Mobile communication – Railway o Sistema Global para Comunicaciones Móviles en trenes).

ETCS realiza las funciones de control de los trenes y se han previsto tres niveles. En ETCS un ordenador de a bordo compara la velocidad del tren transmitida desde la vía con la velocidad máxima permitida, y reduce la marcha si ésta es excedida.



14 Figura 1.14: Baliza ETCS Nivel 1

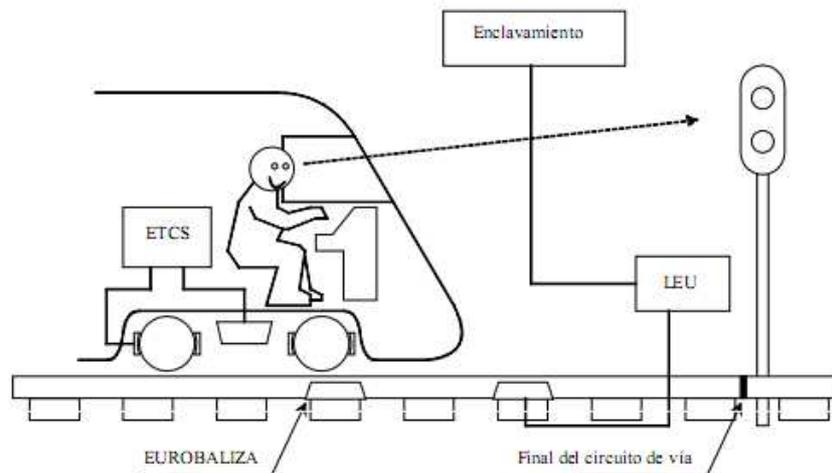
En función del canal de transmisión, existen tres niveles de protección automática:

1.4.3.4.3.1.1 ERTMS Nivel 1

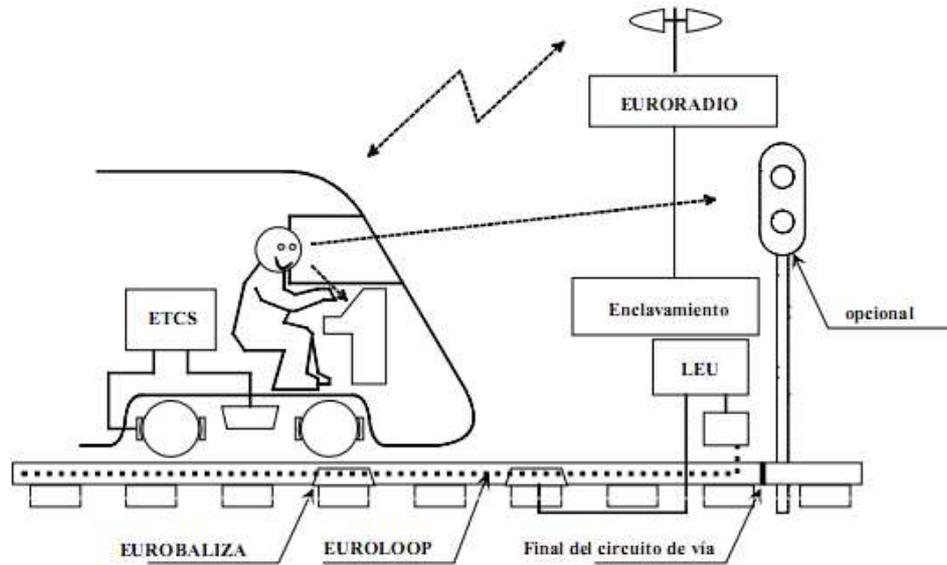
El ERTMS N1 es un sistema de protección de tren de transmisión puntual y supervisión continua. El sistema se basa en los siguientes constituyentes:

- Existe un enclavamiento que asigna y supervisa las rutas que se establecen desde el puesto de operación. La detección de trenes está garantizada por los circuitos de vía.
- La información de supervisión de ruta se recibe a través de las LEUs (Lineside Electronic Units), que se encargan de recoger del enclavamiento o de la señalización lateral la información necesaria para poder generar los telegramas hacia el tren.
- La LEU envía la información a la Eurobaliza.
- La Eurobaliza envía la información al equipo de a bordo Eurocab.
- El cantonamiento utilizado es fijo, con puntos de parada en posiciones fijas de la vía.

Este nivel aprovecha los equipos de la señalización lateral, añadiendo la protección suplementaria. Es siempre necesaria la existencia de la señalización lateral, para indicar al maquinista cuando debe reanudar la marcha, aunque existen medios electrónicos de informar al maquinista de este hecho, y liberar la restricción antes de pasar por la baliza: el Euroloop y el Euroradio in-fill, que son dos sistemas de corto alcance que informan al maquinista de cuándo debe reiniciar la marcha (sistemas in-fill).



15 Figura 1.15: ERTMS Nivel 1, sin in-fill

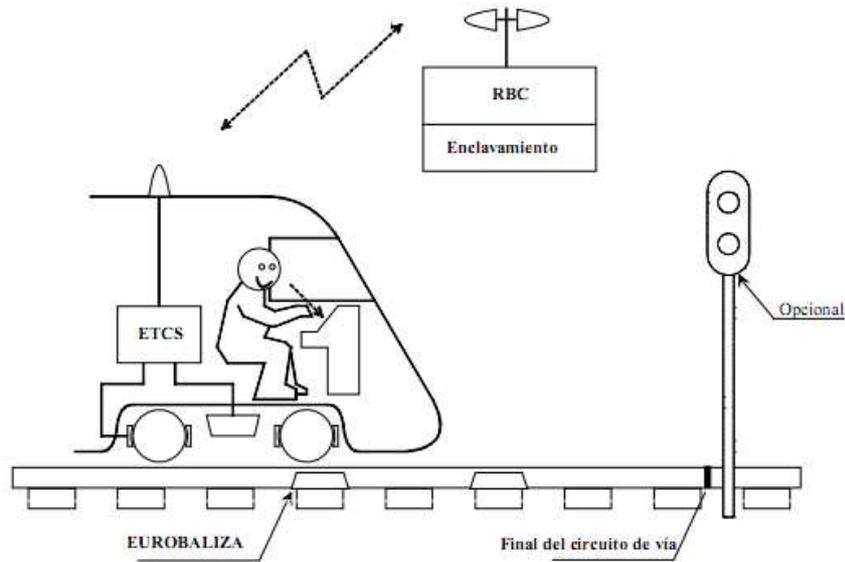


16 Figura 1.16: ERTMS Nivel 1, con in-fill

1.4.3.4.3.1.2 ERTMS Nivel 2

El ERTMS N2 es un sistema de protección de tren de transmisión continua y supervisión continua. El sistema se basa en los siguientes constituyentes:

- Existe un enclavamiento que asigna y supervisa las rutas que se establecen desde el puesto de operación. La detección de trenes está garantizada por los circuitos de vía, (y contadores de ejes, en caso de más débil tráfico).
- El enclavamiento envía la información de las rutas al RBC, quien prepara las autorizaciones de movimiento, junto con otras informaciones propias del sistema ERTMS, como son las limitaciones temporales de velocidad, aviso de trabajos, alertas de emergencia, etc.
- El RBC utiliza el canal de comunicación GSM-R / EURORADIO.
- El EURORADIO envía la información al equipo de a bordo del tren.
- Se utilizan las EUROBALIZAs para localizarse el tren.
- El tren le devuelve la posición al RBC.
- El cantonamiento utilizado es fijo, con puntos de parada en posiciones fijas de la vía.

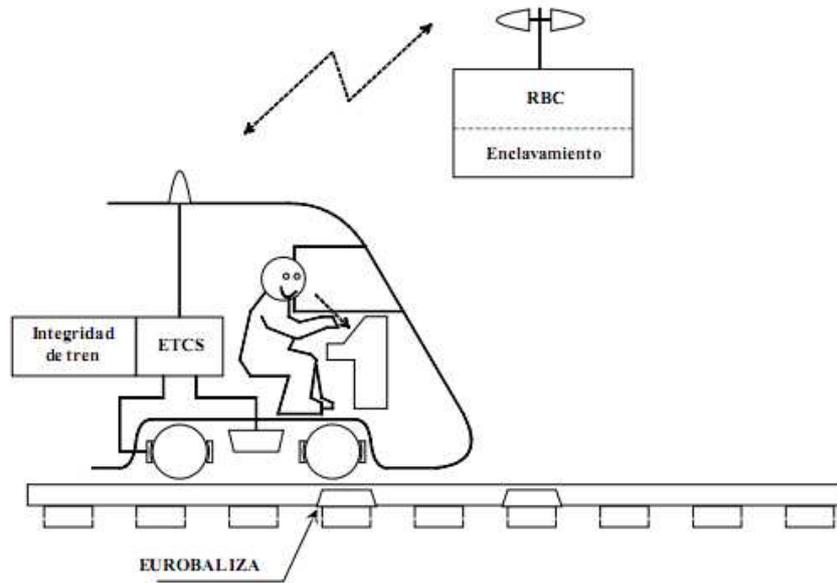


17 Figura 1.17: ERTMS Nivel 2

1.4.3.4.3.1.3 ERTMS Nivel 3

El ERTMS N3 es un sistema de protección de tren de transmisión continua y supervisión continua. El sistema se basa en los siguientes constituyentes:

- Existe un enclavamiento (o una función de enclavamiento situada en el propio RBC) que asigna y supervisa las rutas que se establecen desde el puesto de operación. No existe ningún método de detección de trenes en vía activo: el propio tren va a localizarse al pasar por ciertos puntos.
- Los trenes poseen un sistema que chequea la integridad del tren.
- Se utilizan las EUROBALIZAs para localizarse el tren.
- El tren le envía la posición al RBC por medio del EURORADIO.
- El enclavamiento envía la información de las rutas al RBC, quien prepara las autorizaciones de movimiento, junto con otras informaciones propias del sistema ERTMS, como son las limitaciones temporales de velocidad, aviso de trabajos, alertas de emergencia, etc.
- El RBC utiliza el canal de comunicación EURORADIO.
- El EURORADIO envía la información de autorización de movimiento al equipo de a bordo del tren.
- El cantonamiento utilizado es móvil, lo que significa que el punto de parada lo delimita la siguiente circulación.

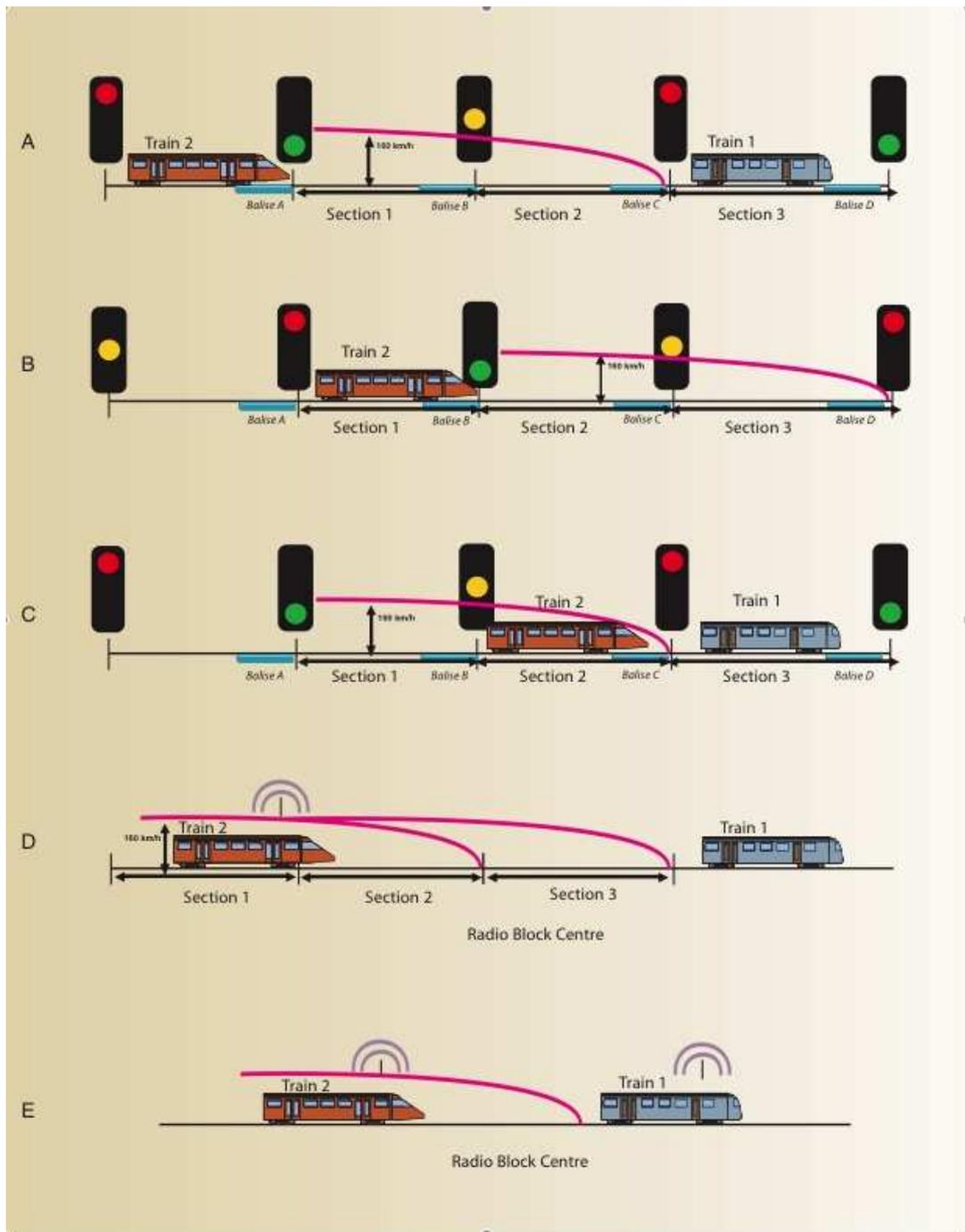


18 Figura 1.18: ERTMS Nivel 3

GSM-R se encarga de la transmisión de voz y datos entre el tren y las instalaciones fijas. Está basado en el estándar GSM, funcionando en otras frecuencias y con funciones avanzadas.

Los niveles 1 y 2 ya se encuentran en operación comercial. El nivel 3, el de máxima capacidad debido a que permite cantones móviles, no existe aún y el objetivo es que sea operativo hacia 2020.

Con la figura 1.19 se intentarán explicar los distintos niveles de ETCS:



19 Figura 1.19: Niveles de ETCS

- Nivel 1.

A) Las informaciones se transmiten mediante Eurobalizas que se encuentran situadas a lo largo de la vía y conectadas a la señalización existente.

En principio, cada señal tiene su propia baliza. El tren 2, pasa sobre la baliza A junto a la señal “verde” y recibe la autorización de circular hasta el final de la sección 2. Esta autorización le permite en principio circular a la velocidad máxima de la línea (160

km/h en el ejemplo que estamos utilizando) hasta la baliza B que se encuentra en la señal siguiente.

Si no recibe otra información, después de haber pasado la baliza B, el tren debería frenar para parar antes de la señal de la baliza C.

B) En situación “normal” cuando el tren 2 pasa sobre la baliza B, el tren 1 habrá liberado la sección 3. El tren 2 recibirá una nueva autorización para circular, esta vez hasta la señal correspondiente a la baliza D. El tren podrá seguir circulando a la velocidad máxima de la línea, en nuestro caso a 160 km/h.

C) Sin embargo, si por alguna razón, el tren 1 no hubiera liberado la sección 3, la baliza B confirma la prohibición de cruzar la señal que se encuentra en la baliza C, lo que implicará que el tren deberá circular a velocidad cada vez más reducida hasta detenerse en la baliza C. El conductor no cruzará la baliza C hasta que la señal pase a ámbar o a verde.

- **Nivel 2.**

D) Todas esas informaciones puede ser transmitidas por radio (GSM-R) sin necesidad de señales laterales lo que permite ahorros sustanciales en inversión y en mantenimiento.

La detección de la posición de los trenes sigue efectuándose en el suelo (mediante circuitos de vía o contadores de ejes por ejemplo) pero el tren con ETCS puede recibir por radio una nueva autorización de movimiento en todo momento. Mientras que en nivel 1, la información de que el cantón está liberado sólo podía ser recibida al final de la sección 2, obligando así el tren a circular a baja velocidad, con el nivel 2 la información es disponible inmediatamente, lo que contribuye a hacer el tráfico más fluido.

- **Nivel 3.**

E) Con el nivel 3, los trenes podrán enviar ellos mismos su posición exacta, lo que permitirá crear cantones móviles y optimizar la capacidad de las líneas y reducir las instalaciones fijas y, al mismo tiempo, reducir de forma importante los costos de inversión y mantenimiento.

- Intervalos de paso

La diferencia principal entre niveles de ETCS no es por su velocidad máxima, sino por la capacidad que permiten.

El nivel 1 es "para líneas de moderada densidad de tráfico". Por ejemplo, en las especificaciones de la licitación del sistema de seguridad y señalización de la LAV entre Madrid y Lleida se indica lo siguiente:

- ETCS nivel 1: 300 km/h y 5' 30 de intervalo entre trenes
- ETCS nivel 2: 350 km/h y 2' 30 de intervalo
- ASFA: 200 km/h y 8' de intervalo.

- Otros ejemplos:
 - ETCS nivel 2: 200 km/h y 2' 00 de intervalo en la línea Mattstetten–Rothrist (tramo de 45 km entre Berna y Zurich).
 - ETCS nivel 2: 250 km/h y 3' 00 de intervalo en el del Túnel de base del Lötschberg, intervalos de 3 minutos.

- España el país con más km de líneas con ERTMS

España es el país con más km de línea con ERTMS (Longitud total: 1298.3 km. ERTMS LAVs: 1048.3 km ERTMS ancho convencional: 150 km).

El próximo hito es la entrada en servicio comercial del nivel 2 de ETCS que debe permitir velocidades de hasta 350 km/h y sobretodo aumentar las frecuencias de paso.

1.4.3.4.4 Sistema de ATC (Control Automático del Tren) LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung)

El LZB es el sistema alemán de transmisión continua de información y señalización desde la vía al tren.

Este sistema ATC (Control Automático del Tren o Automatic Train Control System) tiene como estados miembros responsables a Austria, Alemania y España, y está instalado en todas las líneas de Alemania que superan los 160 Km/h, que constituyen buena parte de las líneas consideradas a efectos de interoperabilidad, así como en líneas de Austria y España, como por ejemplo en la línea Madrid – Sevilla.

Además puede instalarse como un sistema superpuesto a la señalización convencional.

Consta de una parte en tierra, con adaptación a los sistemas de enclavamiento y transmisiones de datos respectivos, proceso de datos en el centro LZB, transmisión de datos en comunicaciones con otros centros LZB y sistemas de transmisión de datos en comunicaciones con trenes.

La transmisión de datos entre tierra y el tren se realiza por medio de un lazo de cable inductivo en tierra y antenas de ferrita a bordo.

Es un sistema que realiza una supervisión continua teniendo en cuenta la velocidad máxima de la línea, la velocidad máxima del tren, los puntos de detección, la dirección del movimiento y el perfil de velocidad dinámico.

1.4.3.4.5 Sistema Automático de Operación del tren (ATO – Automatic Train Operation)

Se encarga de controlar automáticamente la petición del esfuerzo de tracción o frenado del tren con objeto de regular su velocidad por debajo del límite fijado por el ATP.

Su cometido fundamental es facilitar la tarea del conductor (o incluso para operar sin conductor). En muchos sistemas permite además escoger diferentes estrategias de marcha para, por ejemplo, reducir al mínimo el tiempo de trayecto o bien reducir el consumo de energía.

1.4.3.4.6 Sistema de control de trenes basado en comunicaciones (CBTC - Communication Based Train control)

El sistema CBTC es el resultado de la evolución tecnológica de los sistemas de control ferroviarios fundamentada sobre la amplia difusión de las telecomunicaciones y la electrónica embarcada. Este sistema será el que se tendrá en cuenta para la realización del presente proyecto.

Los sistemas tradicionales de control se han basado históricamente en la detección de la presencia de un tren en una sección discreta de la vía (denominada cantón ferroviario). Cada cantón es protegido por señales que impiden la entrada de otros trenes cuando el cantón se encuentra “ocupado” por otro tren. Dado que cada cantón es fijo una vez construida la infraestructura estos sistemas se conocen como sistemas de cantón fijo o bloqueo fijo.

En los sistemas CBTC, por el contrario, son los trenes circulantes los que comunican a los equipos de vía su estado (posición, velocidad, sentido de marcha, distancia de frenado, etc.) lo que permite calcular la zona potencialmente ocupada por el tren durante su marcha. Con esta información, los equipos de vía pueden calcular los puntos que no deben ser sobrepasados por otros trenes que circulen por la misma vía y se los transmite para que ajusten su velocidad y circulen con total seguridad. Con un símil automovilístico, los trenes reciben constantemente información de su distancia respecto al tren precedente y pueden ajustar su distancia de seguridad en consecuencia.

Como en los sistemas CBTC la zona protegida en torno a cada tren no está definida de forma estática por la infraestructura, estos sistemas son conocidos como sistemas de cantón móvil o bloqueo móvil.

Este sistema, que se normalizó por primera vez en USA mediante la norma IEEE 1474, se emplea fundamentalmente en líneas de metro o cercanías. Su equivalente en largo recorrido sería el Nivel 3 de la normativa ERTMS que no ha sido aún llevado a la práctica.

Por sus características, los sistemas CBTC permiten optimizar el uso de la infraestructura ferroviaria y alcanzar la máxima capacidad de transporte y el mínimo intervalo posible entre trenes compatible con una operación segura. Aunque su empleo es muy habitual en nuevas líneas de metro de alta demanda, es cada vez más frecuente que los operadores consideren su implementación en líneas ya existentes con objeto de mejorar su capacidad de transporte.

Siendo un sistema basado en la comunicación bidireccional de datos entre los trenes y los equipos de vía, los sistemas CBTC integran normalmente una red de radio digital mediante antenas o cable radiante, siendo habitual el uso de la banda libre de 2,4 GHz (la misma empleada por los sistemas WiFi).

En España, Metro de Madrid ha sido una de las administraciones pioneras en la implantación de un sistema CBTC en sus líneas 1 y 6 con el objetivo de aumentar la capacidad de transporte. Este proyecto ha sido de gran relevancia por ser una de las primeras ocasiones en el mundo en que un sistema de estas características ha sido instalado sobre líneas ya en operación y sin ninguna interrupción del servicio comercial.

1.4.3.5 El enclavamiento

La labor de aseguramiento de paso del tren se realiza en el enclavamiento. Esta labor consiste en una serie de puntos básicos, que se describen en los siguientes capítulos.

1.4.3.5.1 Comprobar que es posible el paso de tren: exploración de ruta

Se comprueba que, en la zona por donde se pretende hacer pasar la circulación:

- No hay circulaciones para las que se haya asegurado anteriormente el paso por parte, o por toda la zona que se comprueba. Esto implica que cualquiera de los desvíos de la zona a asegurar no están anteriormente asegurados en la posición contraria a la que se requiere y que no hay ninguna circulación prevista en sentido contrario por la misma zona. [8]
- No existen protecciones automáticas previstas por causa de trabajos.[8]

1.4.3.5.2 Asegurar la zona explorada con respecto a otras circulaciones/trabajos en vía: Ruta memorizada

Una vez que el enclavamiento ha comprobado que se puede dejar pasar la circulación por una cierta zona, va a memorizar esta autorización, de tal manera que futuras peticiones de paso para otras circulaciones, trabajos en vía o el movimiento individual de los elementos que conforman la zona asegurada por la misma zona serán rechazados por el enclavamiento. [8]

1.4.3.5.3 Movimiento de los aparatos a las posiciones requeridas

Inmediatamente después de establecer esta zona asegurada, los aparatos, como desvíos o calces, que deban tener unas posiciones predeterminadas para asegurar el paso de la circulación, iniciarán su movimiento hacia estas posiciones, si nada se lo impide.

Una vez que los aparatos han llegado a la posición requerida, se enclavan, lo que quiere decir que el enclavamiento no permitirá el movimiento de estos aparatos hasta que la zona deje de estar asegurada para la circulación (por el paso de ésta, o por la anulación de esta zona a petición del operador).

1.4.3.5.4 Supervisión de los elementos de la zona asegurada

La supervisión de la zona es el chequeo continuo de las condiciones necesarias para poder dar una autorización de movimiento al tren. Estas condiciones son, sin ser exhaustivos:

- La zona está memorizada y enclavada.
- Los aparatos comprueban en posición.
- Los sistemas de detección presentan un estado de no ocupación en la zona asegurada.
- Los detectores de situaciones peligrosas en vía no detectan ninguna de estas situaciones peligrosas en la zona asegurada.

Cumpléndose estas condiciones, el tren está en condiciones de recibir una autorización de movimiento por la zona asegurada.

1.4.3.5.5 El concepto de ruta

Hasta este momento, se ha estado hablando de manera muy general de zona asegurada, pero es necesario especificar un poco más esta zona asegurada. Generalmente la circulación de trenes se regula con el concepto de ruta. Se trata de:

- Una zona asegurada.
- El recorrido de la circulación por la ruta comienza en una señal (sea luminosa, o un cartel que indica el inicio de la ruta).
- Termina en otra señal, o en una topera, final de vía, etc.
- La ruta lleva asociado el sentido de circulación desde la señal de inicio hasta el final.
- La ruta suele asegurar una zona por delante del final de ésta, que se denomina deslizamiento.
- Esta zona se considera una zona que la circulación no debe rebasar, pero que podría hacerlo en función de las limitaciones que posea el sistema de protección de la circulación para evitar ese rebase. [8]

1.4.3.6 Sistemas de telemando y control de tráfico centralizado (CTC)

La creación del control de tráfico centralizado (CTC) surge de la necesidad de agrupar en un puesto de telemando los enclavamientos y bloqueos de una línea o zona. El CTC es parte integrante del sistema de telemando y control.



20 Figura 1.20: CTC

Desde el CTC se mandan los itinerarios, se regula el tráfico y se resuelven todos los posibles conflictos operacionales de la circulación de los trenes.

Además el CTC genera valiosa información para los viajeros, como horas de llegada o posibles desviaciones de los horarios.

El CTC envía las órdenes a los enclavamientos, responsables de la seguridad, y recibe de ellos la confirmación de estas órdenes, así como la información referente a la situación de los trenes y al estado de la vía.



2 CBTC (Communication Based Train Control – Control de Trenes Basado en Comunicaciones)

El sistema de Control de Trenes Basado en Comunicaciones (CBTC, en inglés Communication Based Train Control), líder indiscutible de la nueva era en materia de control de tránsito ferroviario, conlleva un aumento considerable de la flexibilidad, una disminución de los costes de mantenimiento y una mejora de la interoperabilidad.

A continuación se procede al desarrollo de la explicación del sistema CBTC, tecnología empleada por el metro “driverless” utilizado para la simulación de la línea 1 de metro de Ho Chi Minh.

2.1 Introducción

2.1.1 Tendencias del transporte masivo

De acuerdo con estudios recientes, la población de las áreas urbanas está creciendo hasta límites sin precedentes.

Una de las consecuencias relativas a estos hechos es el incremento en la congestión del transporte rodado en áreas urbanas, lo que se traduce en un descenso de la calidad del aire y que por lo tanto implica un aumento de la contaminación medioambiental.

Esto requiere una búsqueda de soluciones capaces de proporcionar una serie de transportes eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Los operadores de transporte colectivo pueden tratar de hacer frente a la cuestión de la mejora de los servicios mediante la realización de diferentes tipos de acciones tales como el aumento de la capacidad de transporte, la creación de nuevas líneas o el aumento de la eficiencia del servicio en términos de tiempo de espera y puntualidad.

El aumento de la capacidad de transporte implica que se transporten más pasajeros sin cambios (o algunos) en la infraestructura de la línea. Se requiere la construcción de nuevas líneas para ampliar el servicio en relación con la expansión de las zonas urbanas.

La reducción del tiempo de espera y la mejora de la puntualidad son dos factores atractivos que conducen a la mejora del servicio.

2.1.2 Tendencias de la tecnología

En los últimos años, la tecnología de señalización ferroviaria ha explotado el uso generalizado de los ordenadores y los sistemas de comunicación para crear sistemas innovadores.

Dos factores han llevado a esta evolución: el esfuerzo que han puesto los operadores en reducir los costes y la disponibilidad en el mercado de equipos electrónicos baratos, pero a su vez fiables.

El esfuerzo por reducir los costes de mantenimiento y los costes de operación de equipos de señalización ha promovido la aplicación de sistemas de señalización que requiere una cantidad limitada de dispositivos de campo, sobre todo los instalados a lo largo de la línea.

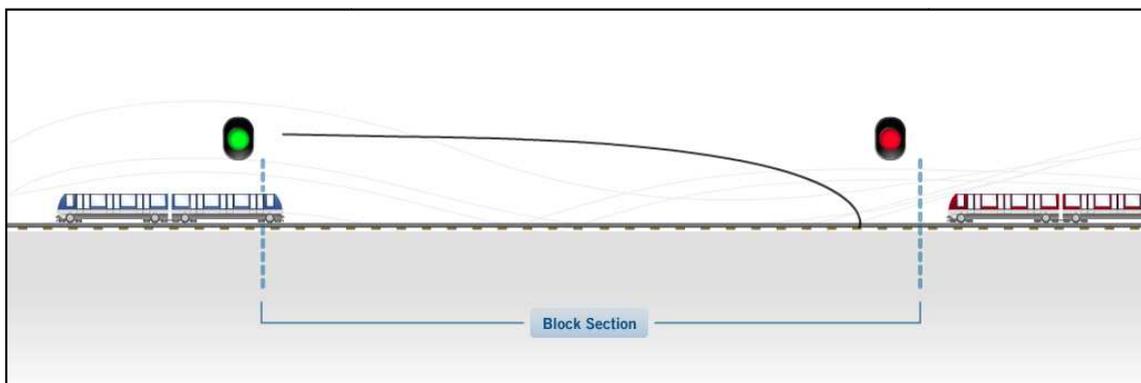
La disponibilidad de equipos basados en tecnologías de comunicación ha hecho posible la implementación de sistemas en los que las funciones de supervisión se distribuyen en varios subsistemas.

Dos ejemplos de esta evolución son el CBTC y ERTMS / ETCS, donde la vía envía a los equipos de a bordo toda la información sobre distancias y velocidades permitidas, mientras que el equipo de a bordo debe supervisar el movimiento del tren de acuerdo a las características del material rodante.

El CBTC (Sistema Basado en Comunicaciones) es un sistema de control de trenes diseñado para sistemas de transporte masivo definido por las normas IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

2.2 Distancia de frenado

Los sistemas convencionales de separación de trenes se basan en la operación de cantón fijo.



21 Figura 2.1: Curva de frenado

En la operación de cantón fijo, la línea se divide en secciones de acuerdo al sistema de detección de trenes utilizado. Una sección es una parte de la infraestructura donde el sistema de detección de trenes es capaz de determinar si hay un vehículo o no. A un tren se le permite entrar en una sección solamente si el sistema garantiza la detección de que no está ya ocupado por otro vehículo.

La restricción básica para la longitud de los cantones de la sección se define con la distancia de frenado de los trenes: al entrar en una sección, los trenes deben ser capaces de parar si la sección siguiente está ocupada por otro tren.

2.3 Capacidad de la línea

La capacidad de la línea es el máximo número de trenes que se pueden mover en cada dirección en un tramo determinado de la vía en un período de tiempo determinado. Suponiendo que sólo a un tren se le permite moverse en cada sección y que deben ser capaces de parar en la sección, el número máximo de trenes que pueden circular al mismo tiempo entre dos estaciones adyacentes es igual al número de cantones entre estas dos estaciones.

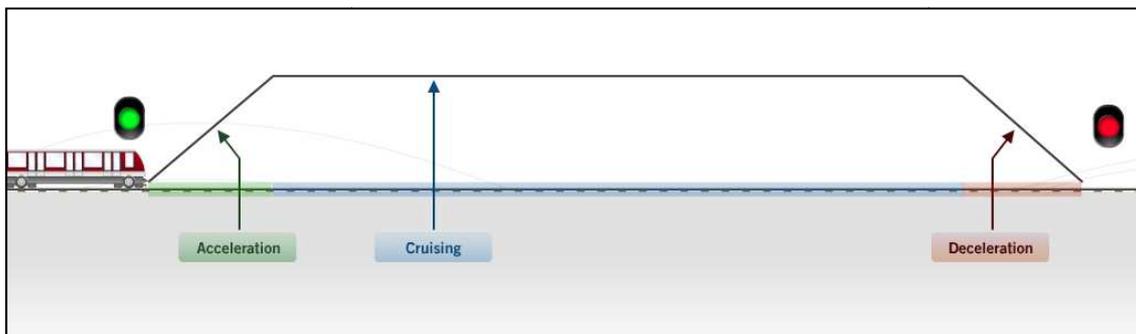
La definición de la longitud de los cantones tiene que equilibrar la capacidad de la línea y las restricciones de seguridad de la circulación de trenes.

El enfoque convencional es eficaz en la prestación de protección del tren, pero no es particularmente eficaz en la maximización de la utilización de la infraestructura de transporte ferroviario. La ubicación de los trenes sólo se puede determinar mediante la resolución de los circuitos de vía, si cualquier parte de un circuito de vía está ocupada por un tren, el circuito de vía en su conjunto deberá asumir que está ocupado por el tren.

Los circuitos de vía se pueden hacer más cortos, pero cada circuito de vía adicional requiere hardware adicional, así que hay un límite económico y práctico para el número de circuitos de vía que se puede proporcionar.

De las consideraciones anteriores, es evidente que la capacidad de la línea tiene sus límites intrínsecos derivados de la operación de cantón fijo.

2.4 Movimiento del tren



22 Figura 2.2: Fases de movimiento del tren

A continuación se muestra una figura con las fases de movimiento del tren en un trayecto de una señal hasta otra:

La circulación de trenes desde el inicio hasta la parada se puede dividir en las tres fases que se enumeran a continuación:

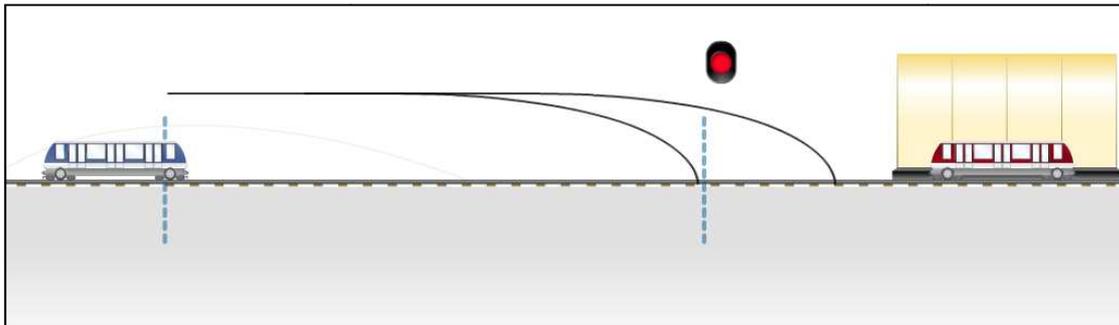
- Aceleración, en la que el tren pasa de estar parado hasta alcanzar una velocidad determinada o la velocidad máxima permitida en ese momento.
- Mantenimiento (Cruising) en la que el tren una vez alcanzada la velocidad objetivo mantiene esta velocidad hasta un momento en que tenga que volver a acelerar o frenar.
- Desaceleración, en la que el tren pasa de llevar una velocidad determinada a otra velocidad menor o incluso hasta llegar a la posición de parado.

Durante la fase de mantenimiento, se produce un consumo mínimo de energía. Maximizar la duración de cruceo es importante para el ahorro de energía, pero también afecta a la eficiencia del servicio.

La reducción de frenadas innecesarias y el mantenimiento de la distancia mínima de seguridad entre los trenes son las dos acciones que dan los mejores resultados en el aumento de capacidad de la línea.

Las características dinámicas del material rodante proporcionan un margen limitado, ya que aumentar la velocidad provoca un aumento de la tensión a la infraestructura y el consumo de energía y, además, la aceleración tiene que limitarse a garantizar la seguridad a los pasajeros de pie (por encima de 1.2 m/s^2 aumenta el riesgo de caída de manera significativa).

2.5 Mejora en el uso del espacio



23 Figura 2.3: Mejora de los espacios

Mediante la señalización se produce una mejora de los usos del espacio en el recorrido de los itinerarios:

Cuando un tren circula y la siguiente sección de la vía está ocupada, el tren tiene que desacelerar para frenar al final de la actual sección, ya que se encontrará la señal cerrada.

Cuando un tren se aproxima al final de una sección, y la siguiente está ocupada por otro tren, se le asegura una distancia de seguridad más allá del final de su sección antes de llegar a la parte trasera del tren que le precede.

Esto podría permitir que el segundo tren llegara al punto de parada cuando el primero lo ha abandonado o lo está abandonando.

Esta situación es típica de las paradas en los andenes en el sistema de transporte masivo, donde las estaciones están cercanas y los trenes circulan en pequeños intervalos de separación.

En cantón fijo, el espacio más allá del final de la sección no se puede utilizar, porque pertenece a otra sección, la cual está ocupada. La explotación de estos márgenes de espacio puede aumentar la capacidad de la línea.

En circulación, existe una distancia de seguridad que se mantiene entre un tren y otro. Se trata de una distancia fija entre el punto de detención del tren que circula en segundo lugar y la posición de la parte trasera del tren precedente.

Esta distancia se selecciona para mantener una separación segura, entre ambos trenes, en las condiciones del peor caso posible.

Con todo, se permite reducir al mínimo el efecto de las incertidumbres en la medición del espacio y velocidad, así como los posibles retrasos en el efecto de frenado.

2.6 Operación con cantón móvil

La operación mediante cantón móvil pretende aprovechar el espacio disponible entre los trenes, independientemente de los circuitos de vía.

Cada tren utiliza como referencia de lugar de parada la parte trasera del tren que circula por delante aumentando así la capacidad de la línea, lo que es gestionado por el cantón móvil.

El cantón virtual divide los circuitos de vía en secciones más pequeñas (secciones virtuales) a través de la información recibida por los equipos de a bordo de la ubicación del tren.

Tanto el cantón virtual como el cantón móvil permiten avanzar más, ya que la distancia entre los trenes ya no es un valor fijo, sino que se calcula de forma dinámica, teniendo en cuenta la velocidad real del tren y las características de frenado del material rodante.

2.7 Señalización convencional

En la señalización convencional, el conductor recibe la información sobre el espacio libre disponible a partir de las señales.



24 Figura 2.4: Señalización convencional

La distancia entre las señales tiene un valor mínimo; se pueden proporcionar instrucciones adicionales que especifiquen la distancia actual al siguiente punto de parada.

La información sobre la velocidad permitida se proporciona por medio de instrucciones y / o paneles indicadores a lo largo de la línea.

El uso de códigos de velocidad mejora la circulación de trenes, pero la cantidad de información que se puede transmitir con estos sistemas está limitada por el aumento de la complejidad de los equipos a instalar.

La supervisión del movimiento del tren depende fuertemente de la habilidad y la experiencia del conductor, por lo tanto la optimización de las actuaciones está sujeta a la variabilidad del comportamiento de los operadores.

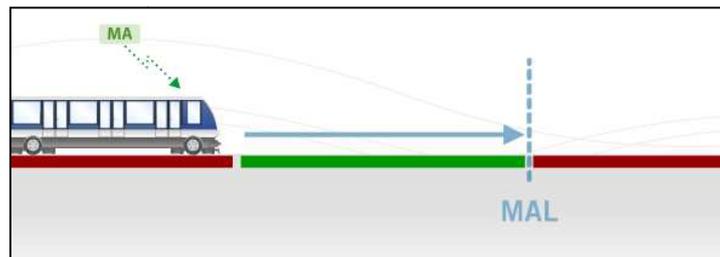
Si ninguna medida técnica es proporcionada, la seguridad de la operación está expuesta a los errores humanos.

El primer objetivo del sistema de señalización tradicional es mantener la separación de trenes usando señales situadas a lo largo de la vía, paradas de tren, y conductores que vigilen para que ningún tren entre en una sección ocupada por otro tren.

El primer objetivo de un sistema basado en la tecnología CBTC es proporcionar mayor capacidad y reducir la distancia de separación entre los trenes a través de la autorización de movimiento mientras se mantiene la seguridad del sistema. El principio del sistema es "la distancia a recorrer."

La autorización de movimiento es la autorización que tiene un tren para entrar y recorrer una sección específica de la vía, en una dirección dada.

El fin de la autorización de movimiento se llama Límite de Autoridad de Movimiento (MAL).



25 Figura 2.5: Límite Autoridad Movimiento

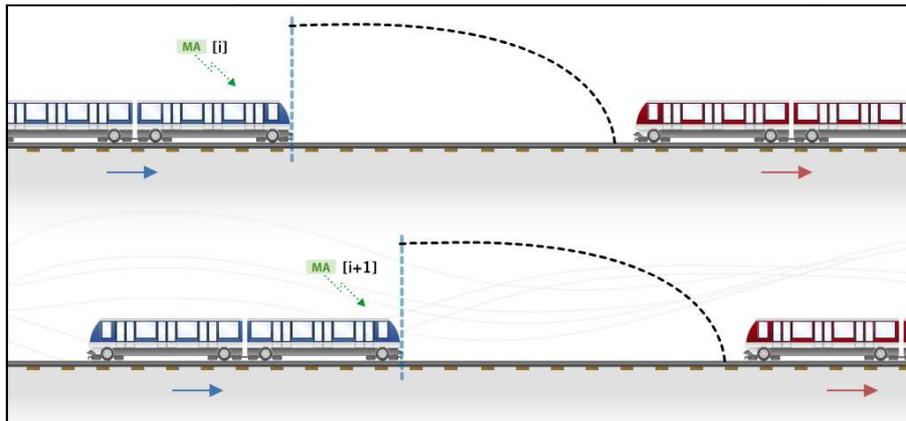
El Límite de Autoridad de Movimiento representa un conjunto dinámico de los datos que se utilizan en el Controlador a bordo para supervisar el movimiento del tren.

Los datos dinámicos se completan con los datos estáticos que figuran en la base de datos de la línea para permitir la tramitación de las curvas de frenado y los límites de supervisión.

Las autorizaciones de movimiento se asignan bajo la supervisión de los sistemas de comunicación avanzados, y se ejecutan por el sistema CBTC para mantener la separación segura del tren, y para proporcionar protección a través del enclavamiento.

En cada ciclo de comunicación el controlador de zona asigna el Límite de Autoridad de Movimiento a cada tren y el Controlador de a bordo supervisa el Límite de Autoridad de Movimiento recibido. De acuerdo con el estado del enclavamiento y la posición de otros trenes, las actualizaciones del Límite de Autoridad de Movimiento con el controlador de zona se envían al tren y el Controlador a bordo se encargará de hacer cumplir el nuevo Límite de Autoridad de Movimiento.

La actualización continua del Límite de Autoridad de Movimiento permite que cada tren cumpla la distancia mínima de seguridad.



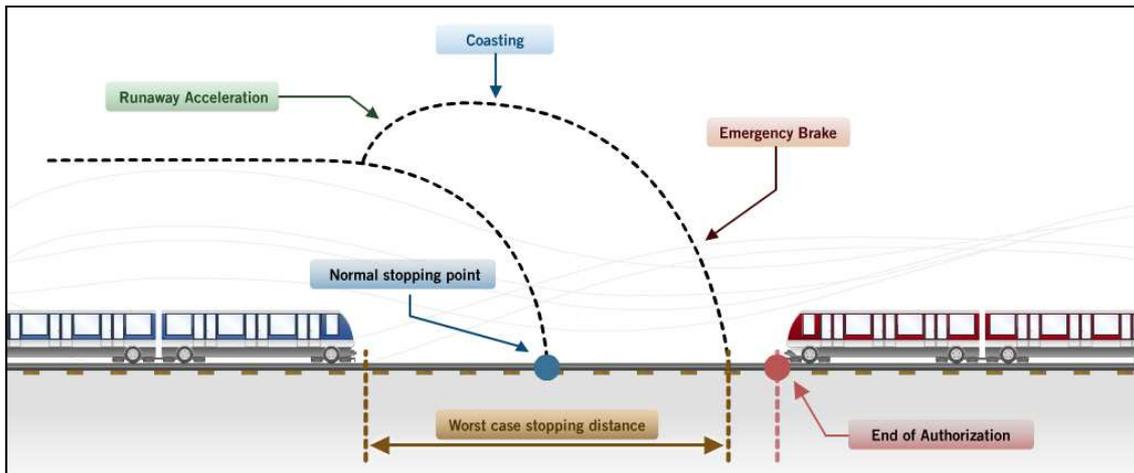
26 Figura 2.6: Distancia mínima seguridad

Cabe señalar que existen otros sistemas que utilizan comunicaciones bidireccionales para realizar un seguimiento y aplicación de principios similares, por ejemplo, ERTMS / ETCS.

La principal diferencia entre los sistemas de trenes CBTC y los sistemas de separación aplicados al tren está en el tiempo requerido de actualización de la información.

En comparación con los sistemas de transporte masivo, los ferrocarriles de uso más pesado son trenes con mayor distancia de frenado, lo que implica que la distancia de seguridad entre trenes consecutivos es más larga en una aplicación típica de ferrocarril con respecto a una línea de metro. Por lo tanto la frecuencia de actualización de la autorización de movimiento es menos crítica en el tren.

En la figura 2.7 se puede observar el punto normal de detección de un tren que precede a otro que está parado, la distancia del peor caso de parada, el punto en el que finaliza la autorización de movimiento y el punto hasta el que llegaría el tren en caso de tener que utilizar el freno de emergencia.



27 Figura 2.7: Distancia Freno Emergencia

Gracias al gran número de los informes de posición, el tren que se acerca a otro que se encuentra parado en la vía puede frenar de una forma segura sin colisionar con la parte trasera de éste.

Los cálculos de las curvas de frenado tienen en cuenta los peores casos posibles; un caso típico es la “aceleración fuera de control”, que aparece después de eliminar el poder de tracción del motor antes de frenar, por lo que la curva de frenado puede ser diferente de una curva calculada teóricamente.

Para la protección de puntos, la tecnología CBTC se basa en un intercambio de información entre el Controlador a bordo y los equipos formados por el Controlador de Zona y el Enclavamiento.

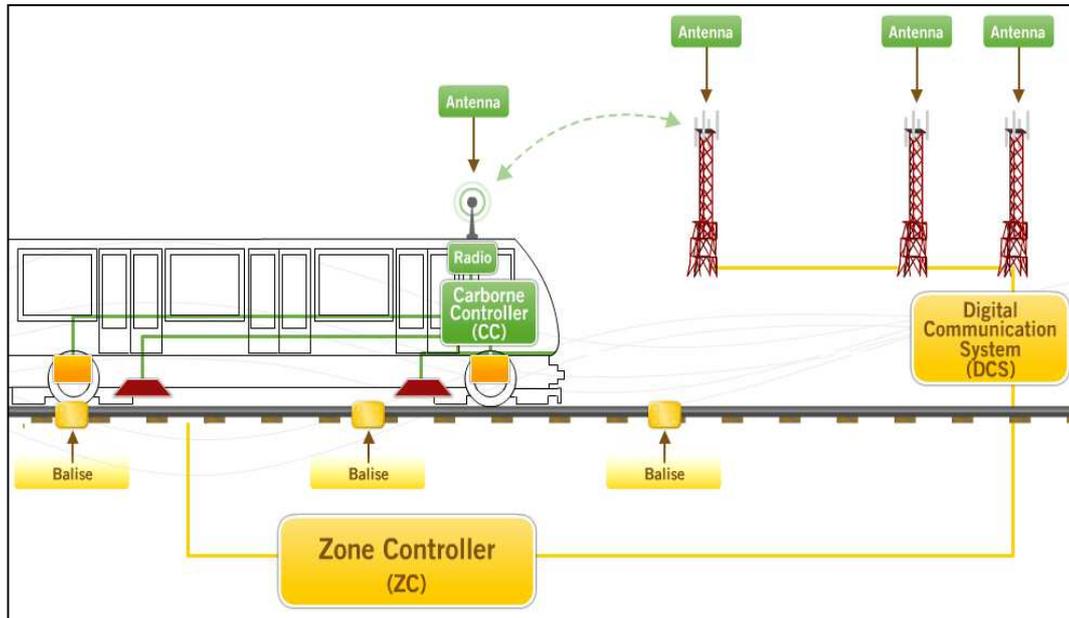
2.8 Arquitectura

Los principios de diseño del sistema CBTC incluyen:

- Determinación de la localización del tren en alta resolución (Controlador a bordo¹)
- La comunicación de la información de la localización del tren, y otros datos sobre el estado del tren, equipos de vía de comunicación de datos CBTC vía – equipo embarcado.
- Determinación de la información de espacio disponible para cada tren equipado con CBTC, por el equipo CBTC de vía que da información sobre la ubicación de los trenes y las aportaciones del enclavamiento externo.
- La comunicación de estos límites, y otros datos de control de trenes, al tren adecuado.

¹ El Controlador de a bordo se describe en el apartado 2.9

- La determinación y la ejecución de la velocidad ATP / perfil de distancia mediante “Controlador a bordo”.



28 Figura 2.8: Controlador a Bordo

El Controlador de a bordo (Carbone Controller) es responsable de que los movimientos del tren sean seguros dentro de los límites autorizados emitidos por el controlador de zona (Zone Controller).

El espacio disponible se garantiza hasta el obstáculo actual que pueda aparecer en el avance del tren.

El Controlador a bordo asegura que todas las consideraciones de seguridad adecuadas se incluyan en el perfil de velocidad generado. Estas consideraciones incluyen la distancia del peor caso de paro, así como las incertidumbres de posición del obstáculo precedente.

El controlador de zona calcula la posición del tren en el peor de los casos de acuerdo con la información de la posición del tren y la tolerancia de medición del espacio. A continuación, el controlador de zona se refiere al tren en circulación como un obstáculo para el tren siguiente y calcula el espacio disponible para éste de forma que no se produzca una situación contraria a la seguridad.

2.8.1 Sistemas centralizados del tren

En el concepto de señalización convencional, el tren está obligado a cumplir con un comportamiento estándar, es decir, debe ajustar el movimiento de acuerdo a un perfil de aplicación a todos los trenes que pueden viajar a lo largo de la línea. Esto se hace para obligar al sistema a que cumpla con las condiciones de seguridad

En cantón móvil, a los trenes se les da un espacio garantizado y un perfil de velocidad que deben cumplir, mientras que el equipo de a bordo tiene que gestionar la velocidad con el fin de utilizar el espacio de acuerdo con el mejor rendimiento.

Esto implica un cambio de concepto: la garantía de seguridad es compartida entre la vía y el equipo de a bordo, por lo tanto el equipo de a bordo tiene que realizar nuevas funciones para cumplir con los requisitos del sistema.

El sistema CBTC es un sistema centrado en el tren, cuyas características básicas incluyen:

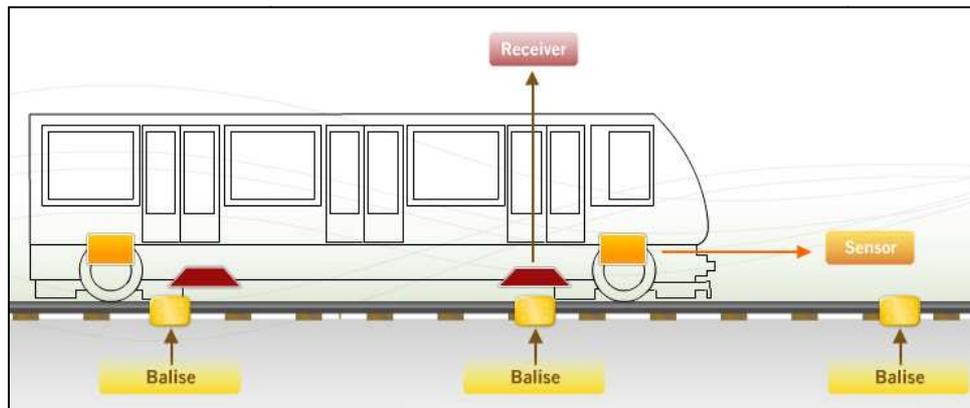
- Determinación de la ubicación del tren con un alto grado de precisión, independientemente de los circuitos de vía.
- Una red continua de comunicaciones tren-vía y vía-tren para permitir la transferencia de control significativo e información de estado que es posible con los sistemas convencionales.
- Los aparatos de vía y los procesadores son de vital importancia para procesar los datos del estado de los trenes y el control y proporcionar una protección continua automática del tren (ATP).

2.8.2 Referencias en el espacio

El tren debe ser capaz de situarse a lo largo de la línea, por ello se requiere que el tren lea y comprenda las referencias de posición situadas a lo largo de la vía.

Estas posiciones de referencia son proporcionadas por las balizas colocadas a lo largo de la línea.

Las balizas son leídas por el tren cuando son energizadas por la antena de a bordo. Esta información es usada por el equipo de a bordo para localizar el tren a lo largo de la línea.



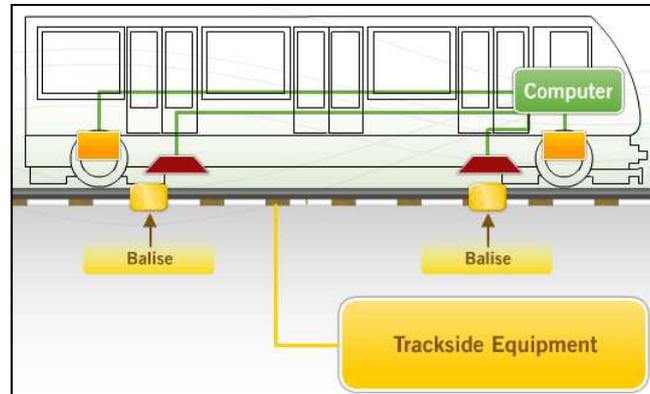
29 Figura 2.9: Posiciones de referencia

Mediante la odometría se calcula la velocidad y el espacio y se es capaz de controlar el error de medición mediante la comparación de valores medidos y de valores de referencia proporcionados por balizas.

Las balizas constituyen una referencia común en el espacio entre los sistemas de a bordo y los sistemas de vía.

2.8.3 Equipo de vía

El equipamiento en vía del CBTC proporciona al equipo de a bordo toda la información necesaria para calcular el perfil de velocidad y la ubicación del punto de parada con respecto a la posición actual del tren.



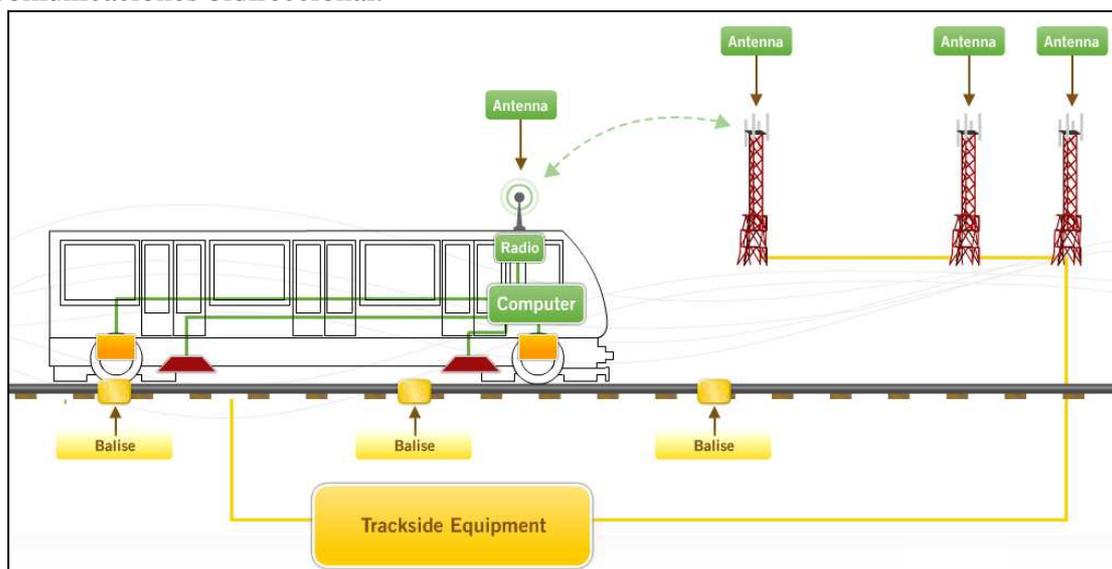
30 Figura 2.10: Equipo de vía

La vía interactúa con el equipo de detección de ocupación y combina la información de ocupación con la información de la posición de los trenes, con el fin de informar a cada tren sobre el espacio libre disponible.

El equipo de vía tiene una base de datos que describe la velocidad permitida y otros datos pertinentes en cada ubicación de la línea, por lo que es capaz de proporcionar a los trenes los datos del nivel de velocidad permitido en el área asignada para realizar el desplazamiento.

2.8.4 Sistema de comunicaciones

Para permitir la comunicación entre el tren y la vía, es necesario un sistema de comunicaciones bidireccional.



31 Figura 2.12: Sistema de comunicaciones

El sistema de comunicación tiene que asegurar una comunicación continua, es decir, no pueden existir lugares donde la comunicación no esté disponible. Además debe contar con una capacidad adecuada para permitir la transferencia de toda la información requerida con un retraso insignificante y que a su vez la información sea transferida sin alteración debida al mecanismo de transmisión.

El sistema de comunicación requiere contar con una serie de puntos de acceso a lo largo de la línea que permitan la conexión con los trenes y unos equipos de transmisión a bordo de los trenes.

El sistema CBTC requiere información desde los sistemas externos a fin de poder llevar a cabo sus funciones.

El enclavamiento gestiona las rutas del tren y los dispositivos de campo situados a lo largo de la línea y en las estaciones mediante la recopilación y procesamiento de la información de los dispositivos en vía.

El sistema CBTC tiene un interfaz con los enclavamientos, pero no es responsable de controlar las rutas y los dispositivos en tierra.

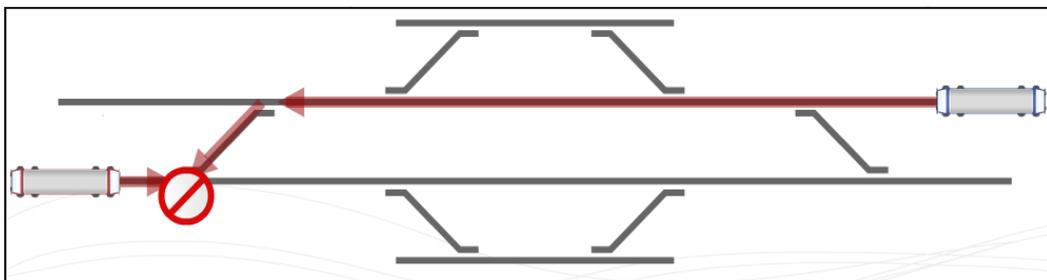
El papel del sistema de control de tráfico es la gestión de los trayectos del tren asegurando el correcto funcionamiento en condiciones normales y alteradas; permiten el funcionamiento en operación manual y en operación automática.

Se produce un conflicto en la circulación de trenes debido a un retraso, ya que dos trenes se acercarán a una estación o un cruce en la misma dirección establecida; en este caso, una regla de prioridad se encargará de reducir al mínimo los posibles peligros en la circulación.

2.8.5 El Enclavamiento

La función básica del enclavamiento es controlar rutas conflictivas en las estaciones.

El propósito del enclavamiento es asegurar que las rutas del tren no interfieran con un adecuado nivel de seguridad. Para ello, el enclavamiento recoge la información de los circuitos de vía y maneja la posición de los puntos.



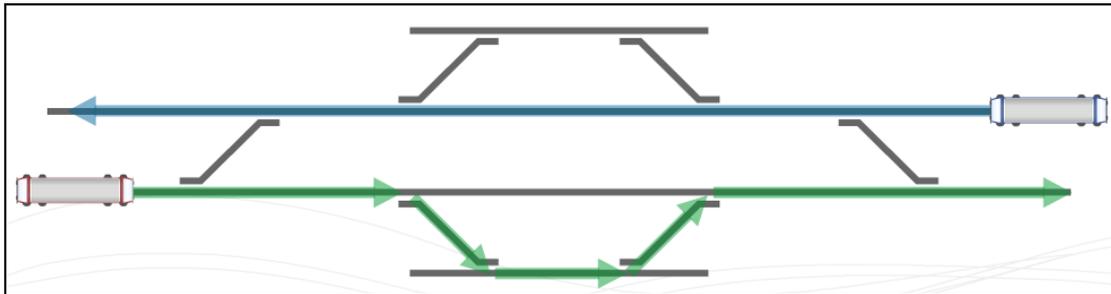
32 Figura 2.13: Rutas conflictivas

Las reglas del enclavamiento definen los criterios a seguir en el ajuste de las rutas, mientras que las tablas de control incluyen todos los puntos y las distintas ocupaciones necesarias para permitir el establecimiento de una ruta.

Si bien las condiciones básicas para establecer las rutas son comunes a todos los sistemas del enclavamiento, las particularidades en el uso de puntos y los criterios de la ruta de liberación puede afectar significativamente la capacidad de tráfico, sobre todo cuando el diseño de la estación es complejo o cuando la estación también incluye un cruce entre dos líneas.

2.8.6 Sistema de Supervisión del tráfico

El sistema de supervisión de tráfico tiene la responsabilidad de la planificación, la supervisión y la regulación del tráfico a lo largo de la línea. A cada tren se le hace un seguimiento durante su viaje y su posición actual se compara con el itinerario previsto.



33 Figura 2.14: Supervisión de rutas

En caso de retrasos, se aplican las reglas de prioridad para prevenir los conflictos en los itinerarios. Los sistemas de gestión del tráfico a menudo utilizan herramientas automáticas para optimizar el itinerario de los trenes reales. Para evitar operaciones repetitivas al personal de control de los centros, el establecimiento de las rutas automáticas está incluido en las funciones del sistema de gestión de tráfico.

El sistema de gestión de tráfico también supervisa la operación en caso de emergencia y el funcionamiento alterado.

2.9 Controlador a bordo

El equipo CBTC situado a bordo del tren se compone de uno o más controladores asociados a sensores de medición de velocidad y de localización.

Los equipos del CBTC se interconectan con los subsistemas (incluidas las pantallas de transporte ferroviario) así como con el equipo de CBTC de vía y con el equipo de CBTC de supervisión automática del tren.



34 Figura 2.15: Zone Controller

El equipo Controlador a bordo de CBTC a bordo del tren es el responsable de la determinación de la ubicación del tren, la aplicación de la velocidad permitida y los límites de autorización de movimiento.

La ubicación de los trenes viene determinada por la combinación de:

- Lectura de balizas situadas en los lugares precisos en la red. Cada baliza transmite un código de identificación para especificar su posición (el tramo de vía donde se encuentra y su desplazamiento en el segmento).
- Las mediciones del desplazamiento de trenes a través de los sensores (instalados en el tren), teniendo en cuenta, entre otros, los resultados de la calibración del diámetro de la rueda (automático o manual).
- El conocimiento de la posición de las agujas con el fin de actualizar la ubicación del tren al pasar agujas en posición divergente.

Los objetivos principales de esta función son, para el Controlador a bordo:

- Para localizar el tren de acuerdo a las características de vía (puntos vitales de parada, cambios de la pendiente, etc) y varias zonas en la línea (andenes, zonas de protección), especificados en la base de datos.
- Para que el cálculo y la aplicación de perfiles de velocidad de ATP / ATO, tengan en cuenta la ubicación del tren.

Para el equipo de vía, los objetivos de esta función es proporcionar los datos de ubicación del tren al controlador de zona y la supervisión automática del tren, lo que permite el seguimiento de sus funciones.

Esta función debe cumplir con los requisitos de seguridad de las otras funciones vitales CBTC (seguimiento realizado por el controlador de zona, detección de exceso de velocidad, manejo del tren y las puertas de andén) que utilizan los datos de localización, y facilitará el grado de precisión necesario para detener en la estación, delante de una señal, etc.

Esta función es independiente del modo de control de conducción.

El error de calibración es un error relativo realizado en la estimación de la calibración del diámetro de la rueda, donde los sensores de velocidad están instalados.

Como este error depende del grado de confianza requerido, se pueden distinguir dos errores de calibración particulares:

- Un error funcional asociado con un valor funcional de la calibración. Estos valores se definen con una probabilidad razonable.
- Un error vital proporciona el intervalo vital dentro del cual el valor real del diámetro de la rueda se encuentra (con una probabilidad compatible con los objetivos de seguridad de la línea). Este error tiene en cuenta todos los posibles errores de incertidumbre en los escenarios de calibración en el peor de los casos.

2.10 Tecnología CBTC de Ansaldo – STS

2.10.1 Introducción al sistema CBTC

Durante más de un siglo, el conjunto de empresas que forman a nivel mundial la familia Ansaldo STS ha marcado la pauta en el desarrollo de soluciones seguras e innovadoras para el transporte masivo urbano y de cercanías. En la actualidad, Ansaldo STS está explotando su experiencia en la materia, para el desarrollo de sistemas avanzados de control de tráfico ferroviario, partiendo de las soluciones tradicionales de señalización y aprovechando el enorme potencial de mejora que ofrecen las innovaciones tecnológicas más recientes. [6]

Desde los inicios del CBTC, Ansaldo STS ha contribuido a establecer las bases de esta novedosa e importante tecnología para el transporte ferroviario urbano. Como miembro del WG2 desde sus comienzos, Ansaldo STS participó en la formulación de la norma IEEE 1474.1™ para el funcionamiento y desarrollo del CBTC. Asimismo, Ansaldo STS participa activamente en los grupos de trabajo de la Unión Europea a cargo de redactar la normativa para los futuros sistemas de transporte masivo en Europa. [6]

Desde soluciones con conductor a las sin conductor o “driverless”, desde líneas nuevas a líneas modernizadas, la solución CBTC de Ansaldo STS, basada en un tecnología de bloqueo móvil, mejora las limitaciones de los sistemas convencionales con bloqueo fijo, las cuales pueden ajustarse prácticamente a cualquier clase de material rodante y tipo de vía.



35 Figura 2.16: Metro Driverless de Copenhagen

Aprovechando la amplia experiencia en sistemas llave en mano, mantenimiento y operaciones en metros automatizados, la solución CBTC de Ansaldo STS es ideal para aquellos clientes que exigen altos niveles de rendimiento, automatización, funcionalidad, capacidad de mantenimiento y fiabilidad para sus sistemas de transporte. [6]

2.10.2 Operación en modo mixto

Ansaldo STS se apoya en su amplia experiencia a nivel técnico para aportar soluciones a medida que cumplan con toda variedad de requisitos operativos.

Adaptada a cualquier clase y tamaño de material rodante, la solución CBTC de Ansaldo STS tiene una configuración modular fácil de ajustarse a las necesidades de cualquier operador, tanto para superponerse a sistemas existentes o para equipar una línea nueva.

Cuando se instala como solución superpuesta, el CBTC de Ansaldo STS permite que todos los trenes compartan las mismas vías férreas, estén o no los trenes equipados con CBTC. De esta forma, la modernización de los trenes puede efectuarse por etapas en función de las necesidades de cada operador, sin causar interrupciones y conservando los niveles más altos de seguridad. [6]

2.10.3 Controlador de zona (ZC)

El controlador de zona de Ansaldo STS utiliza una lógica segura y fiable para controlar los límites de autoridad de movimiento de todos los trenes. La configuración del controlador de zona garantiza una transferencia de control inmediata sin impacto sobre la disponibilidad del sistema, en el caso poco probable de que se produzca un fallo.

Las operaciones de mantenimiento más importantes se pueden llevar a cabo durante el servicio comercial sin que el desempeño del sistema se vea afectado. Cada unidad de ZC está integrada a los ZC contiguos y se comunica con los controladores de los equipos a bordo y del enclavamiento para garantizar el cumplimiento de los requisitos específicos del operador para el intervalo entre trenes. El ZC de Ansaldo STS ha sido diseñado para facilitar la interfaz con los enclavamientos ya existentes y/o con cualquier puesto de control central preexistente. [6]

2.10.4 Controlador a bordo (CC)

El controlador a bordo de Ansaldo STS (CC) utiliza una arquitectura segura, fiable y compacta que determina, la posición del tren con excelente precisión. Posteriormente esta información es retransmitida al controlador de zona. En función de los límites de autoridad móvil recibidos del controlador de zona, el CC calcula las curvas de frenado del tren y controla las restricciones de velocidad. [6]

2.10.5 Comunicaciones

El CBTC de Ansaldo STS está diseñado para utilizar protocolos industriales, lo que garantiza su interoperabilidad con las normas vigentes y emergentes. La capacidad del ancho de banda proporciona excelentes datos en tiempo real, video y audio sobre IP, desde el campo hasta el centro de control. Con un solo clic en el ratón, la sala de control está al tanto de lo que sucede a bordo de cualquier tren o en cualquier punto crítico de la línea. [6]

2.10.6 Mantenimiento

El servidor de mantenimiento centralizado automatizado del CBTC de Ansaldo STS recibe y analiza de forma continua los datos de diagnóstico y las alarmas para detectar cualquier fallo, problema o avería en los equipos.

Cuando se produce un fallo, se genera automáticamente una "acción de mantenimiento". La resolución del problema se inicia de forma automática para minimizar el efecto sobre las operaciones. [6]

2.10.7 El sistema CBTC proporciona

- Fiabilidad
 - Tecnología y componentes de probada fiabilidad y diseñados por un líder global en señalización de transporte masivo y sistemas llave en mano
 - Cumplimiento de la norma IEEE 1474.1TM para los requisitos funcionales y el desempeño rendimiento del CBTC
 - Sistema de puesto de control central utilizado por los principales operadores de transporte masivo y líneas ferroviarias alrededor del mundo
 - Arquitectura distribuida que garantiza operaciones redundantes

- Comunicaciones inalámbricas encriptadas para una transmisión segura de los datos
- Flexibilidad
 - Arquitectura modular basada en componentes, de fácil integración con los sistemas existentes
 - Solución re-dimensionable con fácil adaptación a crecimiento futuro y modificaciones de la red
 - Interoperabilidad y compatibilidad con dispositivos de otros proveedores
 - Solución superponible a la existente para mejorar la capacidad de los sistemas
 - Consumo optimizado de energía para el tren
- Resultados
 - Estándar óptimo de satisfacción para los pasajeros



36 Figura 2.17: Viajeros del Metro Driverless de Copenhague

- Aumento de la capacidad de tráfico y mejora de rendimiento puntual
 - Mejora del intervalo operativo entre trenes y únicamente restringido por los retornos y el plan de vías
 - Reducción o eliminación de las señales y de los circuitos de vía
 - Menor volumen de actividades de mantenimiento y más simples
- Diseño e implantación flexible

A diferencia de los sistemas rígidos y cerrados que desarrollan otras empresas, la solución CBTC de Ansaldo STS utiliza una "arquitectura abierta", a la par que flexible, en su configuración modular, y aplicable como solución superpuesta en la modernización de sistemas existentes.

La solución de Ansaldo STS utiliza diferentes modos para optimizar los intervalos entre trenes, el consumo energético o el tiempo necesario para despejar una estación fuertemente congestionada después de un evento especial, como un evento deportivo o un concierto.

La arquitectura flexible del CBTC de Ansaldo STS se aplica fácilmente como solución superpuesta a los sistemas existentes. Su arquitectura abierta y modular permite extensiones y modificaciones a medida que aumentan sus necesidades de tráfico. [6]

2.10.8 Puesto de control central

Tanto para metros con una sola línea como para redes urbanas más complejas con varias líneas, el puesto de control central de Ansaldo STS es la primera opción como subsistema para garantizar un control de operación fiable.

Las funciones clásicas del puesto de control central comprenden las funcionalidades avanzadas de los sistemas de Despacho Informatizado y Control de Tráfico Centralizado, las cuales permiten regular el tráfico en función de la tabla horaria o de los intervalos entre trenes, aun cuando la operación se ve perturbada por eventos inesperados.



37 Figura 2.18: Puesto de Control

Al controlar en forma combinada los componentes locales y remotos, el sistema se adapta instantáneamente a los fallos o anomalías que se producen dentro de la red, protegiendo la operación en las líneas de las eventuales interrupciones de servicio y cortes de energía.

Para sistemas superpuestos donde se quiera conservar el puesto de control central, la solución CBTC de Ansaldo STS es tan flexible que permite adaptar fácilmente el puesto de control central existente. [6]



3. Simulación

La simulación va a ser llevada a cabo mediante una herramienta llamada “Simul”, concretamente con la versión 3.2.

Se trata de un programa con el que se van a obtener todos los resultados necesarios para poder afirmar si se está ante un proyecto viable o si por el contrario se va a tener que realizar algún tipo de cambio para lograr los objetivos que son requeridos en la simulación.

3.1 Descripción del simulador

“Simul” es un programa informático interno perteneciente a Ansaldo-STS gracias al cual se simulan las condiciones en las que un tren va a realizar un determinado recorrido por una línea.

Esto es de gran utilidad porque en función de los resultados obtenidos se pueden preparar posibles mejoras para cumplir los requisitos marcados o por el contrario se podrá asegurar que nuestro sistema cumple perfectamente con los requisitos que previamente han sido exigidos.

A continuación se pasa a describir la secuencia que hay que seguir a la hora de realizar la simulación mediante “Simul”. Para ello se explicarán los parámetros de cada uno de los menús del simulador por los que habrá que ir avanzando para llevar a cabo la simulación.

3.1.1 Proyecto (Project)

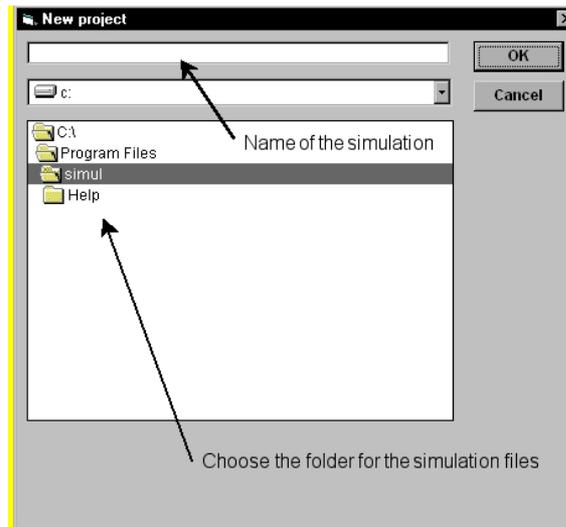
- Comandos del menú:

Project → New: Para crear un nuevo proyecto

Project → Open: Para abrir un proyecto existente

Project → Close: Para cerrar el proyecto que previamente hemos abierto

Project → Close: Si no tenemos un proyecto abierto y pulsamos “close” saldremos del simulador



38 Figura 3.1: Nuevo Proyecto

- Datos del Proyecto

Los datos que describen las características del sistema CBTC y de la línea son introducidos previamente en una hoja de Excel que está preparada con un formato igual que el del simulador.

Esta hoja de Excel va a hacer las funciones de base de datos a lo largo de la simulación.

Estos datos se introducirán directamente con la información que será suministrada en los planos de la línea y con los parámetros que hay que utilizar en la configuración del tren y del sistema, los cuales son facilitados.

- Trenes: Se muestran las características de los distintos trenes que pueden ser utilizados para realizar la simulación.
- Descripción de la vía: Aquí es donde está descrita la línea, para ello tendremos que rellenar las siguientes tablas con la información que aparezca en los planos.
- Gradientes

A continuación se muestra una figura con la tabla que contiene los puntos kilómetros de cambios de gradiente, los valores de los gradientes y el radio directamente en la hoja de Excel:

	A	B	C	D	E
1	Declivity description				
2					
3	<i>The operator shall fill one table per line (and eventually per direction if the train has to use the line in re</i>				
4	-----				
5	Kilometric point of declivity change (m)	Declivity (%)	Declivity (i,j) (m/m)	Radius i (m)	
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20	-----				
21					
22					

39 Figura 3.2: Descripción de gradientes

- Resistencia aerodinámica

La figura 3.3 muestra tabla de la resistencia:

6		
7	Kilometric point of change (m)	Type
8	-500	0
9	20000	0
0		
1		

40 Figura 3.3: Tabla de Resistencia

- Límites de velocidad

A continuación en la figura 3.4 se muestra la tabla con los límites de velocidad directamente de la hoja Excel, aparecen los puntos kilométricos de cambio de velocidad:

1	Civil speed to ATP speed and ATP speed to ATO speed margins are computed in <i>System parameters</i> sheet			
2	Only ATO speed column is required but the user can fill either Civil, ATP or ATO speed column and deduce ATO s			
3	Civil speed to ATP speed margin	4,00		
4	ATP speed to ATO speed margin	2,5		
5	-----			
6	Kilometric point of speed changes (m)	Civil Speed (km/h)	ATP speed	ATO speed
7				Limitation type
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14	-----			
15				

41 Figura 3.4: PK's de cambio de velocidad

- Estaciones: Este apartado únicamente se utiliza para generar los trayectos, es decir, los recorridos que se van a realizar de una estación a otra.

A continuación en la figura 3.5 se muestra una figura en la que aparece la hoja Excel con los parámetros que hay que adjuntar a la pestaña de las estaciones, como se puede observar se trata de las estaciones que tiene la línea que se simula en este proyecto:

Path description	Line name	Direction	Station name	Station code (3 letters)	Dwell time	Kilometric point of Middle of the Platform
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Ben Thanh	BEN	0,01	0
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Opera House	OPE	30	715
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Ba Son	BAS	30	1706
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Van Thanh Park	VAN	30	3520
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Tan Cang	TAN	30	4438
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Thao Dien	THA	30	5596
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	An Phu	ANP	30	6553
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Rach Chiec	RAC	30	8207
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Phuoc Long	PHU	30	9713
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Binh Thai	BIN	30	11066
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Thu Duc	THU	30	12810
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	High Tech Park	HIG	30	15190
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Suoi Tien	SUO	30	16765
	Line 1	Ben Thanh - Suoi Tien	Suoi Tien Terminal	TER	0,01	18821

42 Figura 3.5: Estaciones de la línea

- Descripción de los trayectos: En este apartado se generan los distintos recorridos de los trenes de una estación a otra, para ello hay que tener en cuenta las siguientes tablas
 - El tramo se describe y se edita
 - El tiempo de intervalo entre trenes se calcula
 - Se calculan los tiempos de recorridos típicos
- Escenarios: Aquí se editan los escenarios
- Parámetros: Se editan los parámetros del proyecto
- Resultados: En este apartado se pueden realizar las acciones que se enumeran a continuación:
 - Cargar todos los posibles recorridos
 - Actualizar los recorridos existentes
 - Generar o volver a generar los recorridos típicos para cada tren y para cada tramo
 - Generar la separación de trenes en las estaciones para cada tren y para cada recorrido
 - Generar un documento que realiza un sumario de todos los datos y resultados del proyecto

3.1.2 Trenes

A continuación van a ser enumeradas todas las propiedades del tren necesarias para la elaboración de la simulación.

- Propiedades Generales

- Velocidad máxima del tren (km/h)
- Longitud (m)
- Peso (ton)
- Masa rotativa (ton)
- Deceleración Máxima del freno de servicio (m/s^{-2})
- Tiempo de aplicación del freno de servicio (s)
- Valor absoluto del freno de emergencia (m/s^2)
- Deceleración Máxima del freno de emergencia (m/s^2)
- Tiempo de aplicación del freno de emergencia (s)
- Tiempo de corte de tracción (s)
- Tiempo de reacción del sistema (s)
- Tiempo de transmisión de un tren que sigue a otro (s)
- Distancia deslizamiento hacia atrás (m)

- Tablas de esfuerzo de tracción y freno de servicio

- Velocidad: El inicio del nuevo rango de esfuerzos
- Esfuerzo: Valor del esfuerzo en Newton
- Ley de interpolación de la curva de esfuerzo:

0 = Extrapolación

1 = Interpolación lineal

2 = Interpolación hiperbólica

- Resistencia aerodinámica

Para cada tipo de resistencia se tiene un tipo de coeficiente de fricción entre el tren y el medio sobre el que éste se mueve (0 para movimiento del tren en superficie, otro tipo de valor dependiendo del tipo de túnel):

- A0: Coeficiente de fricción seco (N)
- A1: Coeficiente viscoso ($N/(km/h)$)
- A2: Coeficiente aerodinámico ($N/(km/h)^2$)

3.1.3 Parámetros del sistema

- Parámetros Generales

El usuario puede definir parámetros generales que después se podrán usar en la realización del escenario.

El nombre y los valores son libres, es decir, se pueden poner según las necesidades sin tener que seguir un patrón concreto.

3.1.4 Descripción del trayecto

- Menú comandos

Edit → *Paste declivities*: Con este comando se puede pegar en el simulador la tabla correspondiente a los gradientes

Edit → *Paste resistance*: Para pegar la tabla correspondiente a los perfiles de resistencia

Edit → *Paste speed*: Con ello se pega la tabla de velocidades

Edit → *Create reverse profile*: Con ello se puede generar una descripción de la vía en el sentido contrario al que previamente ha sido generado

- Gradientes

KP: Punto kilométrico en el que se encuentra el cambio de gradiente

Gradiente: Valor del gradiente (en ‰)

Radio: Se trata del radio de curvatura del tramo en el que se produce el cambio de gradiente

- Aerodinámica

KP: Punto kilométrico en el que se produce un cambio en las propiedades aerodinámicas.

RAV type: Propiedades aerodinámicas:

0: Para superficie

1: Para túnel tipo 1

2: Para túnel tipo 2

- Velocidades

KP: Localización del cambio en el límite de velocidad.

Velocidad: Valor del límite de velocidad

Tipo: Tipo de la aplicación de velocidad

- *Whole Train* (Tren completo): La velocidad se aplica hasta que la totalidad del tren ha abandonado la zona y tan pronto como la cabeza del tren entra en el área de seguridad
- *Head of the train* (Cabeza del tren): La velocidad se aplica hasta que la cabeza del tren ha abandonado la zona y tan pronto como la cabeza del tren entra en el área de seguridad
- *Non vital speed* (velocidad no vital): La velocidad se aplica únicamente cuando la cabeza del tren está en la zona

3.1.5 Estaciones

Se introducen al programa todas las estaciones de las que consta nuestra línea, para ello se generan los posibles recorridos que puede realizar el tren así como los escenarios posibles con más de un tren en los mismos.

- Generación de un trayecto

Automáticamente se construyen los trayectos, con sus puntos de parada y las características de intervalo entre trenes mediante los siguientes parámetros:

- Las estaciones de la línea: En las mismas se indicará lo siguiente:
 - Código de la estación: Se trata de una abreviatura de la estación que generalmente tiene tres letras, por ejemplo: An Phu → ANP
 - Tiempo de parada en la estación
 - Posición de punto de parada operativa
- Tipo de punto de parada: Límite de circuito de vía, señal o bloqueo de límite de movimiento
- Recorrido: Se indicará con un nombre que permita conocer si se circula en sentido creciente o decreciente o si se trata de un recorrido en el que aparezca un cruce de vías
- Descripción de la línea: Se seleccionará el archivo que tenga las velocidades y los gradientes del tramo que se está intentando generar

La mayoría del tiempo únicamente se tiene que describir dos líneas, una para el sentido creciente y otra para el sentido decreciente

En una configuración como la que se muestra a continuación en la figura 3.6:



43 Figura 3.6: Ejemplo de circulación

Se observa la existencia de dos líneas que hay que describir en la figura 3.7:



44 Figura 3.7: Descripción de movimiento

En color azul podemos ver que los puntos kilométricos serán en sentido creciente. El camino desde el inicio hasta la primera estación está desviado (con el límite de velocidad correspondiente a un desvío).

La línea roja representa los puntos kilométricos decrecientes. El camino desde el inicio del movimiento hasta la última estación es desviado (como en el caso anterior tendrá el límite de velocidad correspondiente a un desvío).

- Dirección: Indicará si se va en forma creciente o decreciente
 - Objetivo de intervalo entre trenes: Será el objetivo que se quiere que alcance el sistema
 - Tipo de intervalo entre trenes: Estático o dinámico
- Generación de un escenario

Automáticamente se construye un escenario con dos trenes, que se siguen el uno al otro desde la primera estación seleccionada hasta la siguiente estación que haya sido seleccionada.

3.1.6 Recorridos

A continuación hay que configurar los distintos trayectos que se van a seguir con el tren, para ello se deben utilizar los comandos que se explican a continuación:

- Menú comandos
 - *File*
 - New: Crear un nuevo archivo
 - Open: Abrir un archivo existente
 - Save: Para guardar el archivo
 - Save As: Salvar el archivo con un nuevo nombre
 - *Typical run file (Archivo del trayecto)*

- Open: Se abre un trayecto existente
 - Save: Se guarda un trayecto abierto
 - Save as: Se guarda el trayecto que se encuentra abierto con un nombre nuevo
- *Typical run computation (Cálculo de un trayecto)*
 - Flat out generation: Se genera el trayecto
 - Optimal entry speed generation: Se genera el trayecto con una limitación de velocidad de entrada en la estación
 - Compute from table: Se genera el trayecto de acuerdo con los valores de la tabla de fases

3.1.6.1 Puntos de parada

Habrá que tener en cuenta una serie de puntos de parada así como puntos de liberación del tren.

- Punto kilométrico de la junta: Posición de una junta de circuito de vía
- Punto de parada: El punto kilométrico donde un tren tiene que parar y que no puede ser rebasado
- Punto de liberación: El punto kilométrico a través del cual un tren debe haber pasado para permitir a otro tren circular por el mismo sin peligro de colisión
- Nombre del punto, que en función del tipo comenzará de una forma u otra:
 - J_XXX para un límite de circuito de vía
 - S_XXX para una señal
 - A_XXX para un bloqueo de límite de movimiento

3.1.6.2 Intervalo entre trenes

En este apartado se comprueba el intervalo de tiempo entre trenes. Para ello hay que tener en cuenta el tren que se va a utilizar y si el objetivo fijado como intervalo entre trenes se realiza en la estación donde finaliza el trayecto.

A continuación se presentan los distintos apartados que tendremos en cuenta en el simulador para completar la parte relacionada con el intervalo entre trenes:

- Salida del tren: El trayecto de salida del tren de la estación
- Tipo de intervalo entre trenes: Estático incluyendo el tiempo de parada o dinámico sin incluir el tiempo de parada en estación
- Intervalo entre trenes teórico: El intervalo que el sistema tiene que alcanzar

- Búsqueda automática de velocidad óptima de entrada: El simulador reduce la velocidad hasta que la condición de intervalo entre trenes se alcanza
- V_{opt} : La reducción de velocidad a la entrada
- Búsqueda automática de intervalo óptimo: El simulador busca el mínimo intervalo que puede obtenerse con la velocidad de entrada dada
- Añadir bloqueos virtuales al recorrido: El simulador añade automáticamente bloqueos automáticos virtuales al recorrido, es decir, añade puntos de parada

3.1.6.3 Trayecto

Se genera el trayecto teniendo en cuenta todas las características del mismo.

- La longitud mínima de velocidad da una mínima distancia de los cambios en el perfil de velocidad que hay que tener en cuenta.
- El acercamiento del punto asegurado da las características de un punto seguro incluido en el margen de seguridad del tren:
 - Distancia entre el recorrido final del tren y el punto seguro
 - Máxima velocidad de acercamiento (0 km/h en la mayoría de los casos)
- La entrada a la estación da una velocidad reducida de entrada y su punto de aplicación

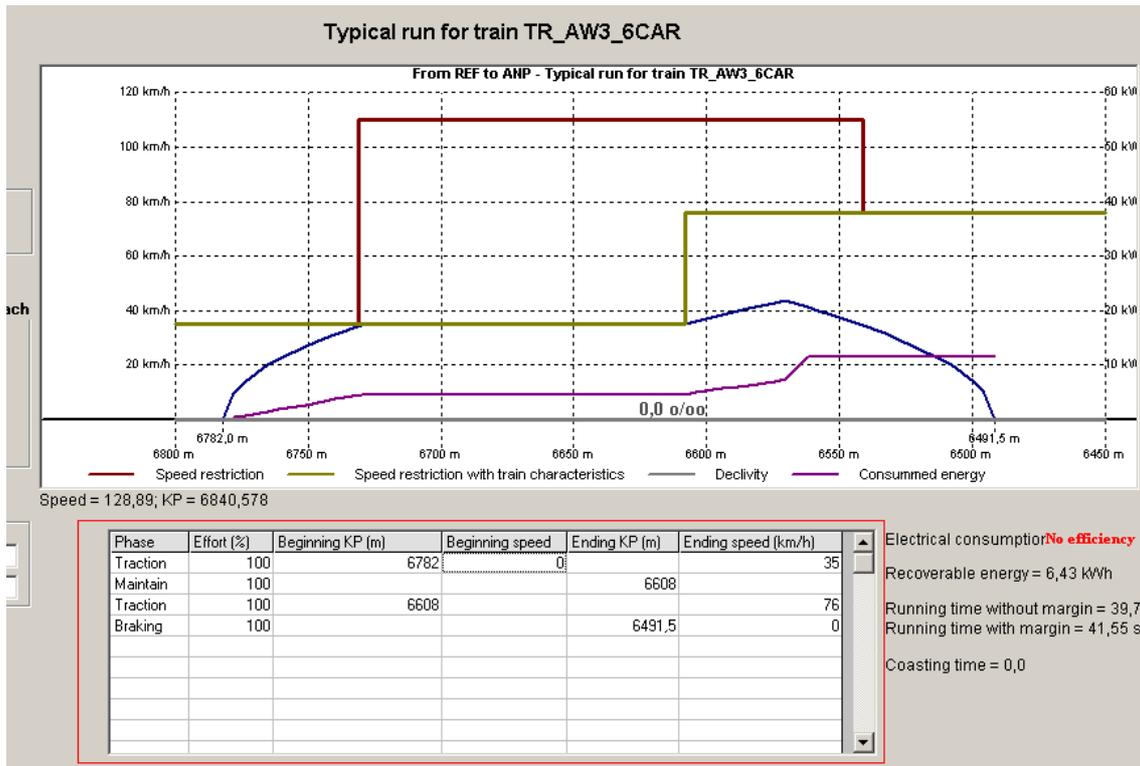
3.1.6.4 Descripción de las fases

Para describir las fases de un recorrido típico hay que ser consecuentes con las reglas. No todas las celdas son importantes o esenciales, por ejemplo, no hay necesidad de especificar la velocidad final de una fase que simplemente mantiene la velocidad.

Las reglas son las siguientes:

- Tracción de la primera fase
- Tracción del final de la fase previa a las condiciones finales específicas
- Mantenimiento de la velocidad como la primera fase
- Mantenimiento de la velocidad del final de la fase previa a las condiciones finales específicas
- Frenado para alcanzar el punto kilométrico y la velocidad especificada
- Frenado de un punto kilométrico inicial a un punto kilométrico final
- Paso del final de la fase previa a las condiciones finales específicas

A continuación en la figura 3.8 se muestra una figura donde aparece la tabla de las fases para un trayecto:



45 Figura 3.8: Fases de un trayecto

3.1.7 Escenarios

Anteriormente ha sido descrito el tipo de cada tren que se encuentra envuelto en el escenario, ahora se van a describir los movimientos de los trenes.

- Tren: Índice del tren, es decir, T1 para el primer tren, T2 para el segundo, y así sucesivamente
- Señalización: La señalización usada por el simulador, en nuestro caso CBTC
- Recorrido: La curva del tren espacio tiempo de una estación a otra
- Evento: Se provoca un acontecimiento, el movimiento empieza cuando todos los acontecimientos ocurren
 - $T0 = xx$: El inicio de un acontecimiento es el tiempo dado
 - $Fin(x)$: El inicio del acontecimiento es el final del movimiento “x”
 - $DT(x; kp)$: El inicio del acontecimiento se produce cuando la cabeza del tren en movimiento “x” llega al punto kilométrico dado
 - $DQ(x; kp)$: El inicio del acontecimiento se produce cuando la cola del tren en movimiento “x” llega al punto kilométrico dado
- Separación: El índice del movimiento del tren seguido desde que el tren que viene detrás está separado
- Cruce: Condiciones para que se produzca el cruce
 - $Cro(x)$: Cruce con el tren envuelto en el movimiento “x”
 - $Con(x)$: Convergencia con el tren envuelto en el movimiento “x”
 - $Div(x)$: Divergencia con el tren envuelto en el movimiento “x”
- X origen: El punto kilométrico donde el tren tiene que parar hasta que el cruce está libre (debe ser un punto de parada del recorrido)
- X liberación: El punto kilométrico que la cola del primer tren debe liberar para que el enclavamiento libere la ruta

El tiempo puede ser añadido por evento o por liberación de un punto kilométrico.

3.1.8 Resultado

Load → *Load typical run*: Se cargan todos los trayectos existentes sin actualizar.

Load → *Compute typical run*: Se cargan todos los trayectos existentes y los intervalos entre trenes y son calculados para actualizarlos en caso de cambios en los mismos.

Load → *Generate typical run*: Se generan los trayectos para cada escenario existente y los intervalos entre trenes en la estación son obtenidos (automáticamente se busca la velocidad de entrada para cumplir con el intervalo requerido).

3.2 Datos empleados en la realización de la simulación

3.2.1 Características del tren

El tren utilizado en la simulación será nominado TR_AW3_6CAR. El nombre del tren indica que el peso del tren es AW3 (a plena carga con 8 pasajeros por m²) y además que tiene una configuración de 6 vagones.

A continuación se puede observar la tabla que se introducirá en el simulador:

Nombre del tren	TR_AW3_6CAR
-----------------	-------------

1 Tabla 3.1: Nombre Tren

3.2.1.1 Propiedades generales

A continuación se pueden observar las tablas con las propiedades reales necesarias del tren que van a ser utilizadas en este proyecto para poder realizar la simulación:

Velocidad máxima del tren (km/h)	110
Longitud (m)	123
Peso (ton)	321,6
Masa Rotativa (ton)	32,16
Deceleración máxima del freno de servicio (m/s ²)	Table
Tiempo de aplicación del freno de servicio (s)	2
Deceleración máxima del freno de emergencia (m/s ²)	1,25
Tiempo de aplicación del freno de emergencia (s)	6,5
Tiempo de corte de tracción	1
Distancia de freno hacia atrás	0

2 Tabla 3.2: Propiedades del tren

Estas propiedades dependen del proyecto a realizar, ya que son variables y se ajustan al tipo de línea y al tipo de requerimientos solicitados por el cliente.

La velocidad máxima del tren, la longitud, el peso, la masa rotativa, dependerán del tipo de tren a emplear; en el caso de la deceleración máxima del freno de servicio vamos a poner el parámetro “table” debido a que el freno de emergencia se rige por la tabla de su propio esfuerzo.

Los tiempos de aplicación del freno de servicio y de emergencia, así como el de corte de tracción también son valores que se ajustan al tipo del tren.

3.2.1.2 Resistencia aerodinámica

Al realizar la simulación hay que tener en cuenta los parámetros que se oponen al avance del tren, por ello se aplican una serie de coeficientes de rozamiento que intervienen en la fórmula utilizada para el cálculo de la resistencia. Estos coeficientes son los siguientes y se utilizan para la ecuación mostrada justo más abajo:

A0	A1	A2
18310	352	7,299382716

3 Tabla 3.3: Coeficientes

$$\text{Resistencia} = A0 + A1 \times V + A0 \times V^2$$

A0 = Coeficiente de fricción seco (N)

A1 = Coeficiente de viscosidad (N/ (km/h))

A2 = Coeficiente aerodinámico (N/ (km/h)²)

Estos coeficientes se obtienen a partir del rozamiento del medio en el que circula el tren, en este caso el aire.

A la hora de realizar la simulación se rellena una tabla con los coeficientes anteriormente comentados como la que se muestra a continuación:

	A0	A1	A2
En superficie	18310	352	7,299
Túnel tipo 1			
Túnel tipo 2			
Túnel tipo 3			
Túnel tipo 4			

4 Tabla 3.4: Coeficientes en superficie o en túnel

3.2.1.3 Esfuerzos

Deben ser tenidos en cuenta el esfuerzo de tracción y el esfuerzo en servicio. A continuación se puede observar la tabla a rellenar relacionada con los esfuerzos:

Esfuerzo de tracción			Esfuerzo del freno de servicio		
Velocidad (km/h)	Esfuerzo (KN)	Ley	Velocidad (km/h)	Esfuerzo (KN)	Ley
0	321,660	1	0	329,18	1
10	321,660	1	10	329,18	1
20	321,660	1	20	329,18	1
30	321,660	1	30	329,18	1
40	241,640	2	40	329,18	1
50	192,220	2	50	329,18	1
60	161,620	2	55	329,18	1
70	117,680	2	60	282,44	2
80	90,220	2	70	211,82	2
90	70,620	2	80	160,84	2
100	58,840	2	90	127,1	2
110	47,080	2	100	101,98	2
			110	86,3	2

5 Tabla 3.5: Esfuerzos

En la tabla adjunta se pueden observar los distintos esfuerzos de tracción y de frenado que se aplican a distintas velocidades:

Esfuerzo de tracción		Esfuerzo de frenado	
Velocidad (km/h)	Aceleración (m/s ²)	Velocidad (km/h)	Aceleración (m/s ²)
0	0,92	0	0,97
10	0,92	10	0,97
20	0,92	20	0,97
30	0,92	30	0,97
40	0,751	40	0,97
50	0,598	50	0,97
60	0,503	55	0,97
70	0,366	60	0,878
80	0,281	70	0,659
90	0,22	80	0,500
100	0,183	90	0,395
110	0,146	100	0,317
		110	0,268

6 Tabla 3.6: Esfuerzos a distintas velocidades

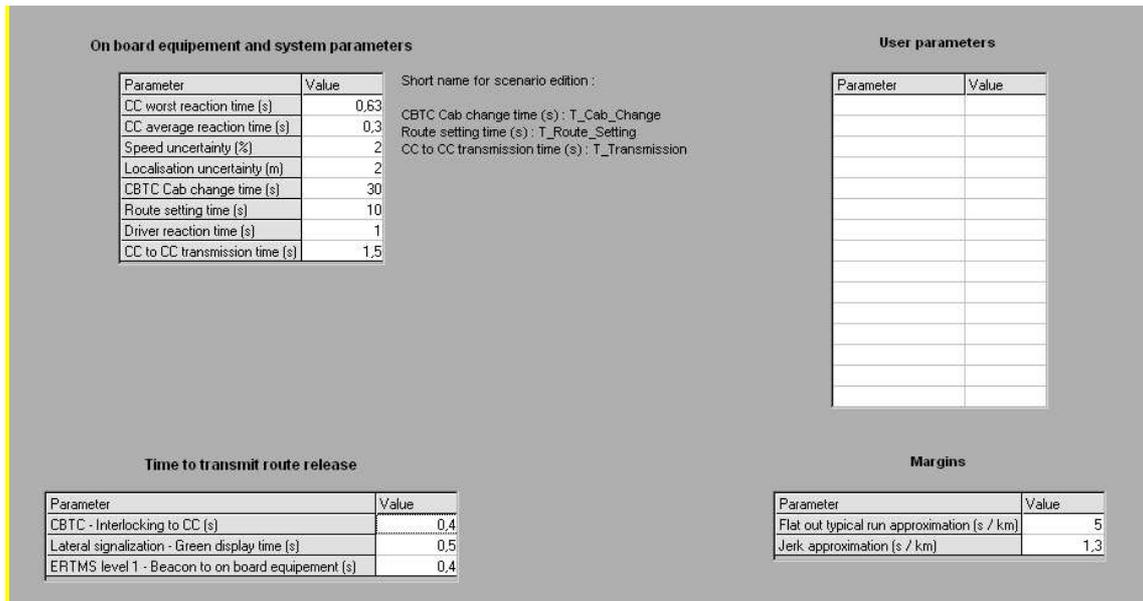
3.2.2 Parámetros del sistema

A continuación se pueden observar los distintos parámetros reales con los que cuenta el sistema que van a ser utilizados en la realización de este proyecto, y que en función de su variación se obtendrán unos resultados u otros.

3.2.2.1 Equipos de a bordo y parámetros del sistema

Peor tiempo de reacción del CC (s)	1,24
Tiempo medio de reacción del CC (s)	0,385
Error de velocidad del CC (%)	2
Error de Localización (m)	1
CBTC: tiempo de cambio de Cabina (s)	30
Tiempo de establecimiento de ruta (s)	7
Tiempo de reacción del conductor (s)	0
Tiempo de transmisión CC - CC	1,5

7 Tabla 3.7: Parámetros del sistema



The screenshot displays a software interface with four main sections for parameter configuration:

- On board equipment and system parameters:** A table listing parameters such as 'CC worst reaction time (s)' (0.63), 'CC average reaction time (s)' (0.3), 'Speed uncertainty (%)' (2), 'Localisation uncertainty (m)' (2), 'CBTC Cab change time (s)' (30), 'Route setting time (s)' (10), 'Driver reaction time (s)' (1), and 'CC to CC transmission time (s)' (1.5).
- User parameters:** A table with columns for 'Parameter' and 'Value', currently empty.
- Time to transmit route release:** A table listing parameters like 'CBTC - Interlocking to CC (s)' (0.4), 'Lateral signalization - Green display time (s)' (0.5), and 'ERTMS level 1 - Beacon to on board equipment (s)' (0.4).
- Margins:** A table listing parameters like 'Flat out typical run approximation (s / km)' (5) and 'Jerk approximation (s / km)' (1.3).

46 Figura 3.9: Parámetros del sistema

El término “CC” se refiere al “Carborne Controller”, que es responsable de los movimientos que realiza el tren con seguridad dentro de los límites establecidos por el controlador de zona.

Concede al tren un espacio seguro para que se produzca su avance.

El “Carborne Controller” asegura que todas las consideraciones de seguridad apropiadas están incluidas en el perfil de velocidades generado. Estas consideraciones incluyen el peor caso de distancia de parada así como las incertidumbres posicionales que pueda haber con respecto al obstáculo que pueda encontrarse más adelante.

En la tabla, el peor tiempo de reacción del “CC” así como su tiempo medio de reacción y su error de velocidad son valores recientes que han sido utilizados con seguridad en otras simulaciones realizadas anteriormente, por ello se mantienen estos valores numéricos en esta simulación.

El error de localización es un valor optimista, ya que se considera que el tren está bien situado cuando se aproxima a las restricciones permanentes de velocidad y a la parte trasera del tren precedente.

El tiempo de cambio de cabina y de establecimiento de ruta es un tiempo que también varía en función del proyecto y por lo tanto depende del tipo del tren, en nuestro caso son los tiempos indicados en la tabla. Por otra parte el tiempo de reacción del conductor es 0 ya que el sistema es automático y por lo tanto no hay que tener en cuenta este tiempo.

Para el valor de tiempo de transmisión “CC” a “CC” se ha comprobado que se empieza a contar empezando desde el momento en que el primer “CC” empieza a elaborar la información y finaliza en el momento en que el segundo “CC” hace disponible la información relevante. Este tiempo es utilizado por el simulador para calcular el intervalo entre trenes de la línea.

3.2.2.2 Tiempo para transmitir la ruta de liberación

CBTC: tiempo de transmisión del enclavamiento al CC(s)	0,8
--	-----

8 Tabla 3.8: Tiempo de transmisión del enclavamiento al CC

El tiempo de transmisión del enclavamiento al “CC” está compuesto por el tiempo de transmisión del enclavamiento al controlador de zona, el tiempo de ciclo del controlador de zona y el tiempo de transmisión de la radio entre el controlador de zona y el “CC”.

3.2.2.3 Márgenes

Aproximación operacional (s/km)	0,2
Tasa de variación de la aceleración (s/km)	0,77

9 Tabla 3.9: Márgenes

Los valores de los márgenes son unos valores dependientes en su totalidad del proyecto.

3.2.2.4 Diferencia de velocidad

Tiempo de ciclo del CC(s)	0,2
Esfuerzo máximo de tracción (m/s ²)	0,92
Gradiente mínimo (‰) (Valor negativo)	-41
Tiempo de apertura del Circuito de tracción (s)	2,44
Tiempo cambio Tracción-Freno	0,5
Máxima velocidad del tren	110
Error de velocidad del CC (%)	2
Diferencia (m/s)	4,04
Diferencia de velocidad civil a velocidad ATP (km/h)	15
Diferencia de velocidad ATP a velocidad ATO (km/h)	2,5

10 Tabla 3.10: Parámetros diferencia de velocidad

El esfuerzo máximo de tracción es el peor caso de aceleración y depende de la velocidad del tren.

El tiempo de apertura del circuito de tracción es la suma del peor tiempo de reacción del “CC”, el tiempo de ciclo del “CC” y el tiempo de apertura del circuito de tracción.

El tiempo de cambio tracción – freno es la diferencia del tiempo de aplicación del freno de emergencia y el tiempo de apertura del circuito de tracción.

La diferencia de velocidad civil a velocidad ATP se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \Delta V = & (\gamma \text{ Tracción} + \gamma \text{ Gradiente}) \times \text{Tiempo de apertura del circuito de tracción} \\ & + (\text{Velocidad máxima del tren} \times \text{Diferencia de velocidad}) \\ & + \text{Diferencia de velocidad constante} \\ & + (\gamma \text{ Gradiente} \times \text{Tiempo Cambio Tracción – Freno}) \end{aligned}$$

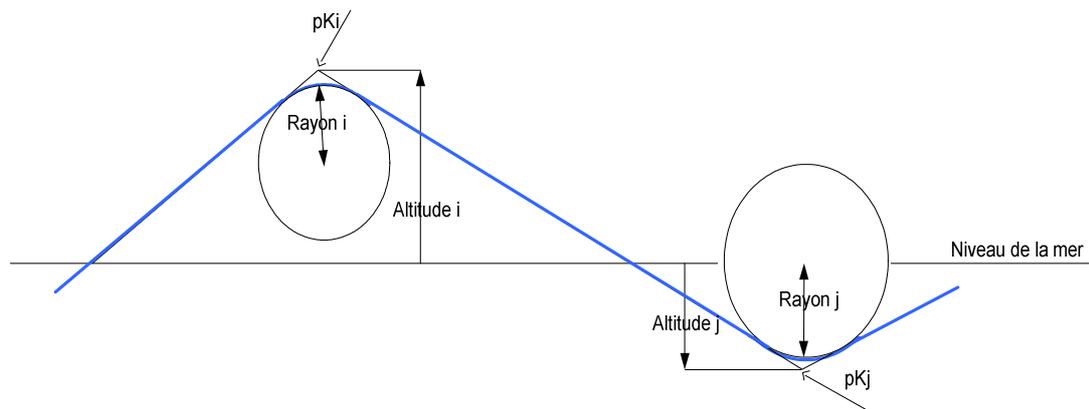
3.2.3 Parámetros de la vía

3.2.3.1 Descripción de Gradientes

Los gradientes se pueden definir como la inclinación relativa de un plano con respecto al plano horizontal.

El operador tendrá que rellenar una tabla por línea y eventualmente por dirección si el tren tiene que usar la línea en la dirección inversa y los valores de descripción de la vía no son los mismos.

En la siguiente figura se puede observar la fórmula que se utiliza en el simulador para obtener el valor del gradiente:



47 Figura 3.10: Gradiente

$$\text{Gradiente}(i, j) = \frac{\text{Altura}_j - \text{Altura}_i}{|Pk_j - PK_i|}$$

Como se puede observar hay que tener en cuenta el radio de la circunferencia que se forma en el cambio de pendiente, así como la altura del cambio de pendiente con respecto al nivel del mar.

En el anexo 1 se muestran los datos reales pertenecientes a la línea en donde se puede observar la utilización del punto kilométrico de cambio de gradiente, el gradiente que tiene la línea en ese punto kilométrico y el radio de curvatura del cambio de gradiente.

3.2.3.2 Descripción de la resistencia

El operador tendrá que rellenar una tabla por línea y eventualmente por dirección, si el tren tiene que usar la línea en la dirección inversa y los valores de descripción de la vía no son los mismos.

El tipo de resistencia es 0 para superficie, 1 para túnel de tipo 1, 2 para túnel de tipo 2 y 3 para túnel de tipo 3.

En la siguiente tabla se puede observar que es de tipo 0 ya que la línea discurre en su totalidad en superficie.

Punto kilométrico del cambio (m)	Tipo
-500	0
20000	0

11 Tabla 3.11: Tipo de resistencia

3.2.3.3 Velocidades

El operador debe rellenar una tabla por línea y eventualmente por dirección si el tren tiene que usar la línea en la dirección inversa.

Los márgenes de la velocidad civil a velocidad de protección automática (ATP) de trenes a velocidad de operación automática (ATO) de trenes son rellenados en la tabla de parámetros del sistema.

Únicamente la columna de velocidad de operación automática de trenes es requerida pero el operador puede rellenar también columnas con la velocidad civil, columnas con velocidad de protección automática de trenes u operación automática de trenes y deducir la velocidad de operación automática de trenes con márgenes.

- Velocidad de protección automática de trenes: ATP
- Velocidad de protección automática de trenes: ATO

En el anexo 2 se muestran los datos reales de las velocidades correspondientes a la vía oeste en sentido incremental.

En el anexo 3 se muestran los datos reales de las velocidades de la vía este en sentido incremental.

3.2.3.4 Descripción de la línea

A continuación se presentan las tablas en las que se puede observar el nombre de la línea.

La dirección que se sigue en este caso va a ser desde la estación inicial Ben Than hasta la estación final Suoi Tien, el nombre de las distintas estaciones, el tiempo de parada en la estación y el punto kilométrico del centro del andén.

El operador debe añadir la tabla para cada vía y dirección (kilómetros crecientes o decrecientes) donde el tiempo del viaje tiene que ser calculado.

Nombre de la línea	Dirección	Nombre de la estación	Código de la estación (3 letras)	Tiempo de parada en estación	PK del centro de la estación
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Ben Thanh	BEN	30	0
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Opera House	OPE	30	715
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Ba Son	BAS	30	1706
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Van Thanh Park	VAN	30	3520
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Tan Cang	TAN	30	4438
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Thao Dien	THA	30	5596
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	An Phu	ANP	30	6553
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Rach Chiec	RAC	30	8207
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Phuoc Long	PHU	30	9713
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Binh Thai	BIN	30	11066
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Thu Duc	THU	30	12810
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	High Tech Park	HIG	30	15190
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Suoi Tien	SUO	30	16765
Línea 1	Ben Thanh – Suoi Tien	Suoi Tien Terminal	TER	30	18821

12 Tabla 3.12: Descripción de la línea

En la siguiente tabla se puede observar el punto kilométrico de parada del tren en cada estación cuando se circula en sentido creciente:

Punto kilométrico creciente en el centro de la estación			
Nombre Estación	Código Estación (3 letras)	Tiempo de parada en estación	Punto kilométrico de parada
Ben Thanh	BEN	30	65
Opera House	OPE	30	776,5
Ba Son	BAS	30	1767,5
Van Thanh Park	VAN	30	3581,5
Tan Cang	TAN	30	4499,5
Thao Dien	THA	30	5657,5
An Phu	ANP	30	6614,5
Rach Chiec	RAC	30	8268,5
Phuoc Long	PHU	30	9774,5
Binh Thai	BIN	30	11127,5
Thu Duc	THU	30	12871,5
High Tech Park	HIG	30	15251,5
Suoi Tien	SUO	30	16826,5
Suoi Tien Terminal	TER	30	18879

13 Tabla 3.13: Puntos kilométricos de parada en sentido creciente

En la siguiente tabla se puede observar el punto kilométrico de parada del tren en cada estación cuando se circula en sentido decreciente:

Punto kilométrico decreciente en el centro de la estación			
Nombre Estación	Código Estación (3 letras)	Tiempo de parada en estación	Punto kilométrico de parada
Suoi Tien Terminal	TER	30	18756
Suoi Tien	SUO	30	16703,5
High Tech Park	HIG	30	15128,5
Thu Duc	THU	30	12748,5
Binh Thai	BIN	30	11004,5
Phuoc Long	PHU	30	9651,5
Rach Chiec	RAC	30	8145,5
An Phu	ANP	30	6491,5
Thao Dien	THA	30	5534,5
Tan Cang	TAN	30	4376,5
Van Thanh Park	VAN	30	3458,5
Ba Son	BAS	30	1644,5
Opera House	OPE	30	653,5
Ben Thanh	BEN	30	-58

14 Tabla 3.14: Puntos kilométricos de parada en sentido decreciente

3.3 Descripción del proceso de simulación

Una vez explicado el simulador y los diferentes datos que se utilizan para la realización de la simulación se va a proceder a realizar una descripción del proceso a seguir para llevarla a cabo.

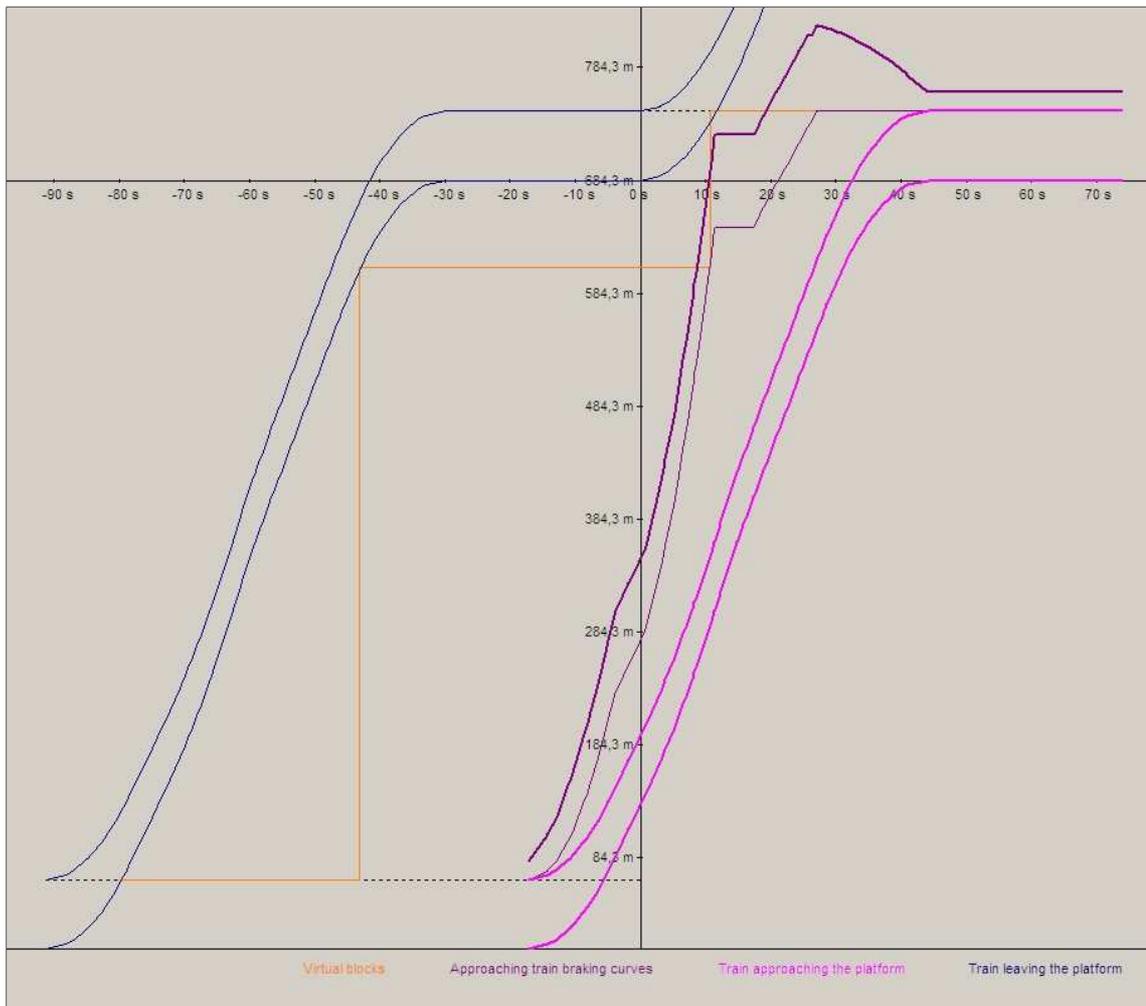
Hay que partir de los datos proporcionados por el cliente, normalmente en forma de planos, en los que es necesario que aparezcan los puntos kilométricos de las distintas estaciones de la línea, los puntos kilométricos donde se encuentran las agujas en las que el tren puede realizar un cambio de vía. También son necesarios todos los parámetros que se muestran en el apartado anterior, tales como los puntos de cambio de gradiente, cambio de velocidad ya sea ocasionado por una curva o porque hay una limitación de velocidad en algún punto de la línea. Además, son necesarias las características de los trenes que circularán, así como los parámetros de nuestro sistema CBTC.

Una vez recopilados todos los datos (tren, los parámetros del sistema y la descripción de la línea), estos son introducidos en el simulador y se puede proceder a simular. Se simulará por separado los trayectos en ambas vías, es decir, por un lado se simula la vía en la que el tren recorra los kilómetros de manera creciente y por otro lado se simula la vía en la que el tren va en sentido decreciente.

En el caso de simular el recorrido desde la estación inicial a la final en sentido creciente hay que generar las estaciones en el programa. Para ello se deben cargar todas las estaciones con sus puntos kilométricos y los tiempos de parada del tren de forma que se pueda generar un trayecto. En este proyecto este caso toma el siguiente nombre: BEN_TER_inc, que se refiere al trayecto en sentido creciente desde la estación inicial Ben Thanh hasta la estación final Suoi Tien Terminal.

Una vez generado el trayecto, el simulador va a calcular todos los tiempos de los trayectos entre estaciones y generará una serie de curvas.

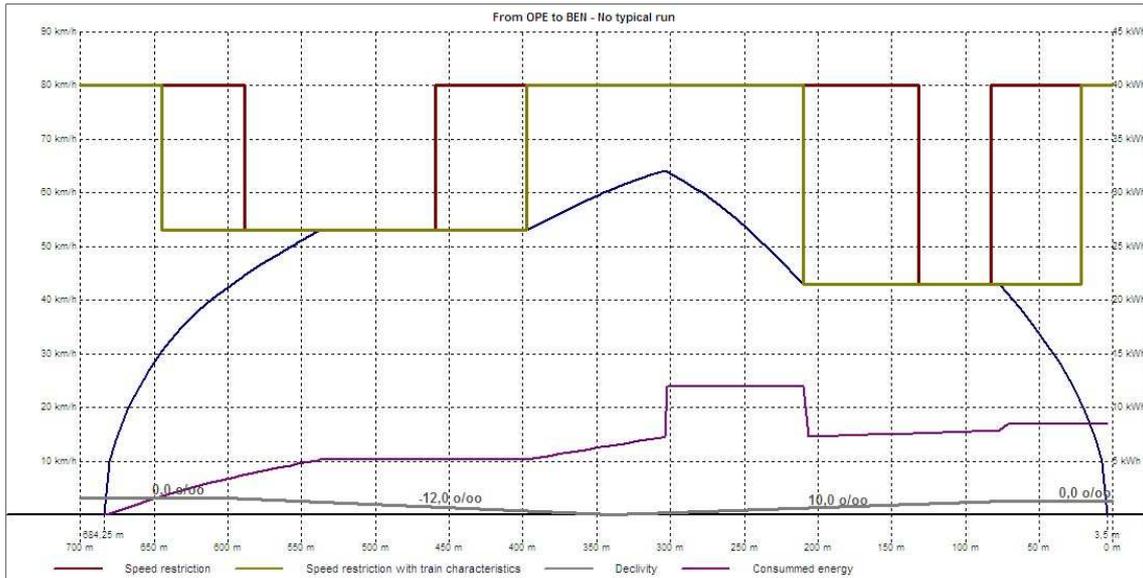
En esta primera grafica, figura 3.12 (esta figura se explica en el apartado 4 del proyecto), se puede observar el cálculo del intervalo entre trenes o “headway” para una estación determinada. En ella se muestran las curvas de los movimientos de los trenes y la curva de frenado de aproximación. En color azul la del tren que abandona la estación, en color rosa la del tren que se aproxima a la estación y entre ambas la curva de frenado del tren que se aproxima a la estación.



48 Figura 3.11: Llegada, parada y salida de tren en estación

A su vez el simulador muestra en esta otra gráfica, la figura 3.13 (estas curvas se explican en el apartado 4 del proyecto), en la que se puede observar la restricción de velocidad que debe respetar el tren en su recorrido (en color rojo), la propia restricción de velocidad que tiene el tren debida a las características de su diseño (en color verde), los gradientes que hay entre los puntos kilométricos que tiene el recorrido (en color gris) y el consumo de energía derivado del tren en cada momento pudiendo observarse que el mayor consumo de energía se produce al vencer cuestas y al tener que acelerar (en color morado).

NOTA: Todas las curvas aparecen en el anexo 4 correspondiente al documento generado por el simulador.



49 Figura 3.12: Trayecto

Una vez que tenemos generados los trayectos y las paradas en estación del tren para cada uno de los trayectos, se procederá a la realización de los escenarios. En ellos se muestran los cruces de los trenes, normalmente en los extremos de la línea, y están diseñados de forma que no se produzca ninguna situación de peligro cuando se producen llegadas y salidas de trenes desde el principio o el final de la línea.

En el proyecto de Ho Chi Minh se realizan cruces en numerosas estaciones a lo largo de la línea, no sólo en el principio y el final.

Por ello los escenarios están explicados uno a uno en el apartado 4 del proyecto.

NOTA: Todas las curvas aparecen en el anexo 4 correspondiente al documento generado por el simulador.



4. Resultados

Tras la realización de la simulación, se han obtenido una serie de resultados que permitirán analizar la viabilidad del proyecto así como los requisitos pedidos por el cliente.

Para conseguir los requerimientos, se tendrán en cuenta los siguientes términos:

- Tiempo de parada en estación: Es el tiempo transcurrido desde el momento en el que un tren para (la velocidad del tren es igual a 0 km/h) y el momento en el que un tren empieza a moverse otra vez (la velocidad del tren es mayor que 0 km/h).
- Tiempo de Trayecto: Es el tiempo que emplea un tren en ir de una estación a otra. No se incluye el tiempo de parada en estación.
- Velocidad Media: Es la velocidad promedio del tren de una estación a la siguiente. Si se especifica, no se incluye el tiempo de parada en la estación.
- Intervalo: Es el tiempo de separación entre sucesivos trenes medido en un punto fijo en la línea. Hay que tener en cuenta que se asume que los perfiles de velocidad de los dos trenes van a ser idénticos.
Esto es un valor teórico calculado que tiene en cuenta las características de los trenes, las características de la línea, los tiempos de parada en la estación y los retrasos técnicos.
- Curva de Velocidad: Muestra la velocidad del tren cuando va de una estación hacia la siguiente.

Los requerimientos del cliente son:

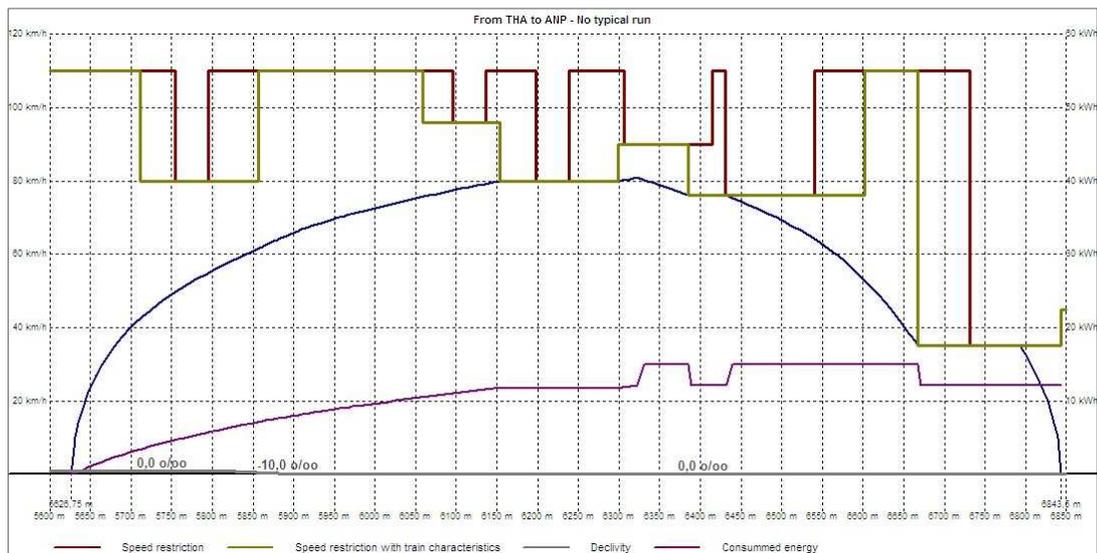
- Intervalo máximo en la Línea: 130 segundos
- Tiempo máximo de trayecto completo: 29 minutos
- Velocidad Media de la Línea (incluyendo los tiempos de estacionamiento): Mínimo 35 km/h

4.1 Intervalos en la línea con sistema CBTC y velocidad media

Los intervalos de la línea CBTC y los tiempos de recorridos han sido evaluados para ambas vías principales.

A continuación se muestra un resumen de las simulaciones usando la velocidad máxima de aproximación a la estación que se muestra en las tablas que se muestran en los diferentes subapartados pertenecientes al actual 4.1. En ellas se pueden observar los tiempos de recorrido y las velocidades medias en los recorridos tanto de una estación a otra como en las vueltas automáticas.

Previamente a la muestra de resultados, se va a proceder a la explicación de los mismos mediante la representación gráfica que se obtiene con el simulador. Para ello se utiliza la curva del trayecto en el que se produce el cruce desde la vía este hasta el apartadero situado en An Phu. Esta curva se puede observar en la figura 4.1:



50 Figura 4.1: Curva trayecto vía este hasta apartadero An Phu

Se puede observar que tenemos cinco curvas representadas por distintos colores.

La curva de color rojo muestra la restricción de velocidad que debe respetar el tren en su recorrido, es decir, bajo ningún concepto puede superar esta velocidad. También aparece en color verde otro tipo de restricción de velocidad, en este caso se debe a la propia restricción que tiene el tren causada por sus características de diseño ya que no todos los trenes tienen las mismas prestaciones.

En color gris aparecen los gradientes existentes en los distintos puntos kilométricos del recorrido y muestran de una forma bastante intuitiva el perfil de la línea a lo largo de los kilómetros analizados en cada caso. En función del perfil o de si estamos en fase de aceleración o en fase de mantenimiento, la curva de color morado será mayor o menor ya que representa el consumo de energía que tiene el tren en cada instante y muestra de una forma bastante clara que cuando el tren acelera o vence cuestas el consumo se

incrementa mientras que si el tren permanece a una velocidad constante el consumo de energía también será constante.

Por último, la curva de color azul muestra las distintas velocidades que toma el tren en su avance. Se puede observar cómo parte desde parado y gana velocidad hasta llegar aproximadamente al PK 6150 en el que se encuentra con una restricción de 80 km/h y que mantiene hasta que esta restricción finaliza aproximadamente en el PK 6300. A partir de este punto se ve cómo el tren aumenta un poco la velocidad hasta que se ve obligado a reducirla para cumplir con otra restricción de velocidad también de 80 km/h situada en el PK 6380 aproximadamente.

A partir del PK 6430 el tren comienza a reducir su velocidad para cumplir con los 35 km/h a los que debe ir en la aguja situada en el PK 6731, y poco después vuelve a reducir la velocidad hasta detenerse en el final del trayecto que está siendo objeto de análisis.

4.1.1 Tiempos de recorrido y velocidades para el trayecto entre Ben Thanh y Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Ben Thanh	Opera House	680,75	65,51	37,41
Opera House	Ba Son	991	78,63	45,37
Ba Son	Van Thanh Park	1814	127,08	51,39
Van Thanh Park	Tan Cang	918	74,96	44,09
Tan Cang	Thao Dien	1158	86,66	48,11
Thao Dien	An Phu	957	76,20	45,21
An Phu	Rach Chiec	1654	112,50	52,93
Rach Chiec	Phuoc Long	1506	102,66	52,81
Phuoc Long	Binh Thai	1353	96,09	50,69
Binh Thai	Thu Duc	1744	114,16	55,00
Thu Duc	High Tech Park	2380	144,01	59,50
High Tech Park	Suoi Tien	1575	110,36	51,38
Suoi Tien	Suoi Tien Terminal	2021,75	144,45	50,39

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	22,22 min
Velocidad media excluyendo las paradas	50,63 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	28,22 min
Velocidad media incluyendo las paradas	39,87 km/h

4.1.2 Tiempos de recorrido y velocidades para el recorrido entre Suoi Tien Terminal y Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Suoi Tien Terminal	Suoi Tien	2021,75	144,82	50,26
Suoi Tien	High Tech Park	1575	108,41	52,30
High Tech Park	Thu Duc	2380	147,57	58,06
Thu Duc	Binh Thai	1744	118,37	53,04
Binh Thai	Phuoc Long	1353	104,30	46,70
Phuoc Long	Rach Chiec	1506	102,94	52,67
Rach Chiec	An Phu	1654	109,99	54,14
An Phu	Thao Dien	957	76,35	45,12
Thao Dien	Tan Cang	1158	86,50	48,20
Tan Cang	Van Thanh Park	918	75,52	43,76
Van Thanh Park	Ba Son	1814	120,81	54,05
Ba Son	Opera House	991	80,12	44,53
Opera House	Ben Thanh	680,75	67,82	36,13

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	22,39 min
Velocidad media excluyendo las paradas	50,25 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	28,39 min
Velocidad media incluyendo las paradas	39,63 km/h

4.1.3 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y el apartadero en An Phu (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Thao Dien	An Phu	1216,75	96,96	45,18

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,62 min
Velocidad media excluyendo las paradas	45,18 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,62 min
Velocidad media incluyendo las paradas	27,91 km/h

4.1.4 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y este en An Phu (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Thao Dien	An Phu	321,75	40,37	28,69

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	0,67 min
Velocidad media excluyendo las paradas	28,69 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,67 min
Velocidad media incluyendo las paradas	11,54 km/h

4.1.5 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y el apartadero en An Phu (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
An Phu	Thao Dien	1216,75	90,13	48,60

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,50 min
Velocidad media excluyendo las paradas	48,60 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,50 min
Velocidad media incluyendo las paradas	29,18 km/h

4.1.6 Tiempos de recorrido y velocidades para el trayecto entre An Phu y Thao Dien (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
An Phu	Thao Dien	321,75	40,15	28,85

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	0,67 min
Velocidad media excluyendo las paradas	28,85 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,67 min
Velocidad media incluyendo las paradas	11,57 km/h

4.1.7 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Opera House	Ben Thanh	680,75	70,31	34,86

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,17 min
Velocidad media excluyendo las paradas	34,86 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,67 min
Velocidad media incluyendo las paradas	24,43 km/h

4.1.8 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Ben Thanh (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Ben Thanh	Opera House	680,75	69,10	35,46

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,15 min
Velocidad media excluyendo las paradas	35,46 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,65 min
Velocidad media incluyendo las paradas	24,73 km/h

4.1.9 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Opera House	Ben Thanh	680,75	70,44	34,79

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,17 min
Velocidad media excluyendo las paradas	34,79 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,67 min
Velocidad media incluyendo las paradas	24,40 km/h

4.1.10 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Ben Thanh (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Ben Thanh	Opera House	680,75	68,27	35,90

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,14 min
Velocidad media excluyendo las paradas	35,90 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,64 min
Velocidad media incluyendo las paradas	24,94 km/h

4.1.11 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Binh Thai (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Binh Thai	Phuoc Long	1353	108,27	44,99

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,80 min
Velocidad media excluyendo las paradas	44,99 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,80 min
Velocidad media incluyendo las paradas	28,95 km/h

4.1.12 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Binh Thai (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Binh Thai	Thu Duc	1744	114,16	55,00

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,90 min
Velocidad media excluyendo las paradas	55,00 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,90 min
Velocidad media incluyendo las paradas	36,05 km/h

4.1.13 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Tan Cang (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Van Thanh Park	Tan Cang	952,25	85,34	40,17

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,42 min
Velocidad media excluyendo las paradas	40,17 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,42 min
Velocidad media incluyendo las paradas	23,59 km/h

4.1.14 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y el apartadero en Tan Cang (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Tan Cang	Van Thanh Park	918	82,28	40,17

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,37 min
Velocidad media excluyendo las paradas	40,17 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,37 min
Velocidad media incluyendo las paradas	23,23 km/h

4.1.15 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Suoi Tien Terminal	Suoi Tien	2021,75	144,87	50,24

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	2,41 min
Velocidad media excluyendo las paradas	50,24 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,91 min
Velocidad media incluyendo las paradas	41,62 km/h

4.1.16 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía este y la vía oeste en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Suoi Tien	Suoi Tien Terminal	2021,75	151,47	48,05

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	2,52 min
Velocidad media excluyendo las paradas	48,05 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	3,02 min
Velocidad media incluyendo las paradas	40,11 km/h

4.1.17 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos decrecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Suoi Tien Terminal	Suoi Tien	2021,75	142,37	51,12

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	2,37 min
Velocidad media excluyendo las paradas	51,12 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,87 min
Velocidad media incluyendo las paradas	42,22 km/h

4.1.18 Tiempos de recorrido y velocidades para el cruce entre la vía oeste y la vía este en Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes)

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Suoi Tien	Suoi Tien Terminal	2021,75	147,37	49,39

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	2,46 min
Velocidad media excluyendo las paradas	49,39 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	2,96 min
Velocidad media incluyendo las paradas	41,03 km/h

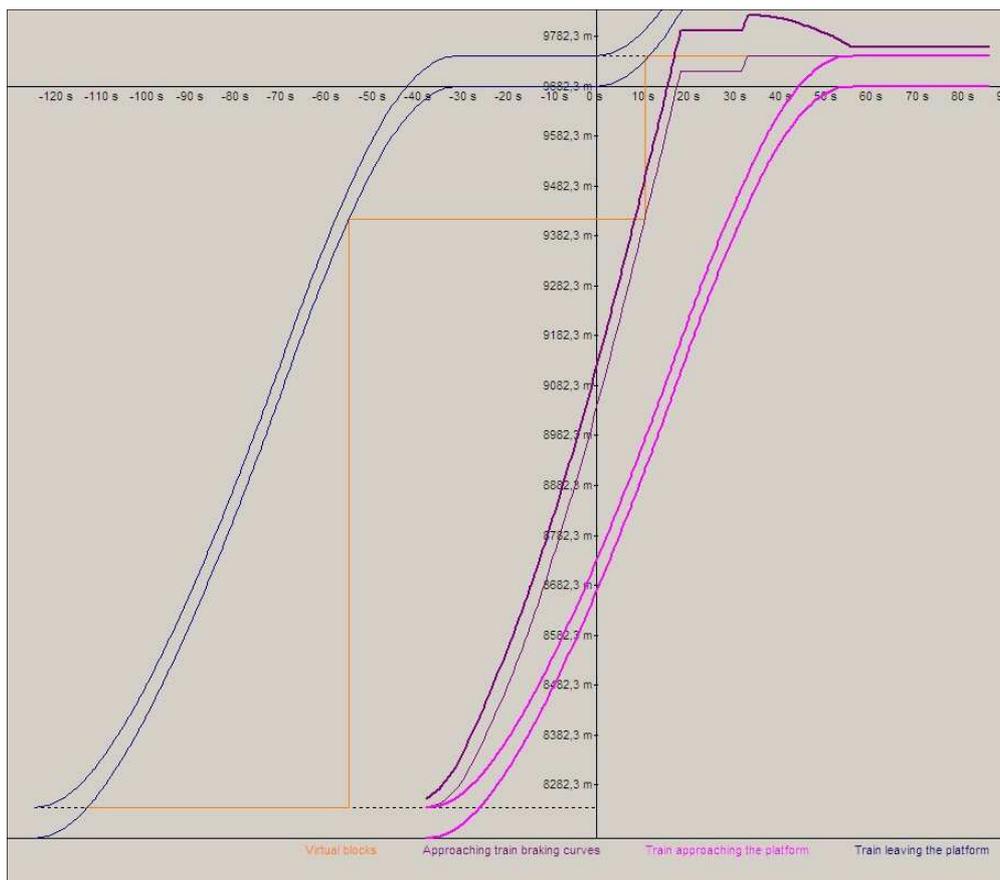
4.2 Intervalo entre trenes en la línea

En este apartado se va a comprobar el intervalo existente entre los trenes que recorren la línea de una estación a otra. En las tablas adjuntas se puede observar el nombre de cada una de las estaciones, el punto kilométrico del centro de cada estación, el tiempo de parada de cada tren en la estación y la separación existente entre trenes en su trayecto entre estaciones.

En las estaciones situadas tanto en el inicio como en el final de la estación se puede observar que únicamente aparecen los tiempos de parada y el tiempo de separación entre trenes (headway). Esto es así ya que el headway se calcula en las vueltas automáticas y se muestran en las tablas de resultados los intervalos entre trenes tanto a la llegada como a la salida de las estaciones.

El simulador saca unas gráficas en las que aparecen representadas unas curvas que representan el cálculo del intervalo entre trenes para una estación determinada.

En la figura 4.2 se puede ver en color azul la representación del movimiento del tren que abandona la estación, en color rosa la del tren que se aproxima a la estación y entre ambas la curva de frenado del tren que se aproxima a la estación:



51 Figura 4.2: Gráfica representación del headway

4.2.1 Análisis del intervalo entre trenes desde Ben Thanh hasta Suoi Tien Terminal (Puntos kiloméricos crecientes)

Nombre de la estación	Pk centro de la estación	Tiempo de parada (seg)	Separación entre trenes (seg)
Opera House	745,75	30 s	74 s
Ba Son	1736,75	30 s	74 s
Van Thanh Park	3550,75	30 s	76 s
Tan Cang	4468,75	30 s	78 s
Thao Dien	5626,75	30 s	82 s
An Phu	6583,75	30 s	80 s
Rach Chiec	8237,75	30 s	72 s
Phuoc Long	9743,75	30 s	86 s
Binh Thai	11096,75	30 s	82 s
Thu Duc	12840,75	30 s	82 s
High Tech Park	15220,75	30 s	110 s
Suoi Tien	16795,75	30 s	88 s

4.2.2 Análisis del intervalo entre trenes desde Suoi Tien Terminal hasta Ben Thanh (Puntos kilométricos decrecientes)

Nombre de la estación	Pk centro de la estación	Tiempo de parada (seg)	Separación entre trenes (seg)
Suoi Tien	16734,25	30 s	96 s
High Tech Park	15159,25	30 s	94 s
Thu Duc	12779,25	30 s	92 s
Binh Thai	11035,25	30 s	66 s
Phuoc Long	9682,25	30 s	70 s
Rach Chiec	8176,25	30 s	82 s
An Phu	6522,25	30 s	88 s
Thao Dien	5565,25	30 s	78 s
Tan Cang	4407,25	30 s	82 s
Van Thanh Park	3489,25	30 s	74 s
Ba Son	1675,25	30 s	88 s
Opera House	684,25	30 s	72

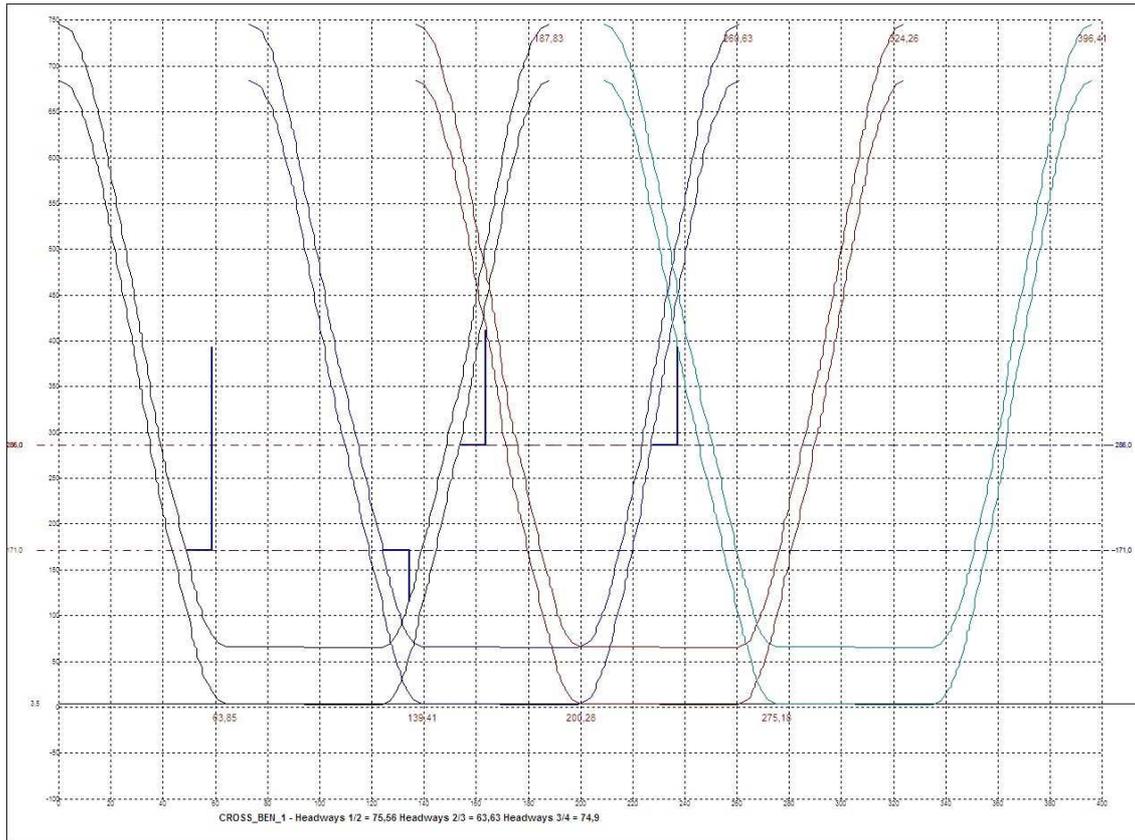
4.3 Resultados del análisis del sistema de las vueltas automáticas

En este apartado se pretende mostrar el recorrido que ejecuta cada tren en las vueltas automáticas (en el caso de que el sistema no fuese “driverless” las vueltas no serían automáticas ya que un maquinista se encargaría de llevarlas a cabo con la ayuda del equipo embarcado) entre estaciones recorriendo las agujas que permiten el cambio de una vía a otra.

A su vez se presenta la secuencia de movimientos en la que vemos el orden de movimientos de cada tren, el trayecto que realiza presentando su movimiento desde un punto origen y un punto de fin de movimiento, el cruce entre trenes en los movimientos y los puntos que hacen de liberación para que el siguiente tren pueda realizar el trayecto sin ningún peligro.

Además, con el simulador obtenemos una serie de curvas en las vueltas automáticas que permiten comprobar que los trenes van a realizar los movimientos de una forma segura y sin generar ninguna situación de peligro. Estas curvas son obtenidas a partir de una serie de rutas que generamos para el movimiento de los trenes en las estaciones de final de trayecto o en las estaciones en las que se pueda producir una vuelta automática, es decir, en aquellas que cuenten con agujas que permitan el cambio del tren de una vía a otra.

Para explicar las curvas que se obtienen con el simulador en las vueltas automáticas se tomará ayuda de los escenarios obtenidos con las vueltas automáticas en el cruce en Ben Thanh y con las curvas correspondientes a los trayectos de llegada y de partida a la estación Ben Thanh. A continuación se presentan las siguientes curvas que muestran el cruce entre cuatro trenes:

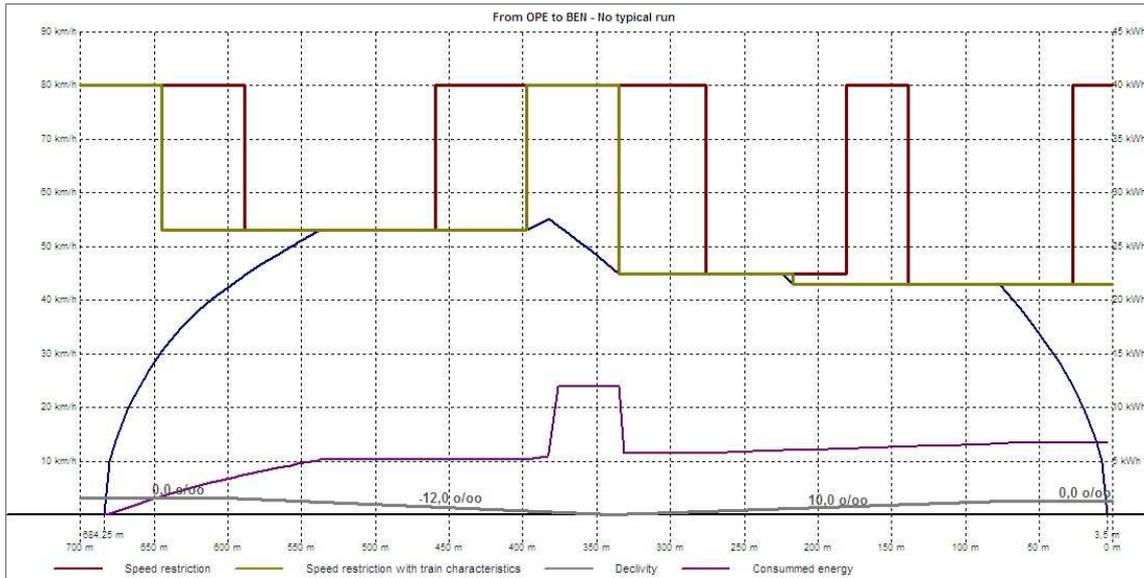


52 Figura 4.3: Cruce en Ben Thanh

Cada tren se aproxima a la estación observándose que permanecen parados 60 segundos en los que los pasajeros abandonan los distintos vagones y tras este tiempo parten de nuevo.

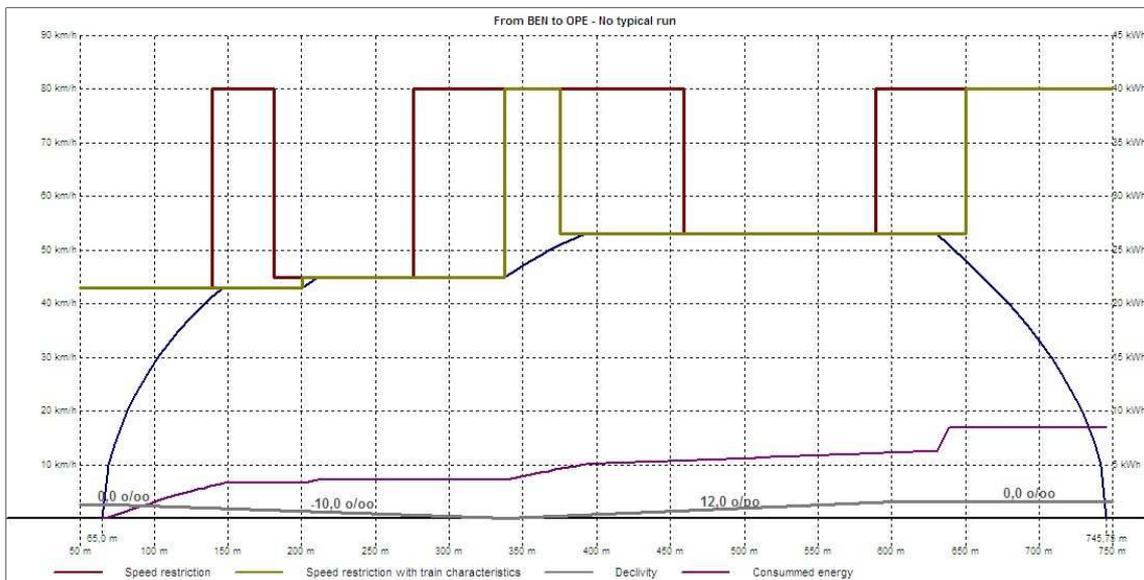
Los Pk's que hay que tener en cuenta serán el 171 y el 286 ya que estos van a ser los puntos de liberación de ruta y que van a permitir la circulación segura de un tren que sigue a otro. No obstante, los movimientos específicos de este caso están explicados en el apartado 4.3.1.1.

La figura 4.4 muestra el movimiento que realiza el tren aproximándose a la estación de Ben Thanh. Se puede observar como al llegar al Pk 286 el tren se encuentra con una limitación de velocidad de 45 km/h que es la máxima velocidad con la que puede cruzar la aguja y tras realizar el cruce se detiene en la estación.



53 Figura 4.4: De Opera House a Ben Thanh

La figura 4.5 muestra como el tren realiza el movimiento de salida de la estación desde parado. En este caso la limitación de velocidad de 45 km/h se la encuentra a partir del Pk 171 que es donde empieza la aguja y a partir del pk 286 el tren puede comenzar a acelerar hasta la velocidad de 53 km/h que es una limitación que aparece en el pk 459 ocasionada por una curva que aparece en el trayecto del tren.



54 Figura 4.5: De Ben Thanh a Opera House

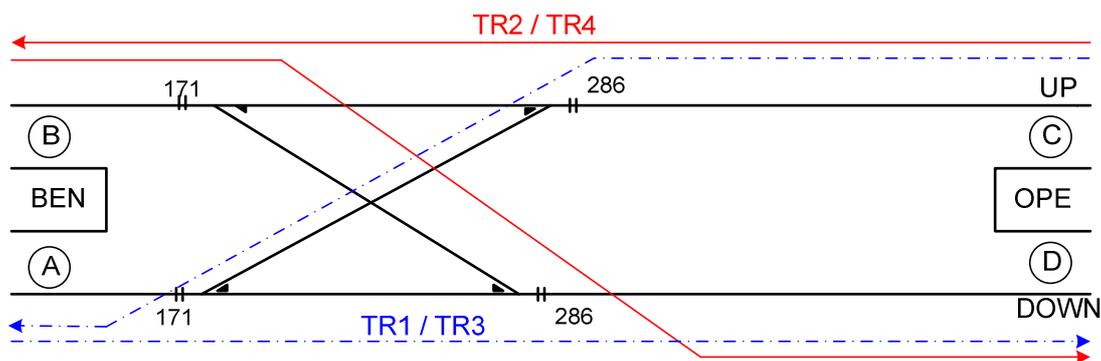
4.3.1 Vuelta automática en Ben Thanh

4.3.1.1 Movimientos para la Estación Ben Thanh

El tren parte de la posición C y toma la aguja dirigiéndose a la posición A, allí realiza su parada mientras llega otro tren que se dirige desde la posición C hasta la posición B. Tras realizar su tiempo de parada, el primer tren saldrá desde su posición A dirigiéndose a la posición D siempre y cuando el segundo tren haya pasado por el punto de la junta de aguja situado en el PK 286 asegurando de esta manera que se produce un movimiento seguro.

Cuando el segundo tren ha pasado la junta de aguja situada en el PK 171 podrá llegar otro tren desde el punto C hasta el punto A de manera segura. Tras llegar el tercer tren a la posición A y traspasar la junta del PK 171 es cuando el segundo tren puede partir desde B hasta D de forma segura, y cuando éste pase la junta del PK 286 podrá circular un cuarto tren desde C hasta B.

Siguiendo esta secuencia todos los trenes podrán realizar las vueltas automáticas sin que ocurra ningún tipo de situación de peligro.



55 Figura 4.6: Vuelta en Ben Thanh

4.3.1.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	C -> A			
2	TR2	C -> B	Mov. 1	286	171+T_Route_Setting
3	TR1	A -> D	Mov.2	171	171+T_Route_Setting
4	TR3	C -> A	Mov. 3	286	286+T_Route_Setting
5	TR2	B -> D			
6	TR4	C -> B	Mov. 5	286	286+T_Route_Setting
7	TR3	A -> D			
8	TR4	B -> D			

En las columnas correspondientes a la liberación de ruta de las tablas que se adjuntan aparece un valor que corresponde al punto kilométrico a partir del cual se permite el movimiento del tren que viene tras otro (en este caso son los pk's 171 y 286).

A éste además se le suma un tiempo llamado "Time Route Setting" que se trata del tiempo de establecimiento de ruta fijado por el enclavamiento que hace que la liberación de ruta se retrase un tiempo determinado para que el movimiento del tren se produzca de forma segura.

4.3.1.3 Resultados de la Simulación

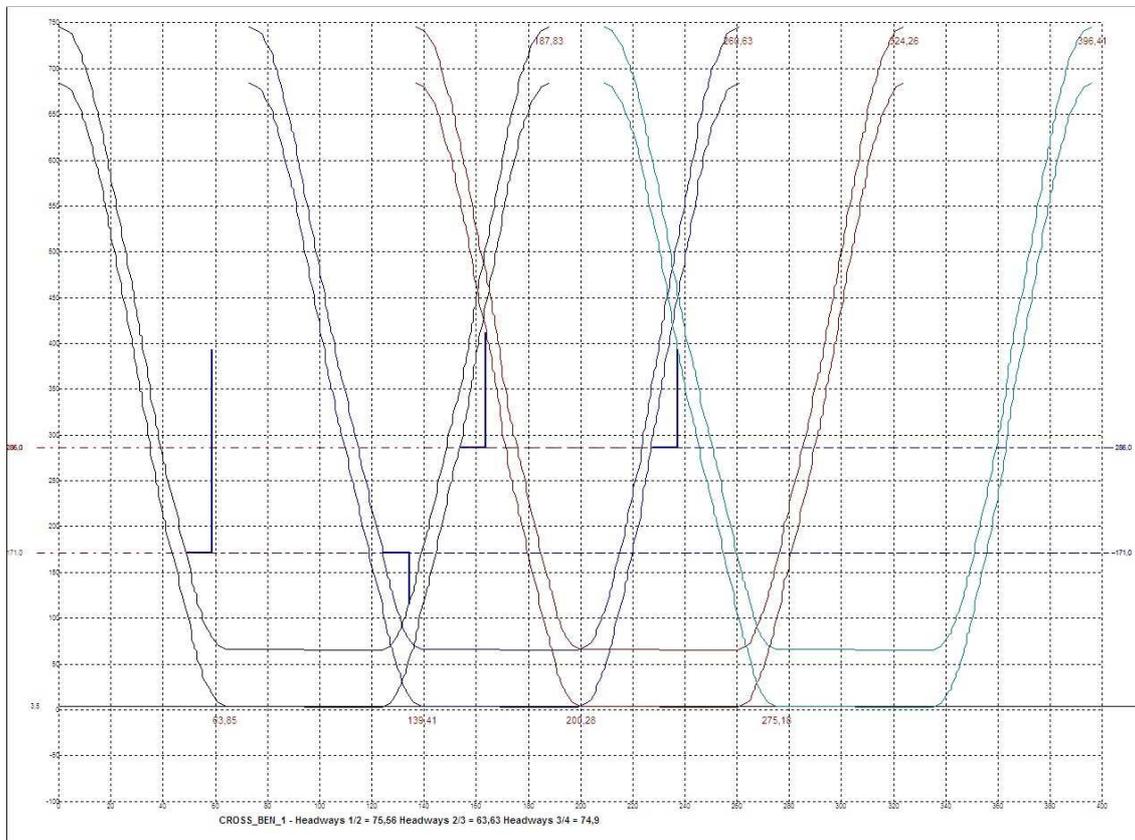
A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

Entre trenes	BEN Intervalo de salida	OPE Intervalo de llegada	OPE Intervalo de salida	BEN Intervalo de llegada
T1-T2	72,94	75,56	75,56	72,8
T2-T3	63,49	60,87	60,87	63,63
T3-T4	72,28	74,9	74,9	72,15

4.3.1.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.1.1 y se señalan los puntos críticos situados en los PK's 171 y 286 que tienen que estar libres para permitir la circulación de trenes de manera segura.



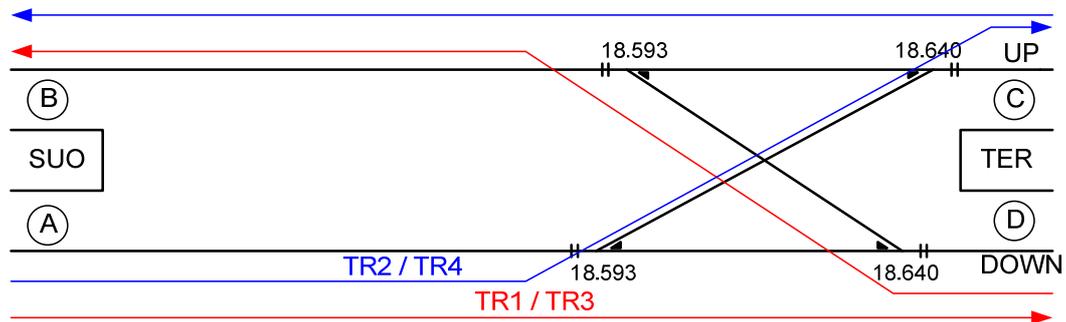
56 Figura 4.7: Cruce en Ben Thanh

4.3.2 Vuelta automática en Suoi Tien Terminal

4.3.2.1 Movimientos para la Estación Suoi Tien Terminal

El tren 1 parte desde la posición A hasta la posición D y realiza allí su parada, entonces el tren 2 se dirige desde el punto A hasta el punto C para realizar su parada. Después de pasar el tren 2 por la junta situada en el PK 18640 permitirá al tren 1 partir desde D hasta B con seguridad, y éste a su vez tras pasar el PK 18593 permitirá la llegada del tren 3 desde A hasta D.

Siguiendo esta secuencia de movimientos se garantizará a los trenes el recorrido de unas vueltas automáticas seguras.



57 Figura 4.8: Vuelta en Suoi Tien Terminal

4.3.2.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	A -> C			
2	TR2	A -> D	Mov.1	18593	18650+T_Route_Setting
3	TR1	C -> B	Mov. 2	18650	18650+T_Route_Setting
4	TR3	A -> C	Mov. 3	18593	18593+T_Route_Setting
5	TR2	D -> B			
6	TR4	A -> D	Mov.5	18593	18593+T_Route_Setting
7	TR3	C -> B			
8	TR4	D -> B			

4.3.2.3 Resultados de la simulación

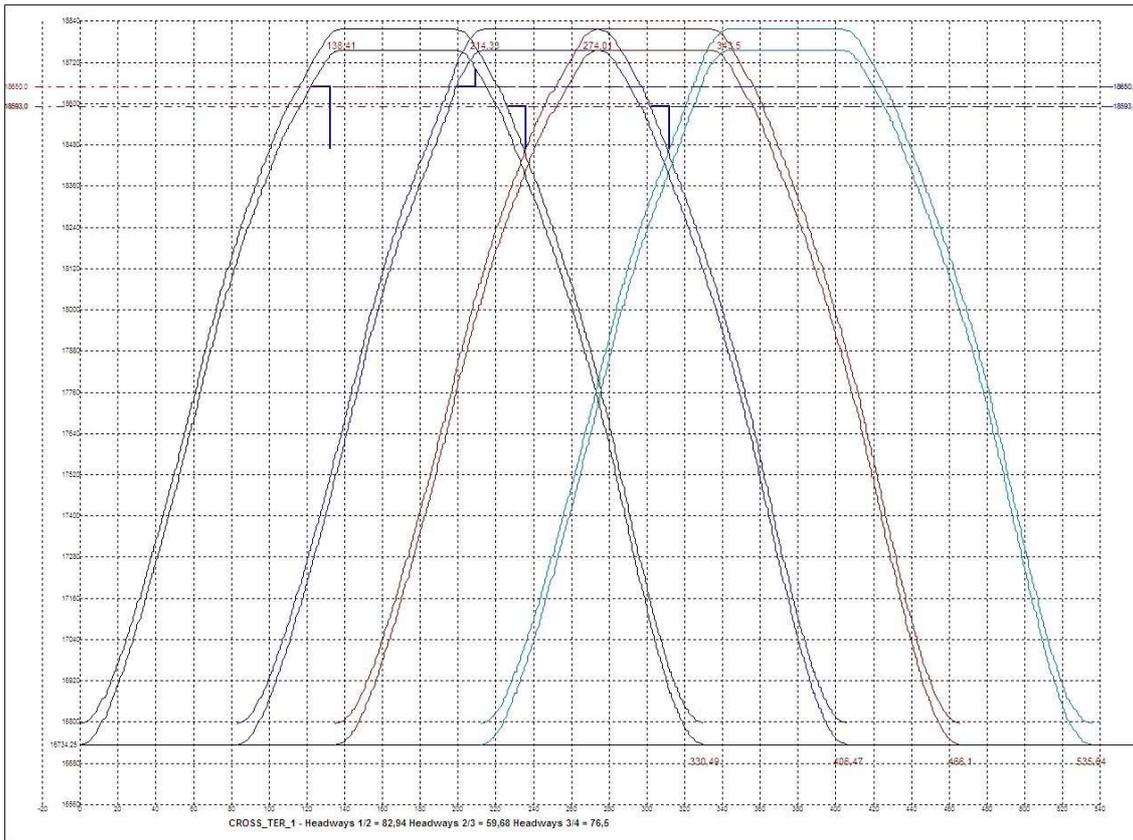
A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

Entre trenes	SUO Intervalo de salida	TER Intervalo de llegada	TER Intervalo de salida	SUO Intervalo de llegada
T1-T2	82,94	75,92	75,92	75,98
T2-T3	52,66	59,68	59,68	59,63
T3-T4	76,5	69,49	69,49	69,54

4.3.2.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.2.1. y se señalan los puntos críticos situados en los PK's 18593 y 18650 que tienen que estar libres para permitir la circulación de trenes de manera segura.



58 Figura 4.9: Cruce en Suoi Tien Terminal

4.3.3 Vuelta automática en An Phu (Línea Y)

4.3.3.1 Movimientos para la estación An Phu

En esta vuelta automática todos los trenes parten desde el punto A para dirigirse a un apartadero situado en el punto B, allí realizan su parada y se dirigen desde el punto B hasta el punto C.

Como se puede observar en la secuencia de movimientos, todos los trenes parten desde el PK 6649 y permiten a los siguientes trenes realizar el movimiento con seguridad cuando han recorrido el PK 6731 circulando desde B hasta C.

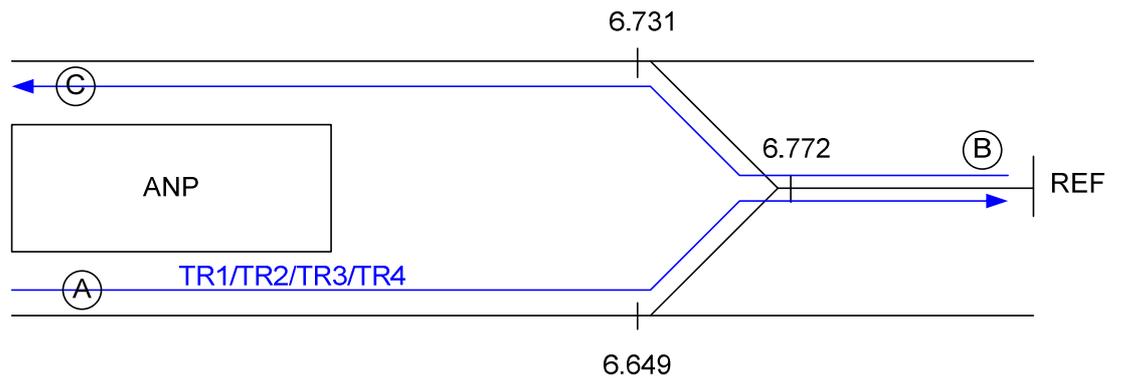


Ilustración 59 Figura 4.10: Vuelta en An Phu

4.3.3.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	A -> B			
2	TR1	B -> C			
3	TR2	A -> B	Mov. 2	6.649	6.731+T_Route_Setting
4	TR2	B -> C			
5	TR3	A -> B	Mov. 4	6.649	6.731+T_Route_Setting
6	TR3	B -> C			
7	TR4	A -> B	Mov. 6	6.649	6.731+T_Route_Setting
8	TR4	B -> C			

4.3.3.3 Resultados de la simulación

A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

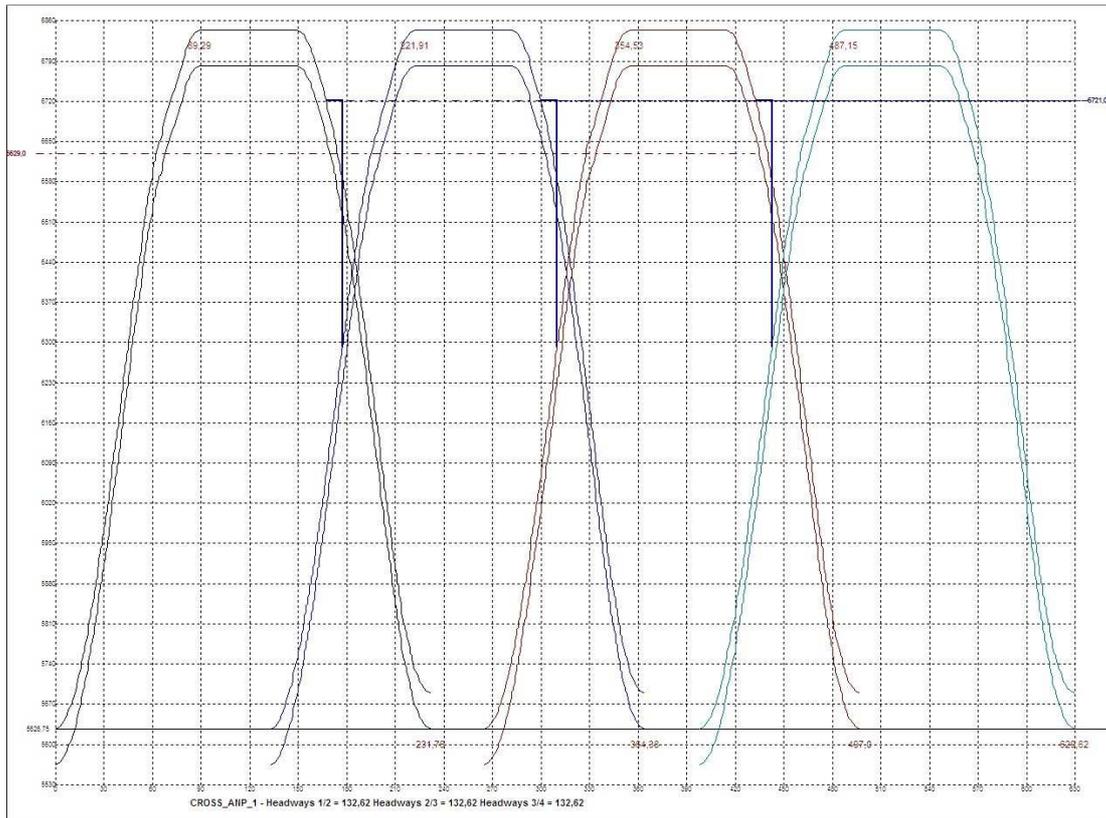
Los tiempos son similares debido a que las vueltas automáticas se calculan con la llegada, parada y salida de un mismo tren, y después igual con los sucesivos trenes de forma reiterada.

Entre trenes	ANP Intervalo de salida	REF Intervalo de llegada	REF Intervalo de salida	ANP Intervalo de llegada
T1-T2	132,62	132,62	132,62	132,62
T2-T3	132,62	132,62	132,62	132,62
T3-T4	132,62	132,62	132,62	132,62

4.3.3.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.3.1 y se señalan los puntos críticos situados en los PK's 6649 y 6731 que tienen que estar libres para permitir la circulación de trenes de manera segura.



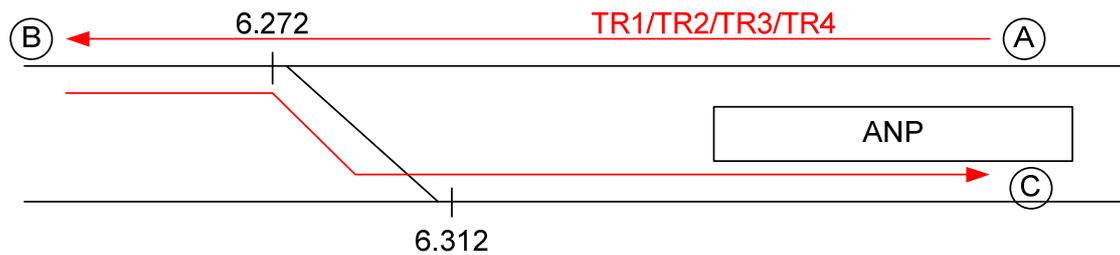
60 Figura 4.11: Cruce en An Phu

4.3.4 Vuelta Automática en An Phu (Down Line)

4.3.4.1 Movimientos para la Estación An Phu

En esta vuelta automática todos los trenes parten desde el punto A para dirigirse al punto B, allí realizan su parada y se dirigen desde el punto B hasta el punto C.

Como se puede observar en la secuencia de movimientos todos los trenes permiten a los siguientes realizar el movimiento con seguridad cuando han recorrido el PK 6312 circulando desde B hasta C.



61 Figura 4.12: Vuelta en An Phu (Down)

4.3.4.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	A -> B			
2	TR1	B -> C			
3	TR2	A -> B	Mov. 2	6.312	6.312+T_Route_Setting
4	TR2	B -> C			
5	TR3	A -> B	Mov. 4	6.312	6.312+T_Route_Setting
6	TR3	B -> C			
7	TR4	A -> B	Mov. 6	6.312	6.312+T_Route_Setting
8	TR4	B -> C			

4.3.4.3 Resultados de la simulación

A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

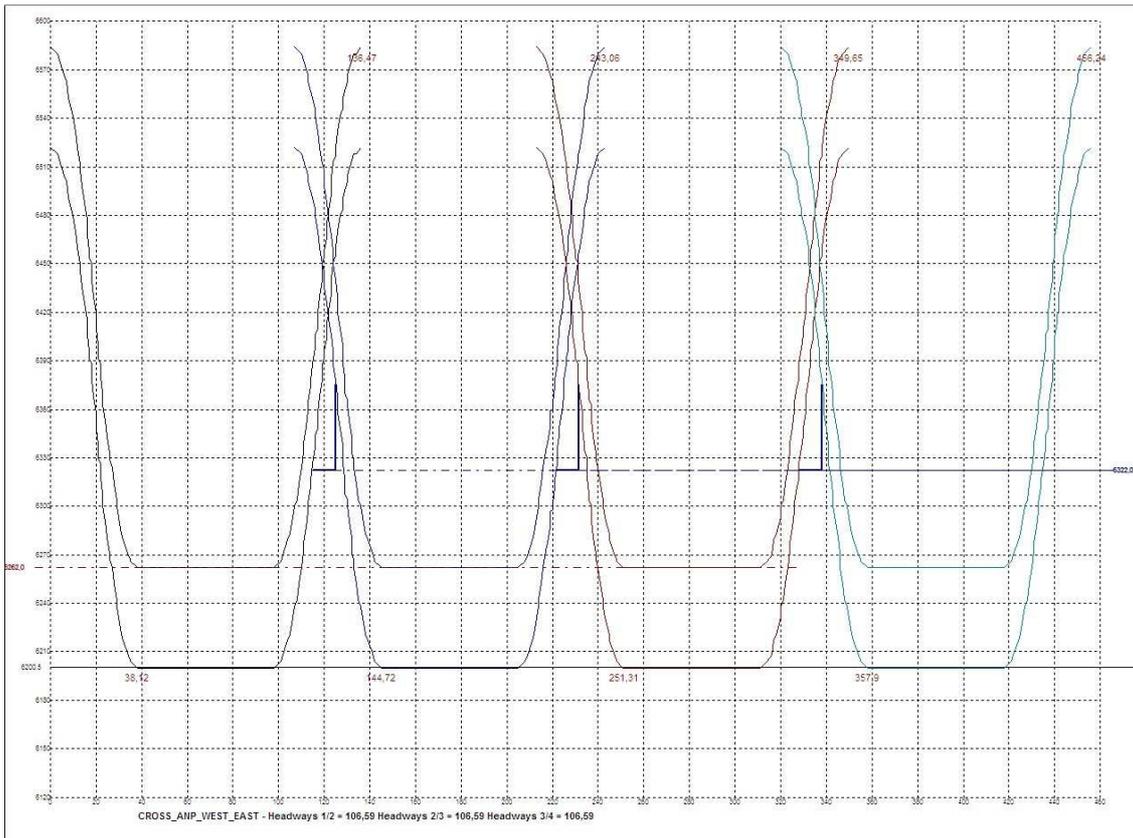
Los tiempos son similares debido a que las vueltas automáticas se calculan con la llegada, parada y salida de un mismo tren, y después igual con los sucesivos trenes de forma reiterada.

Entre trenes	ANP Intervalo de salida	REF Intervalo de llegada	REF Intervalo de salida	ANP Intervalo de llegada
T1-T2	106,59	106,59	106,59	106,59
T2-T3	106,59	106,59	106,59	106,59
T3-T4	106,59	106,59	106,59	106,59

4.3.4.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.4.1 y se señala el punto crítico situado en el PK 6312 para permitir la circulación de trenes de manera segura.



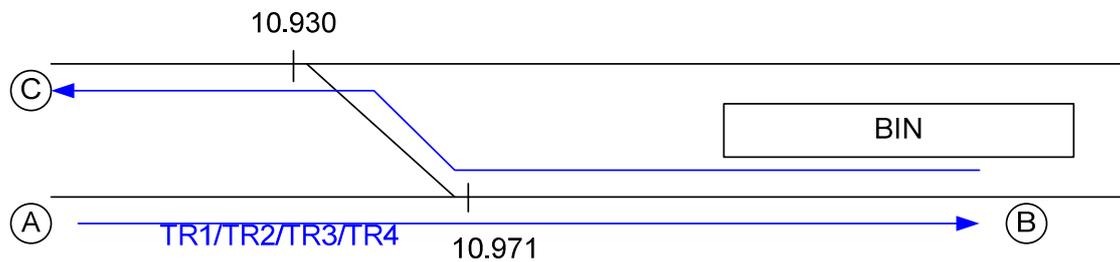
62 Figura 4.13: Cruce en An Phu (Down)

4.3.5 Vuelta automática en la estación de Binh Thai (De vía este a vía oeste)

4.3.5.1 Movimientos para la Estación Binh Thai

En esta vuelta automática todos los trenes parten desde el punto A para dirigirse al punto B, allí realizan su parada y se dirigen desde el punto B hasta el punto C.

Como se puede observar en la secuencia de movimientos todos los trenes permiten a los siguientes realizar el movimiento con seguridad cuando han recorrido el PK 10930 circulando desde B hasta C.



63 Figura 4.14: Vuelta en Binh Thai (este a oeste)

4.3.5.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	A -> B			
2	TR1	B -> C			
3	TR2	A -> B	Mov. 2	10.930	10.930+T_Route_Setting
4	TR2	B -> C			
5	TR3	A -> B	Mov. 4	10.930	10.930+T_Route_Setting
6	TR3	B -> C			
7	TR4	A -> B	Mov. 6	10.930	10.930+T_Route_Setting
8	TR4	B -> C			

4.3.5.3 Resultados de la simulación

A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

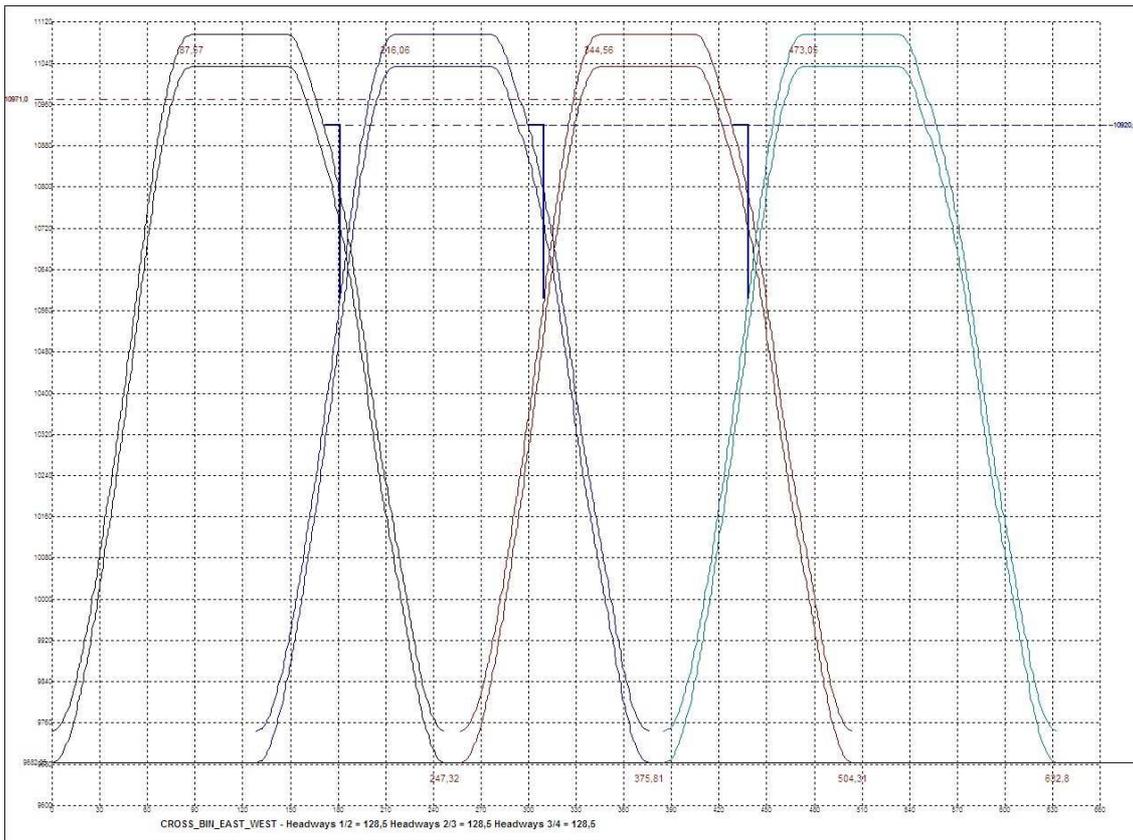
Los tiempos son similares debido a que las vueltas automáticas se calculan con la llegada, parada y salida de un mismo tren, y después igual con los sucesivos trenes de forma reiterada.

Entre trenes	ANP Intervalo de salida	REF Intervalo de llegada	REF Intervalo de salida	ANP Intervalo de llegada
T1-T2	128,49	128,49	128,49	128,49
T2-T3	128,49	128,49	128,49	128,49
T3-T4	128,49	128,49	128,49	128,49

4.3.5.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.5.1 y se señala el punto crítico situado en el PK 10930 para permitir la circulación de trenes de manera segura.



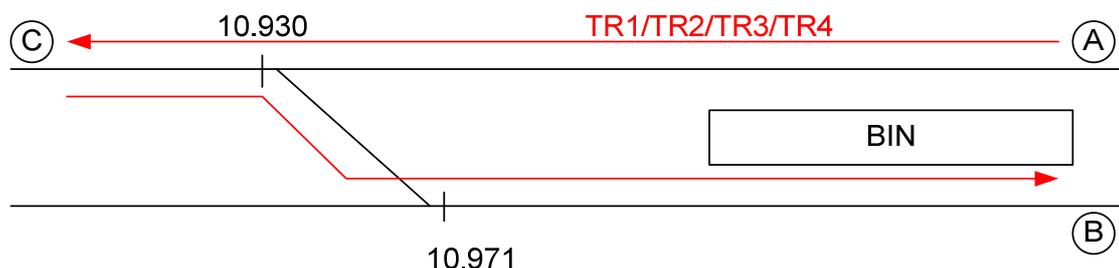
64 Figura 4.15: Cruce en Binh Thai (este a oeste)

4.3.6 Vuelta automática en la estación de Binh Thai (de vía oeste a vía este)

4.3.6.1 Movimientos para la Estación Binh Thai

En esta vuelta automática todos los trenes parten desde el punto A para dirigirse al punto C en el que realizan su parada y se dirigen desde el punto C hasta el punto B.

Como se puede observar en la secuencia de movimientos todos los trenes permiten a los siguientes realizar el movimiento con seguridad cuando han recorrido el PK 10971 circulando desde C hasta B.



65 Figura 4.16: Vuelta en Binh Thai (oeste a este)

4.3.6.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	A -> B			
2	TR1	B -> C			
3	TR2	A -> B	Mov. 2	10.971	10.971+T_Route_Setting
4	TR2	B -> C			
5	TR3	A -> B	Mov. 4	10.971	10.971+T_Route_Setting
6	TR3	B -> C			
7	TR4	A -> B	Mov. 6	10.971	10.971+T_Route_Setting
8	TR4	B -> C			

4.3.6.3 Resultados de la simulación

A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

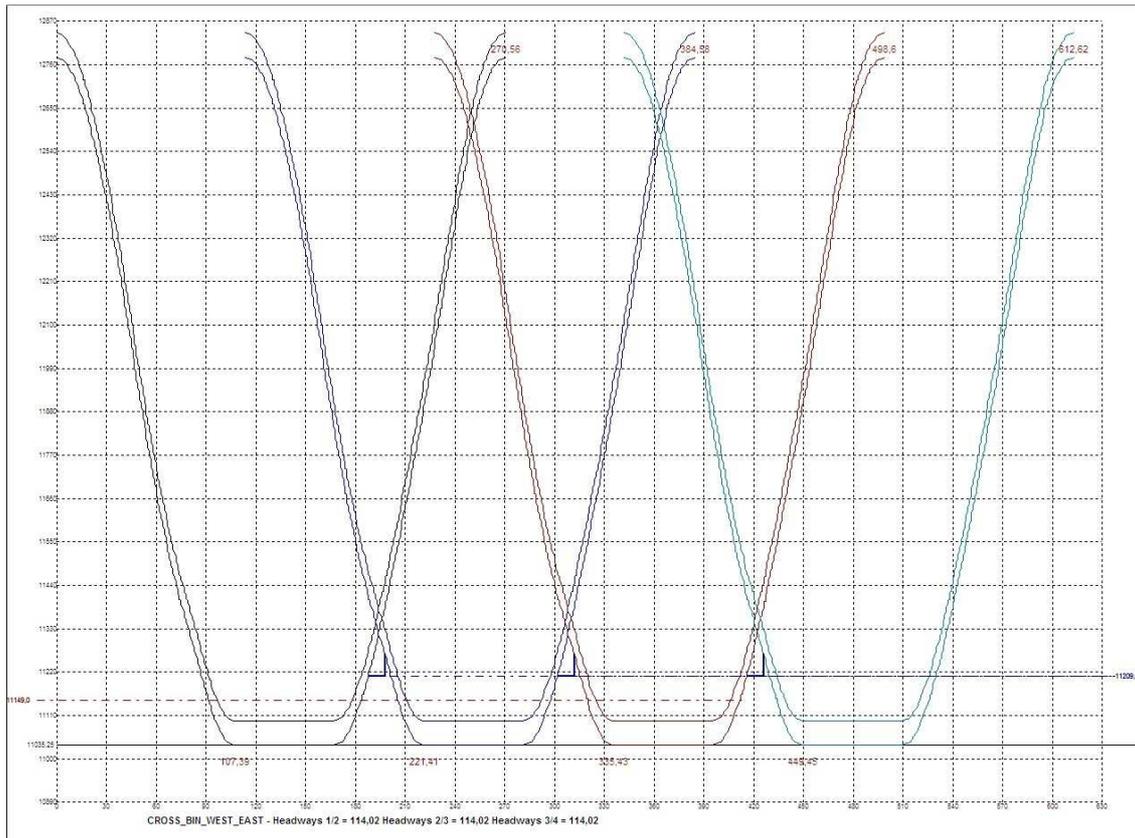
Los tiempos son similares debido a que las vueltas automáticas se calculan con la llegada, parada y salida de un mismo tren, y después igual con los sucesivos trenes de forma reiterada.

Entre trenes	ANP Intervalo de salida	REF Intervalo de llegada	REF Intervalo de salida	ANP Intervalo de llegada
T1-T2	114,02	114,02	114,02	114,02
T2-T3	114,02	114,02	114,02	114,02
T3-T4	114,02	114,02	114,02	114,02

4.3.6.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.6.1 y se señala el punto crítico situado en el PK 10971 para permitir la circulación de trenes de manera segura.



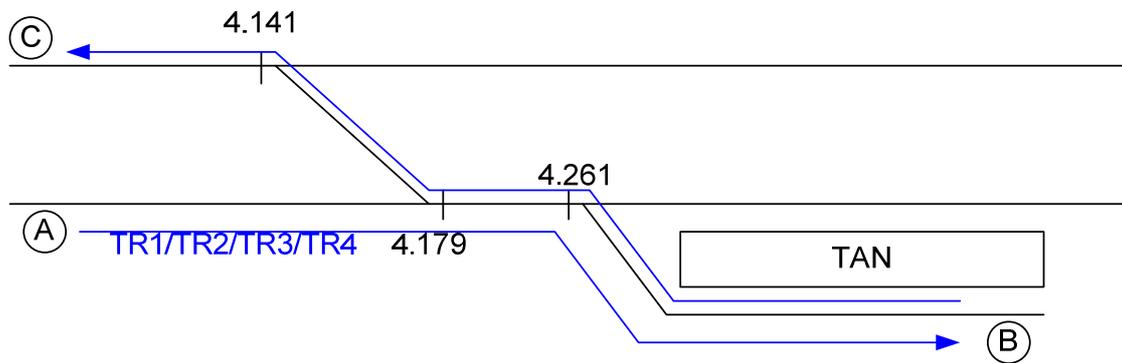
66 Figura 4.17: Cruce en Binh Thai (oeste a este)

4.3.7 Vuelta automática en la estación de Tan Cang (De vía este a vía oeste)

4.3.7.1 Movimientos para la Estación Tan Cang

En esta vuelta automática todos los trenes parten desde el punto A para dirigirse al punto B, allí realizan su parada y se dirigen desde el punto B hasta el punto C.

Como se puede observar en la secuencia de movimientos todos los trenes permiten a los siguientes realizar el movimiento con seguridad cuando han recorrido el PK 4131 circulando desde B hasta C.



67 Figura 4.18: Vuelta en Tan Cang (este a oeste)

4.3.7.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	A -> B			
2	TR1	B -> C			
3	TR2	A -> B	Mov. 2	4.141	4.141+T_Route_Setting
4	TR2	B -> C			
5	TR3	A -> B	Mov. 4	4.141	4.141+T_Route_Setting
6	TR3	B -> C			
7	TR4	A -> B	Mov. 6	4.141	4.141+T_Route_Setting
8	TR4	B -> C			

4.3.7.3 Resultados de la simulación

A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

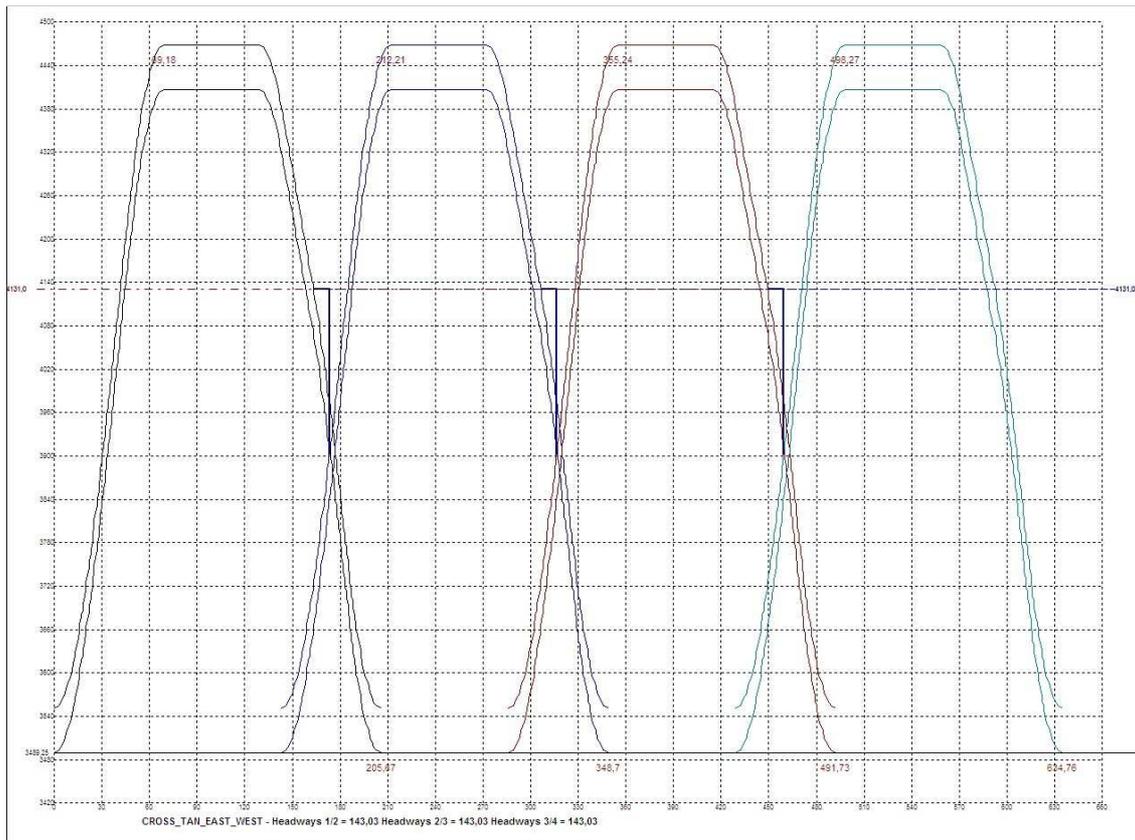
Los tiempos son similares debido a que las vueltas automáticas se calculan con la llegada, parada y salida de un mismo tren, y después igual con los sucesivos trenes de forma reiterada.

Entre trenes	ANP Intervalo de salida	REF Intervalo de llegada	REF Intervalo de salida	ANP Intervalo de llegada
T1-T2	143,03	143,03	143,03	143,03
T2-T3	143,03	143,03	143,03	143,03
T3-T4	143,03	143,03	143,03	143,03

4.3.7.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.7.1 y se señala el punto crítico situado en el PK 4141 para permitir la circulación de trenes de manera segura.



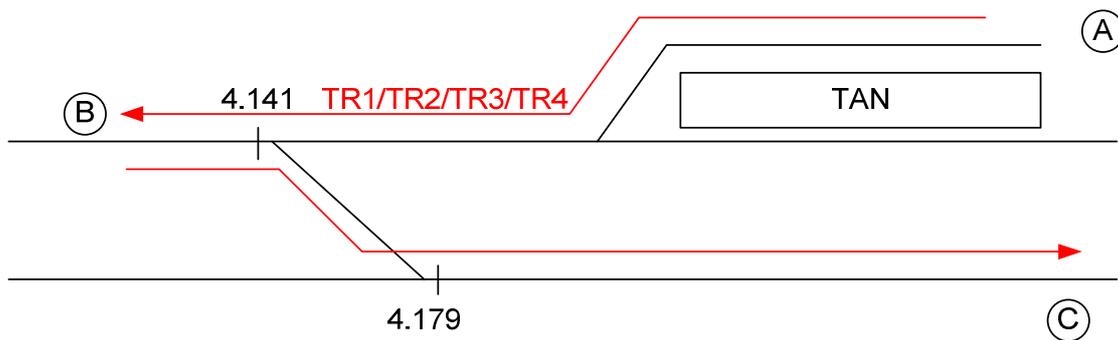
68 Figura 4.19: Cruce en Tang Cang (este a oeste)

4.3.8 Vuelta automática en la estación de Tan Cang (De vía oeste a vía este)

4.3.8.1 Movimientos para la Estación Tan Cang

En esta vuelta automática todos los trenes parten desde el punto A para dirigirse al punto B, allí realizan su parada y se dirigen desde el punto B hasta el punto C.

Como se puede observar en la secuencia de movimientos todos los trenes permiten a los siguientes realizar el movimiento con seguridad cuando han recorrido el PK 4179 circulando desde B hasta C.



69 Figura 4.20: Vuelta en Tan Cang (oeste a este)

4.3.8.2 Secuencia de movimientos

A continuación se presenta la secuencia de movimientos que siguen los trenes tal y como se le introduce al simulador para que calcule las curvas y los resultados de la simulación.

Mov.	Tren	Trayecto	Cruce	Origen de ruta	Liberación de ruta
1	TR1	A -> B			
2	TR1	B -> C			
3	TR2	A -> B	Mov. 2	4.179	4.179+T_Route_Setting
4	TR2	B -> C			
5	TR3	A -> B	Mov. 4	4.179	4.179+T_Route_Setting
6	TR3	B -> C			
7	TR4	A -> B	Mov. 6	4.179	4.179+T_Route_Setting
8	TR4	B -> C			

4.3.8.3 Resultados de la simulación

A continuación se muestra la tabla con los intervalos entre trenes calculados por el simulador.

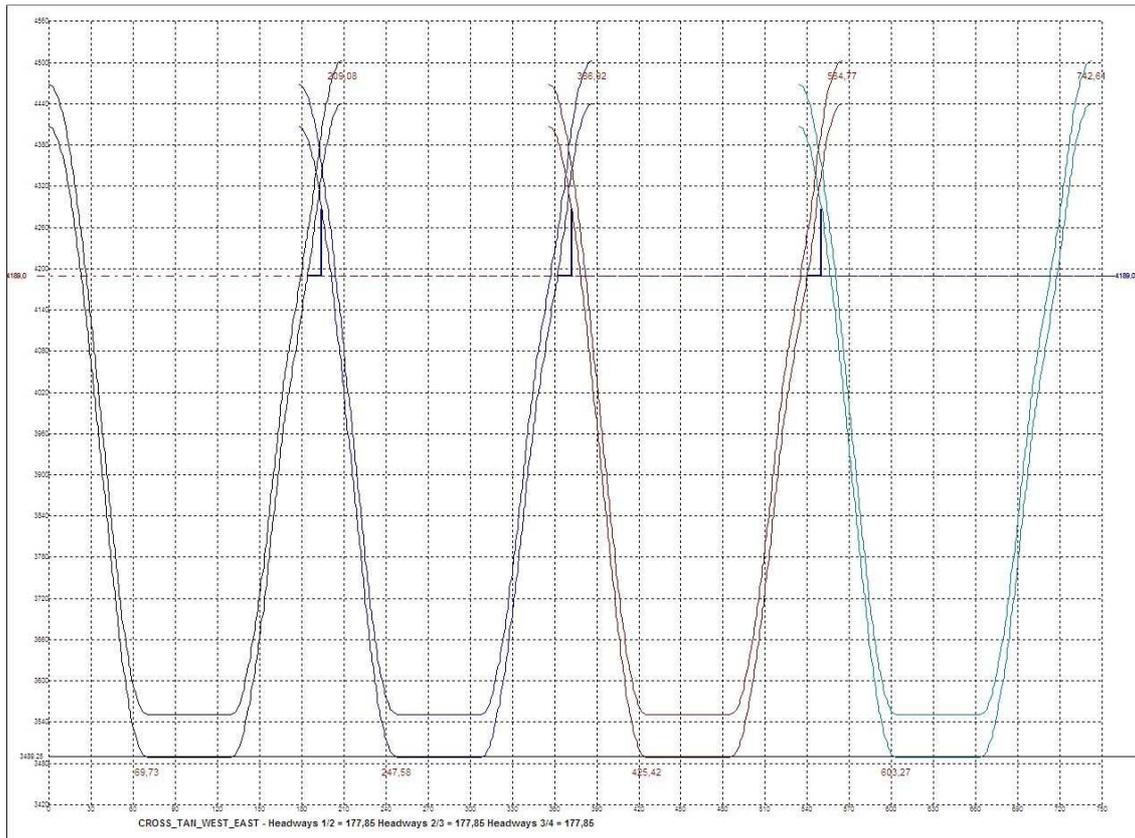
Los tiempos son similares debido a que las vueltas automáticas se calculan con la llegada, parada y salida de un mismo tren, y después igual con los sucesivos trenes de forma reiterada.

Entre trenes	ANP Intervalo de salida	REF Intervalo de llegada	REF Intervalo de salida	ANP Intervalo de llegada
T1-T2	177,85	177,85	177,85	177,85
T2-T3	177,85	177,85	177,85	177,85
T3-T4	177,85	177,85	177,85	177,85

4.3.8.4 Cruces

En las curvas que se muestran en la figura se puede observar el movimiento de cuatro trenes. Son curvas espacio – tiempo en las que se comprueba que no se produzca ninguna situación de peligro en el cruce de trenes en las vueltas automáticas.

En ellas se simula el movimiento de los trenes tal y como se explica en el apartado 4.3.8.1 y se señala el punto crítico situado en el PK 4179 para permitir la circulación de trenes de manera segura.



70 Figura 4.21: Cruce en Tang Cang (oeste a este)



5 Posibles mejoras

Como todo, la simulación llevada a cabo en este proyecto puede ser objeto de mejoras que presenten una optimización de los resultados.

La forma de mejorar los resultados obtenidos es mediante la optimización del sistema, es decir, mejorar todo tipo de tiempos de reacción de todos y cada uno de los sistemas que intervienen en la seguridad del tren, disminuir los tiempos muertos entre las conexiones de unos sistemas con otros, redundar cableados y conexiones con el objetivo de que no aparezca una situación de peligro debido a la avería de algún dispositivo.

Las mejoras que pueden ser incorporadas a la simulación vienen determinadas por los tiempos que se emplean para los parámetros del sistema.

Mediante la optimización del peor tiempo de reacción del Controlador a Bordo y la mejora de su tiempo medio de reacción se podría estar ganando unos segundos en la simulación, así como aumentando la velocidad media del recorrido de la línea.

Mediante la optimización de los tiempos de respuesta en la comunicación producida en el intercambio de información entre el Controlador a bordo y los equipos formados por el Controlador de Zona y el Enclavamiento se conseguiría una mejora en la respuesta del sistema y por lo tanto la simulación presentaría unos tiempos de recorrido inferiores a los obtenidos.

Para demostrar que mediante la disminución de tiempos de respuesta del sistema conseguimos la optimización de los resultados se ha vuelto a realizar la simulación con unos nuevos tiempos.

En la simulación se han utilizado como parámetros del sistema y equipos de a bordo los siguientes datos que aparecen explicados en el apartado número 3 del proyecto:

Peor tiempo de reacción del CC (s)	1,24
Tiempo medio de reacción del CC (s)	0,385
Error de velocidad del CC (%)	2
Error de Localización (m)	1
CBTC: tiempo de cambio de Cabina (s)	30
Tiempo de establecimiento de ruta (s)	7
Tiempo de reacción del conductor (s)	0
Tiempo de transmisión CC - CC	1,5

15 Tabla 5.1: Parámetros del sistema utilizados en la simulación

Utilizando un ejemplo concreto de un recorrido realizado por el tren como el cruce en Ben Thanh de vía este a vía oeste en sentido creciente, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,15 min
Velocidad media excluyendo las paradas	35,46 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,65 min
Velocidad media incluyendo las paradas	24,73 km/h

16 Tabla 5.2: Tiempos y velocidades Ben Thanh cruce de vía este a vía oeste

Utilizando como parámetros del sistema y equipos de a bordo los siguientes datos en los que se puede observar la disminución del tiempo de transmisión CC - CC y el tiempo medio de reacción del CC:

Peor tiempo de reacción del CC (s)	1,24
Tiempo medio de reacción del CC (s)	0,2
Error de velocidad del CC (%)	2
Error de Localización (m)	1
CBTC: tiempo de cambio de Cabina (s)	30
Tiempo de establecimiento de ruta (s)	7
Tiempo de reacción del conductor (s)	0
Tiempo de transmisión CC - CC	1

17 Tabla 5.3: Parámetros para mejorar la simulación

Se puede observar que se produce una mejora general en velocidades y tiempos de recorrido:

Tiempo total de recorrido excluyendo paradas	1,06 min
Velocidad media excluyendo las paradas	35,96 km/h
Tiempo total de recorrido incluyendo paradas	1,57 min
Velocidad media incluyendo las paradas	24,98 km/h

18 Tabla 5.4: Nuevos tiempos y velocidades en Ben Thanh cruce de vía este a vía oeste

Esta mejora de tiempos se podría llevar a cabo mediante un rediseño del sistema de comunicaciones del tren que se traduciría en una optimización de los tiempos y velocidades alcanzadas por el tren.

El problema de llevar a cabo esta mejora es que supondría un enorme gasto económico que haría que complicaría bastante la viabilidad de la construcción del proyecto.

Debido a que la simulación demuestra el cumplimiento de los requerimientos contractuales y que los resultados obtenidos hacen que la obra a realizar sea

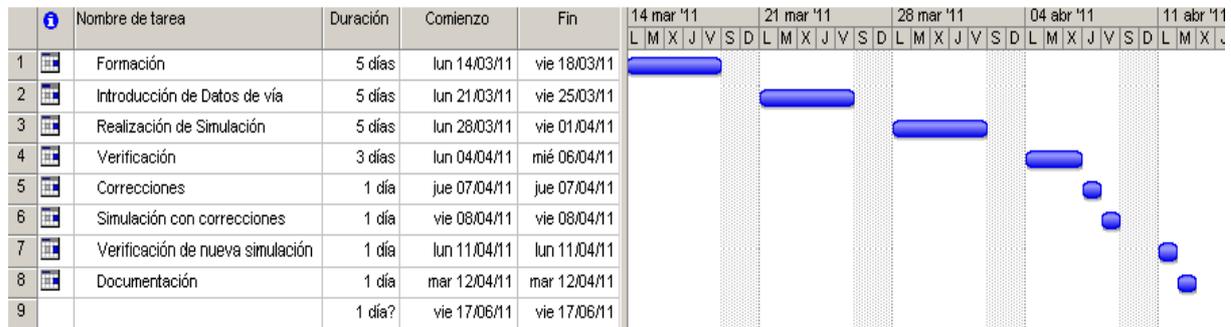
económicamente viable se utilizan los tiempos que aparecen en los datos de los parámetros del sistema y de los equipos de a bordo que se pueden observar en la realización de esta simulación.

No obstante, queda demostrado que en posibles mejoras futuras de la línea se puede hacer que la circulación de trenes sea más rápida invirtiendo en la mejora de las comunicaciones y en la mejora de los tiempos de respuesta del sistema.



6 Presupuesto y Diagrama de Gantt

A continuación se presenta el Diagrama de Gantt en el que aparecen reflejadas las distintas tareas a llevar a cabo en la realización de la simulación que se presenta en este proyecto.



71 Figura 6.1: Tareas y duración de las mismas

Todo proyecto conlleva una serie de gastos que debe asumir la empresa para poder llevarlos a cabo.

Estos presupuestos son diseñados por un Jefe de Proyecto previamente a la realización de todo proyecto y en el mismo se deben tener en cuenta todos los gastos que se van a producir para poder llevar a cabo el trabajo a realizar.

La realización del presupuesto va a consistir en una aproximación al gasto real que supone para la empresa llevar a cabo la simulación de la que ha sido objeto este proyecto.

Para ello se tendrá en cuenta el gasto ocasionado por la formación necesaria para el manejo del simulador al operador a cargo de la empresa, así como el gasto que supone el número de horas que son imputadas al presupuesto del proyecto tanto del operador como del ingeniero responsable de supervisar la simulación.

Se impartió un curso para la formación del operador de una semana de duración, que en horas a imputar a formación son un total de 40,5 ya que de lunes a jueves la jornada es de 8,5 horas y los viernes es de 6,5 horas.

En total el operador y el ingeniero encargado de impartir la formación imputaron 40,5 horas cada uno, que multiplicadas por el gasto diario del ingeniero en la oficina suman un total de 2430 € y multiplicadas por el gasto diario del operador suman un total de 486 €. Por lo tanto en formación el gasto totales de 2916 €.

La realización de la simulación supuso un total de 138,5 horas a cargo del operador que hacen un total de 1662 €, mientras que la supervisión del ingeniero fue de un total de 20 horas que supusieron un gasto total de 1200 €

Concepto	Horas	€/hora	Coste (€)
Formación Operario	40,5	12	486
Formación a cargo de Ingeniero	40,5	60	2430
Realización Simulación Operario	138,5	12	1662
Supervisión formación	20	60	1200
		Total	5778

19 Tabla 6.1: Presupuesto de formación, realización de simulación y supervisión

El desarrollo del programa corrió a cargo de un ingeniero de la sede situada en Francia.

Desarrollar el simulador fue una tarea de duración de 2 años aproximadamente, al no tener los datos exactos realizaremos una aproximación. El número total de días a trabajar en un año son aproximadamente 245, al ser un trabajador de la filial situada en Francia tomaremos que trabajan 8 horas diarias por lo que el gasto total en un año será de 117600 €. Al tardar 2 años en el desarrollo del programa el gasto sería de 235200 €.

Concepto	Horas	€/hora	Coste (€)
Desarrollo simulador	3920	60	235200
		Total	235200

20 Tabla 6.2: Presupuesto desarrollo del simulador

El Simulador ha sido utilizado para 18 proyectos por lo que obtenemos un coste por proyecto de 13067 €.

Por lo que si sumamos el total de gasto en el desarrollo del simulador, en la formación del operador a cargo del ingeniero y en la realización y supervisión de la simulación el total es de 18845 €.

Concepto	Coste (€)
Total Simulación	5778
Total desarrollo simulador	13067
Total Proyecto	18845

21 Tabla 6.3: Presupuesto total desarrollo proyecto



7 Conclusiones

Como se ha visto a lo largo del proyecto, el objetivo final es la simulación de una línea de metro, bajo el sistema CBTC, comprobando que cumpla con los requerimientos contractuales de los intervalos de tiempo en la línea y en las vueltas automáticas y el cumplimiento de la velocidad media en el recorrido de la línea.

Los requerimientos de la línea son los siguientes:

- Intervalo máximo en la Línea: 130 segundos
- Tiempo máximo de trayecto completo: 29 minutos
- Velocidad Media de la Línea (incluyendo los tiempos de estacionamiento): Mínimo 35 km/h

Se ha demostrado que estos requerimientos se alcanzan obteniendo unos resultados que hacen cumplir los objetivos.

Como demostración, a continuación se muestran las tablas de resultados con los tiempos de recorrido y velocidades para el trayecto entre Ben Thanh y Suoi Tien Terminal (Puntos kilométricos crecientes) donde se observa el cumplimiento de los requerimientos relacionados con el tiempo máximo de trayecto completo y de velocidad media:

Desde	Hasta	Distancia (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad media (km/h)
Ben Thanh	Opera House	680,75	65,51	37,41
Opera House	Ba Son	991	78,63	45,37
Ba Son	Van Thanh Park	1814	127,08	51,39
Van Thanh Park	Tan Cang	918	74,96	44,09
Tan Cang	Thao Dien	1158	86,66	48,11
Thao Dien	An Phu	957	76,2	45,21
An Phu	Rach Chiec	1654	112,5	52,93
Rach Chiec	Phuoc Long	1506	102,66	52,81
Phuoc Long	Binh Thai	1353	96,09	50,69
Binh Thai	Thu Duc	1744	114,16	55
Thu Duc	High Tech Park	2380	144,01	59,5
High Tech Park	Suoi Tien	1575	110,36	51,38
Suoi Tien	Suoi Tien Terminal	2021,75	144,45	50,39

22 Tabla 7.1: Tiempos de recorrido y velocidades para trayecto entre Ben Thanh y Suoi Tien Terminal sentido creciente

A continuación se muestra el análisis del intervalo entre trenes desde Ben Thanh hasta Suoi Tien Terminal (Puntos kiloméricos crecientes) donde se observa el cumplimiento del requerimiento relacionado con el Intervalo máximo en la línea:

Nombre de la estación	Pk centro de la estación	Tiempo de parada (seg)	Separación entre trenes (seg)
Opera House	745,75	30 s	74 s
Ba Son	1736,75	30 s	74 s
Van Thanh Park	3550,75	30 s	76 s
Tan Cang	4468,75	30 s	78 s
Thao Dien	5626,75	30 s	82 s
An Phu	6583,75	30 s	80 s
Rach Chiec	8237,75	30 s	72 s
Phuoc Long	9743,75	30 s	86 s
Binh Thai	11096,75	30 s	82 s
Thu Duc	12840,75	30 s	82 s
High Tech Park	15220,75	30 s	110 s
Suoi Tien	16795,75	30 s	88 s

23 Tabla 7.2: Intervalo entre trenes desde Ben Thanh a Suoi tien Terminal sentido creciente

En las tablas mostradas anteriormente se puede observar el cumplimiento de los requerimientos realizando un recorrido desde Ben Thanh hasta Suoi Tien, no obstante en el apartado 4 del proyecto correspondiente a los resultados del mismo se puede comprobar el cumplimiento de los mismos en toda la línea.

La realización de una simulación como la que se ha presentado en este proyecto es de gran utilidad tanto a nivel económico como a nivel de seguridad.

Esto se refleja en que previamente a la presentación de oferta alguna para la obtención de un proyecto se puede obtener unos resultados previos que demuestren tanto la viabilidad de la obra como el cumplimiento de los objetivos marcados en cuanto a la circulación de los trenes. Esto permitirá analizar si es conveniente llevar a cabo el proyecto o por el contrario es mejor declararlo como poco rentable.

También se puede comprobar si el cumplimiento de los requerimientos llevará a los trenes a situaciones que no garanticen la seguridad de las personas, cosa que siempre resulta de imprescindible cumplimiento en el transporte de personas. Es fundamental cumplir con la seguridad de los viajeros y minimizar las consecuencias de los incidentes que pudieran ocurrir.

La realización de estas simulaciones se trata de un trabajo muy laborioso ya que previamente hay que obtener todos los datos de la línea como son los cambios de pendiente, los datos de curvas, datos de estaciones, datos de agujas, etc. y darles el formato adecuado para posteriormente volcarlos al simulador.

Es conveniente destacar la importancia del trabajo en grupo en la realización de este proyecto debido a que si un eslabón de la cadena falla, el resto que viene detrás no va a funcionar correctamente.

Esto es así debido a que para la realización de la simulación los datos necesarios procedían de la sede de Francia o Italia. Esto conlleva al trabajo en equipo, ya que para resolver algún tipo de duda había que contactar con los compañeros de las otras sedes de Ansaldo STS vía telefónica o vía e-mail.

En algunos casos las respuestas eran instantáneas pero en otras ocasiones tardaban días en contestar, lo que hacía que la realización de la simulación se retrasara.

En cualquier caso, finalmente se pudo realizar con éxito la simulación y los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

En cuanto a la tecnología CBTC, se ha marcado una pauta en el desarrollo de soluciones seguras e innovadoras para el transporte masivo urbano y de cercanías ya que se trata de un sistema avanzado de control de tráfico ferroviario que parte de las soluciones tradicionales de señalización y aprovecha el enorme potencial de mejora que ofrecen las innovaciones tecnológicas más recientes.

Desde los inicios del CBTC, una tecnología basada en el bloqueo móvil, se puede afirmar que se produce una mejora en cuanto a las limitaciones de los sistemas convencionales con bloqueo fijo. Estas soluciones pueden ajustarse prácticamente a cualquier clase de material rodante y tipo de vía, a soluciones con conductor y sin conductor o “driverless” y tanto a líneas nuevas como a líneas modernizadas.

La tecnología CBTC cuenta con altos niveles de rendimiento, automatización, funcionalidad, capacidad de mantenimiento y fiabilidad para sus sistemas de transporte.

Esto se ve reflejado en que se puede producir la instalación superpuesta permitiendo que todos los trenes compartan las mismas vías férreas estén o no los trenes equipados con CBTC. De esta manera se puede llevar a cabo una modernización de trenes que puede llevarse a cabo sin interrupciones del servicio y conservando los niveles más altos de seguridad.

También se puede ver reflejado que hay una probabilidad muy pequeña de que se produzca un fallo debido a que la configuración del controlador de zona garantiza una transferencia de control inmediata sobre la disponibilidad del sistema.

En cuanto a la capacidad de mantenimiento de una línea con el sistema CBTC se puede afirmar que estas labores pueden llevarse a cabo durante el servicio comercial sin que el funcionamiento y disponibilidad del sistema se vea afectado. Esto es así gracias a la interconexión entre los controladores de zona contiguos y los controladores de los equipos de a bordo y del enclavamiento que garantiza el cumplimiento de los requisitos específicos de cada operador para el intervalo de separación entre trenes.

El servidor de mantenimiento centralizado automatizado del CBTC recibe y analiza de forma continua los datos de diagnóstico y las alarmas para detectar cualquier fallo, problema o avería en los equipos. Cuando se produce un fallo, se genera automáticamente una "acción de mantenimiento". La resolución del problema se inicia de forma automática para minimizar el efecto sobre las operaciones.

La tecnología CBTC utiliza una arquitectura completamente segura, fiable y compacta que determina la posición del tren con excelente precisión y gracias al controlador de a bordo que transmite toda esta información al controlador de zona, se

podrá realizar un cálculo de las curvas de frenado del tren y controlar las restricciones de velocidad de una manera que garantice la seguridad.

El controlador de zona está diseñado para facilitar la interfaz con los enclavamientos ya existentes y con puestos de control central preexistentes para asegurar el cumplimiento de los requerimientos de seguridad.

En el tema referente a las comunicaciones, la capacidad del ancho de banda proporciona excelentes datos en tiempo real, video y audio sobre IP, desde el campo hasta el centro de control. Con un solo clic en el ratón, la sala de control está al tanto de lo que sucede a bordo de cualquier tren o en cualquier punto crítico de la línea.

En resumen, la tecnología CBTC proporciona fiabilidad, flexibilidad, resultados óptimos y una capacidad de diseño e implantación flexible.

Estas características se pueden comprobar ya que los componentes y la tecnología que forman el sistema son de probada fiabilidad y tienen una arquitectura distribuida que garantiza las operaciones redundantes.

Además se tiene una solución superponible a la existente que mejora la capacidad de los sistemas, con una fácil adaptación a crecimiento futuro y modificaciones de la red.

Las características que más podrán comprobar los viajeros es el aumento de la capacidad de tráfico y mejora de rendimiento puntual y la mejora del intervalo operativo entre trenes.

Para finalizar y con lo expuesto anteriormente, se puede afirmar que la tecnología CBTC permite una mejora general sobre cualquier sistema de señalización con cantón fijo ya que tiene un número de ventajas con respecto a estos que han sido expuestas a lo largo del proyecto.

En cuanto al objeto del proyecto de la simulación de metro de la línea 1 de Ho Chi Minh, se puede afirmar que se cumplen los objetivos que habían sido planteados.

Por ello queda demostrado que la construcción de esta línea es viable económicamente y que cumple con los requisitos contractuales que habían sido fijados por el cliente, además de garantizar la seguridad en el transporte de viajeros.



8 Referencias

- [1] Fernando Montes Ponce de León, “*La Seguridad en la circulación de trenes*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [2] Fernando Montes Ponce de León, “*Señales en vía*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [3] Amigos del ferrocarril: <http://fcmaf.castillalamancha.es/>
- [4] Fernando Montes Ponce de León, “*Señalización en cabina*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [5] Noticias de medio ambiente y energías renovables: <http://ecoticias.com/energias-renovables.es/>
- [6] Web de Ansaldo-STs: <http://www.ansaldo-sts.com>
- [7] Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad, edición española, 15/02/2002
- [8] Curso de formación sobre el sistema de señalización del tramo Madrid – Puigverd de Lleida, 2004.





Anexos

Anexo 1: Datos reales pertenecientes a la línea

- Dirección Oeste

Vía oeste					
PK cambio de gradiente (m)	Gradiente (‰)	Radio (m)			
-300	0	2000	10550,07	20	3000
-90	0	2000	10745,07	0	3000
73,5	-10	2000	11380,07	13,8	3000
339	12	3000	11809,16	0	3000
602,3	0	2000	12110,06	20	3000
865	3,01	2000	12690,06	0	3000
1350	-4,18	2000	12888,06	12	2000
1558	0	2000	12974,56	34,3	2000
1860	33,5	2000	13269,56	-20	3000
2645,07	0	2000	13860,56	0	3000
3000	-10	3000	13860,56	0	3000
3050	0	3000	14125,86	-30	3000
4725,97	15	2000	14635,86	0	3000
4873,97	-6,8	3000	15360,86	25	3000
5095,97	0	3000	15900,86	0	3000
5815,07	-10	3000	15990,86	-10	3000
5895,07	0	3000	16540,86	0	3000
7610,07	20	3000	16914,86	20	3000
7699,57	0	2000	17700,86	0	3000
7946,07	-8	2000	17981,33	-33	2000
8132,07	0	2000	18371,33	-10	3000
9445,07	10	3000	18595,83	0	2000
9505,07	0	3000	18840,83	-10	2000
			19029,83	-41	2000
			19534,93	0	2000
			19739,95	0	2000

- Dirección Este

Vía este		
PK cambio de gradiente (m)	Gradiente (‰)	Radio (m)
-300	0	2000
-90	0	2000
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000

10550,07	20	3000
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	2000

- Kilómetros crecientes con cruce en Ben Thanh (de vía oeste a vía este)

PK creciente con cruce en BEN (de vía oeste a vía este)		
PK cambio de gradiente (m)	Gradiente (‰)	Radio (m)
-300	0	2000
-90	0	2000
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000

9505,07	0	3000
10550,07	20	3000
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-29	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	2000

- Kilómetros crecientes con cruce en Ben Thanh (de vía este a vía oeste)

PK crecientes con cruce en BEN (de vía oeste a vía este)		
PK cambio de gradiente (m)	Gradiente (‰)	Radio (m)
-300	0	2000
-90	0	2000
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000

18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	2000

Anexo 2: Datos correspondientes a las velocidades de la vía oeste en sentido incremental.

Máximo esfuerzo de tracción (m/s^2)	0,92
Mínimo gradiente ($^0/00$) (valor negativo)	-41
Tiempo de apertura del circuito de tracción (s)	2,44
Tiempo cambio Tracción-Freno	0,5
Velocidad del tren (km/h)	110
Error de velocidad del CC (%)	2
Diferencia (m/s)	4,04
Diferencia de velocidad civil a velocidad ATP	15

Salto kilométrico	0
Diferencia de velocidad civil a velocidad ATP (km/h)	2,5
Velocidad civil máxima en elevación	110
Velocidad civil máxima en túnel	80
Velocidad civil máxima en estación	45

- Vía oeste sin cruce

Vía oeste sin cruce		
Pk de cambio de velocidad (m)	Velocidad Civil (km/h)	Tipo de limitación
-300	80	Non Vital
-90	42	Whole
-66	80	Non Vital
83	43	Whole
132	80	Non Vital
459	53	Whole
589	80	Non Vital
804	71	Whole
926	80	Non Vital
956	67	Whole
1040	80	Non Vital
1222	78	Whole
1342	80	Non Vital
1358	79	Whole
1478	80	Non Vital
1895	80	Whole
2062	80	Non Vital
2237	80	Whole
2558	110	Non Vital
2757	85	Whole
2896	110	Non Vital
3077	79	Whole
3444	110	Non Vital
3723	71	Whole
3946	110	Non Vital
4485	80	Whole
4577	110	Non Vital
5755	80	Whole
5795	110	Non Vital
6096	96	Whole
6136	110	Non Vital
6198	80	Whole
6238	110	Non Vital

6306	90	Whole
6415	110	Non Vital
6431	76	Whole
6541	110	Non Vital
7174	95	Whole
7421	110	Non Vital
7498	84	Whole
7797	110	Non Vital
7807	79	Whole
7950	64	Whole
8121	110	Non Vital
8185	78	Whole
8549	110	Non Vital
9525	62	Whole
10136	110	Non Vital
10774	53	Whole
10896	110	Non Vital
11221	53	Whole
11343	110	Non Vital
12901	109	Non Vital
13626	110	Whole
14384	93	Non Vital
14414	110	Non Vital
15966	110	Whole
15986	110	Non Vital
16836	96	Whole
17605	110	Non Vital
18135	64	Whole
18341	110	Non Vital
18358	52	Whole
18554	110	Non Vital
18656	35	Whole
18789	110	Non Vital
18853	35	Whole
19061	110	Non Vital
19162	41	Whole
19511	110	Non Vital

- Kilómetros crecientes con cruce en Ben Thanh (de vía oeste a vía este)

Pk crecientes con cruce en Ben (de vía oeste a vía este)		
Pk de cambio de velocidad (m)	Velocidad Civil (km/h)	Tipo de limitación
-300	80	Non Vital
-90	-42	Whole
-66	80	Non Vital
83	43	Whole
132	80	Non Vital
181	45	Whole
276	80	Whole
512	55	Whole
686	80	Non Vital
806	73	Whole
923	80	Non Vital
951	80	Non Vital
1045	80	Non Vital
1895	80	Whole
2062	80	Non Vital
2237	80	Whole
2540	110	Non Vital
2757	86	Whole
2896	110	Non Vital
3077	78	Whole
3451	110	Non Vital
3714	71	Whole
3946	110	Non Vital
4492	78	Whole
4594	110	Non Vital
4665	85	Whole
4695	110	Non Vital
5755	80	Whole
5795	110	Non Vital

6837	83	Whole
6957	110	Non Vital
6973	90	Whole
7083	110	Non Vital
7174	105	Whole
7421	110	Non Vital
7498	84	Whole
7798	110	Non Vital
7809	70	Whole
7950	65	Whole
8118	110	Non Vital
8184	78	Whole
8539	110	Non Vital
9525	72	Whole
10136	110	Non Vital
12901	110	Non Vital
13626	110	Non Vital
14384	93	Whole
14414	110	Non Vital
15966	110	Whole
15986	110	Non Vital
16836	89	Whole
17605	110	Non Vital
18135	67	Whole
18341	110	Non Vital
18358	52	Whole
18554	110	Non Vital
19011	35	Whole
19061	110	Non Vital
19162	41	Non Vital
19511	110	Non Vital

- Kilómetros crecientes con cruce en Suoi Tien Terminal (de vía oeste a vía este)

PK crecientes con cruce en Suoi Tien Ter (de vía oeste a vía este)		
Pk de cambio de velocidad (m)	Velocidad Civil (km/h)	Tipo de limitación
-300	80	Non Vital
-90	42	Whole
-66	80	Non Vital
83	43	Whole
132	80	Non Vital
459	53	Whole
589	80	Non Vital
804	71	Whole
926	80	Non Vital
956	67	Whole
1040	80	Non Vital
1222	78	Whole
1342	80	Non Vital
1358	79	Whole
1478	80	Non Vital
1895	80	Whole
2062	80	Non Vital
2237	80	Whole
2558	110	Non Vital
2757	85	Whole
2896	110	Non Vital
3077	79	Whole
3444	110	Non Vital
3723	71	Whole
3946	110	Non Vital
4485	80	Whole
4577	110	Non Vital
5755	80	Whole
5795	110	Non Vital
6096	96	Whole
6136	110	Non Vital
6198	80	Whole
6238	110	Non Vital
6306	90	Whole
6415	110	Non Vital
6431	76	Whole
6541	110	Non Vital
7174	95	Whole
7421	110	Non Vital
7498	84	Whole

7797	110	Non Vital
7807	70	Whole
7950	64	Whole
8121	110	Non Vital
8185	78	Whole
8549	110	Non Vital
9525	62	Whole
10136	110	Non Vital
10774	53	Whole
10896	110	Non Vital
11221	53	Whole
11343	110	Non Vital
12901	109	Non Vital
13626	110	Whole
14384	93	Non Vital
14414	110	Non Vital
15966	110	Whole
15986	110	Non Vital
16836	96	Whole
17605	110	Non Vital
18135	64	Whole
18341	110	Non Vital
18358	52	Whole
18554	110	Non Vital
18603	45	Whole
18640	110	Non Vital
19011	35	Whole
19061	110	Non Vital
19162	41	Non Vital
19511	110	Non Vital

Anexo 3: Datos correspondientes a las velocidades de la vía este en sentido incremental.

Máximo esfuerzo de tracción (m/s^2)	0,92
Mínimo gradiente ($^0/_{00}$) (valor negativo)	-41
Tiempo de apertura del circuito de tracción (s)	2,44
Tiempo cambio tracción - freno	0,5
Velocidad del tren (km/h)	110
Error de velocidad del CC (%)	2
Diferencia (m/s)	4,04
Diferencia de velocidad civil a velocidad ATP	15

Salto kilométrico	0
Diferencia de velocidad civil a velocidad ATP (km/h)	2,5
Velocidad civil máxima en elevación	110
Velocidad civil máxima en túnel	80
Velocidad civil máxima en estación	45

- Vía este sin cruce:

Vía este sin cruce		
Pk de cambio de velocidad (m)	Velocidad Civil (km/h)	Tipo de limitación
-300	80	Non Vital
-90	42	Whole
-66	80	Non Vital
27	43	Whole
139	80	Non Vital
512	55	Whole
686	80	Non Vital
806	73	Whole
923	80	Non Vital
951	80	Non Vital
1045	80	Non Vital
1895	80	Whole
2062	80	Non Vital
2237	80	Whole
2540	110	Non Vital
2757	86	Whole
2896	110	Non Vital
3077	78	Whole
3451	110	Non Vital
3714	71	Whole
3946	110	Non Vital
4492	78	Whole
4594	110	Non Vital
4665	85	Whole
4695	110	Non Vital
5755	80	Whole

5795	110	Non Vital
6837	83	Whole
6957	110	Non Vital
6973	90	Whole
7083	110	Non Vital
7174	105	Whole
7421	110	Non Vital
7498	84	Whole
7708	110	Non Vital
7809	79	Whole
7950	65	Whole
8118	110	Non Vital
8184	78	Whole
8539	110	Non Vital
9525	72	Whole
10136	110	Non Vital
12901	110	Non Vital
13626	110	Non Vital
14384	93	Whole
14414	110	Non Vital
15966	110	Whole
15986	110	Non Vital
16836	89	Whole
17605	110	Non Vital
18135	67	Whole
18341	110	Non Vital
18358	52	Whole
18554	110	Non Vital
19011	35	Whole
19061	110	Non Vital
19162	41	Non Vital

- Kilómetros crecientes con cruce en Ben Thanh (de vía este a vía oeste)

PK crecientes con cruce en Ben (de vía este a vía oeste)		
Pk de cambio de velocidad (m)	Velocidad Civil (km/h)	Tipo de limitación
-300	80	Non Vital
-90	-42	Whole
-66	80	Non Vital
27	43	Whole
139	80	Non Vital
181	45	Whole
276	80	Non Vital
459	53	Whole
589	80	Non Vital
804	71	Whole
926	80	Non Vital
956	67	Whole
1040	80	Non Vital
1222	78	Whole
1342	80	Non Vital
1358	70	Whole
1478	80	Non Vital
1895	80	Whole
2062	80	Non Vital
2237	80	Whole
2558	110	Non Vital
2757	85	Whole
2896	110	Non Vital
3077	79	Whole
3444	110	Non Vital
3723	71	Whole
3946	110	Non Vital
4485	80	Whole
4577	110	Non Vital
5755	80	Whole
5795	110	Non Vital
6096	96	Whole
6136	110	Non Vital
6198	80	Whole

6238	110	Non Vital
6306	90	Whole
6415	110	Non Vital
6431	76	Whole
6541	110	Non Vital
7174	95	Whole
7421	110	Non Vital
7498	84	Whole
7797	110	Non Vital
7807	79	Whole
7950	64	Whole
8121	110	Non Vital
8185	78	Whole
8549	110	Non Vital
9525	62	Whole
10136	110	Non Vital
10774	53	Whole
10896	110	Non Vital
11221	53	Whole
11343	110	Non Vital
12901	109	Non Vital
13626	110	Whole
14384	93	Non Vital
14414	110	Non Vital
15966	110	Whole
15986	110	Non Vital
16836	96	Whole
17605	110	Non Vital
18135	64	Whole
18341	110	Non Vital
18358	52	Whole
18554	110	Non Vital
18656	35	Whole
18789	110	Non Vital
18853	35	Whole
19061	110	Non Vital
19162	41	Whole
19511	110	Non Vital

- Kilómetros crecientes con cruce en Suoi Tien Terminal (de vía este a vía oeste)

PK crecientes con cruce en Ter (de vía este a vía oeste)		
Pk de cambio de velocidad (m)	Velocidad Civil (km/h)	Tipo de limitación
-300	80	Non Vital
-90	42	Whole
-66	80	Non Vital
27	43	Whole
139	80	Non Vital
512	55	Whole
686	80	Non Vital
806	73	Whole
923	80	Non Vital
951	80	Non Vital
1045	80	Non Vital
1895	80	Whole
2062	80	Non Vital
2237	80	Whole
2540	110	Non Vital
2757	86	Whole
2896	110	Non Vital
3077	78	Whole
3451	110	Non Vital
3714	71	Whole
3946	110	Non Vital
4492	78	Whole
4594	110	Non Vital
4665	85	Whole
4695	110	Non Vital
5755	80	Whole
5795	110	Non Vital
6837	83	Whole
6957	110	Non Vital
6973	90	Whole
7083	110	Non Vital
7174	105	Whole
7421	110	Non Vital
7498	84	Whole
7798	110	Non Vital
7809	79	Whole
7950	65	Whole
8118	110	Non Vital
8184	78	Whole

8539	110	Non Vital
9525	72	Whole
10136	110	Non Vital
12901	110	Non Vital
13626	110	Non Vital
14384	93	Whole
14414	110	Non Vital
15966	110	Whole
15986	110	Non Vital
16836	89	Whole
17605	110	Non Vital
18135	67	Whole
18341	110	Non Vital
18358	52	Whole
18554	110	Non Vital
18603	45	Whole
18640	110	Non Vital
18656	35	Whole
18789	110	Non Vital
18853	35	Whole
19061	110	Non Vital
19162	41	Whole
19511	110	Non Vital

Anexo 4: Documento generado por el simulador en el que se pueden observar todas las curvas, tablas y datos obtenidos mediante la realización de la simulación

CBTC_HOCHIMINH_V05

-

CBTC SYSTEM PERFORMANCE ANALYSIS

SUMMARY

TABLE OF CONTENTS

1	History of the document	154
2	References.....	154
3	Objective	155
4	Definitions	156
5	GENERAL INPUT INFORMATION.....	157
5.1	Stations.....	157
5.2	Civil Data.....	162
5.3	Vehicle Parameters	163
6	DETAILED INPUT INFORMATION	165
6.1	Carborne Controller and Control System Parameters	165
6.2	System Parameters	165
6.3	Paths description.....	165
6.4	Civil data	170
7	APPENDIX - TYPICAL RUN CURVES	295
7.1	ANP_CROSS_EAST_REFUGE line (increasing KP).....	295
7.2	ANP_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP)	296
7.3	ANP_CROSS_WEST_REFUGE line (decreasing KP)	297
7.4	ANP_TER_DEC line (decreasing KP).....	298
7.5	BEN_CROSS_EAST_WEST line (decreasing KP).....	299
7.6	BEN_CROSS_EAST_WEST line (increasing KP).....	300
7.7	BEN_CROSS_WEST_EAST line (decreasing KP).....	301
7.8	BEN_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP).....	302
7.9	BEN_TER line (increasing KP)	303
7.10	BIN_CROSS_EAST_WEST line (decreasing KP).....	310
7.11	BIN_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP).....	311

7.12	TAN_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP).....	312
7.13	TAN_CROSS_WEST_REFUGE line (decreasing KP)	313
7.14	TER_BEN line (decreasing KP)	314
7.15	TER_CROSS_EAST_WEST line (decreasing KP)	321
7.16	TER_CROSS_EAST_WEST line (increasing KP)	322
7.17	TER_CROSS_WEST_EAST line (decreasing KP)	323
7.18	TER_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP)	324
8	APPENDIX - HEADWAYS IN STATION.....	325
8.1	BEN_TER line (increasing KP)	325
8.2	TER_BEN line (decreasing KP)	337

1 HISTORY OF THE DOCUMENT

Issue	Date	Author	Description
0.1	15/03/2011	R. González	Draft Issue
0.2	17/03/2011	R. González	First Issue
0.3	22/03/2011	R. González	Data Update: Toshiba Speed and Braking Curves
0.4	30/03/2011	R. González	Data Update: ATO Speed Curves
0.5	07/04/2011	R. González	Data Update: ATO Speed Curves

2 REFERENCES

#	Name
[1]	Plan and Profile
[2]	Appendix 14 System Operations Plan

The tool used for the system performance analysis is SIMUL V3.2 with version Data_HOCHIMINH_v0.5.xls's input data.

3 OBJECTIVE

The objective of this analysis is to evaluate the compliance of the proposed CBTC system with the following tender document requirements :

#	Parameter	Requirement
1	Minimum CBTC In-Line Headway	130
2	Minimum CBTC Turnback Headway	130
3	Technical speed (including dwell times)	unknown

The scope of this analysis is limited to the mainline stations.

4 DEFINITIONS

Dwell Time is the elapsed time between the moment that a train stops (train speed equals zero kph) and the moment that the train begins to move again (train speed greater than zero kph).

Run Time is the time for a train to go from a station to the next time. It does not include dwell time.

Technical speed is the average speed of the train from a station to the next one. If not specified, it does not include dwell time.

Headway is the time separation between successive trains measured at a fixed point on the line. Note that the speed profiles of the two trains are assumed to be identical. This is a theoretical calculated value which takes into account the motion characteristics of the trains, the characteristics of the line, dwell times and technical delays.

Typical run curve shows the speed of the train when running from a station to the next one.

5 GENERAL INPUT INFORMATION

5.1 Stations

5.1.1 Stations for ANP CROSS EAST REFUGE line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Thao Dien	5626,75	30
2	An Phu	6843,5	30

5.1.2 Stations for ANP CROSS WEST EAST line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Thao Dien	6262	30
2	An Phu	6583,75	30

5.1.3 Stations for ANP CROSS WEST REFUGE line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	An Phu	6843,5	30
2	Thao Dien	5626,75	30

5.1.4 Stations for ANP TER DEC line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	An Phu	6522,25	30
2	Thao Dien	6200,50	30

5.1.5 Stations for BEN CROSS EAST WEST line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Opera House	684,25	30
2	Ben Thanh	3,50	30

5.1.6 Stations for BEN CROSS EAST WEST line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Ben Thanh	65,00	30
2	Opera House	745,75	30

5.1.7 Stations for BEN CROSS WEST EAST line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Opera House	684,25	30
2	Ben Thanh	3,50	30

5.1.8 Stations for BEN CROSS WEST EAST line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Ben Thanh	65,00	30
2	Opera House	745,75	30

5.1.9 Stations for BEN TER line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Ben Thanh	65,00	30
2	Opera House	745,75	30
3	Ba Son	1736,75	30
4	Van Thanh Park	3550,75	30
5	Tan Cang	4468,75	30
6	Thao Dien	5626,75	30
7	An Phu	6583,75	30
8	Rach Chiec	8237,75	30
9	Phuoc Long	9743,75	30
10	Binh Thai	11096,75	30
11	Thu Duc	12840,75	30
12	High Tech Park	15220,75	30
13	Suoi Tien	16795,75	30
14	Suoi Tien Terminal	18817,50	30

5.1.10 Stations for BIN CROSS EAST WEST line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Binh Thai	11035,25	30
2	Phuoc Long	9682,25	30

5.1.11 Stations for BIN CROSS WEST EAST line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Binh Thai	11096,75	30
2	Thu Duc	12840,75	30

5.1.12 Stations for TAN CROSS WEST EAST line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Van Thanh Park	3550,75	30
2	Tan Cang	4503	30

5.1.13 Stations for TAN CROSS WEST REFUGE line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Tan Cang	4407,25	30
2	Van Thanh Park	3489,25	30

5.1.14 Stations for TER BEN line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Suoi Tien Terminal	18756,00	30
2	Suoi Tien	16734,25	30
3	High Tech Park	15159,25	30
4	Thu Duc	12779,25	30
5	Binh Thai	11035,25	30
6	Phuoc Long	9682,25	30
7	Rach Chiec	8176,25	30
8	An Phu	6522,25	30
9	Thao Dien	5565,25	30
10	Tan Cang	4407,25	30
11	Van Thanh Park	3489,25	30
12	Ba Son	1675,25	30
13	Opera House	684,25	30
14	Ben Thanh	3,50	0,01

5.1.15 Stations for TER CROSS EAST WEST line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Suoi Tien Terminal	18756,00	30
2	Suoi Tien	16734,25	30

5.1.16 Stations for TER CROSS EAST WEST line (increasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Suoi Tien	16795,75	30
2	Suoi Tien Terminal	18817,50	30

5.1.17 Stations for TER CROSS WEST EAST line (decreasing KP)

No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Suoi Tien Terminal	18756,00	30
2	Suoi Tien	16734,25	30

5.1.18 Stations for TER CROSS WEST EAST line (increasing KP)

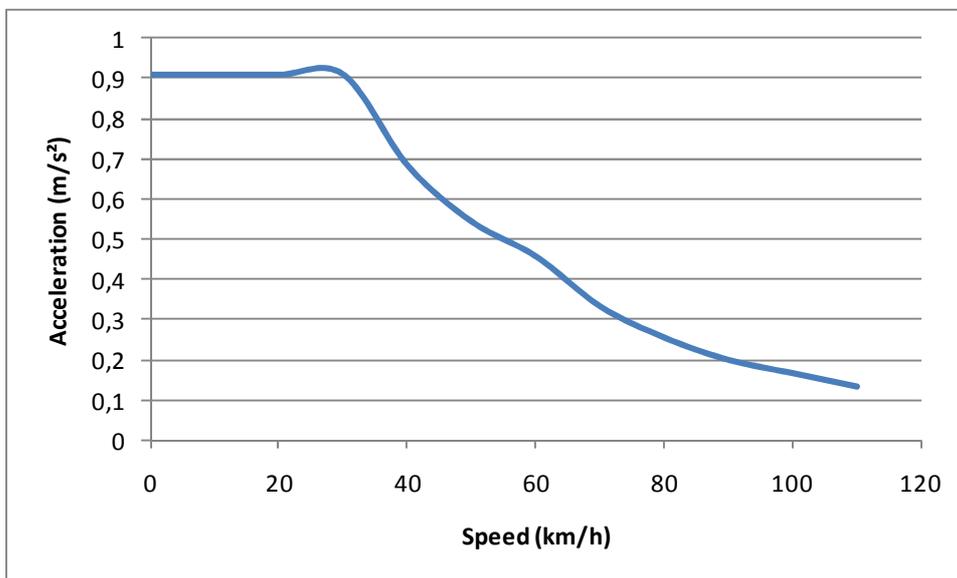
No	Station Name	OSP Mileage	Dwell Time (sec)
1	Suoi Tien	16795,75	30
2	Suoi Tien Terminal	18817,50	30

5.2 Civil Data

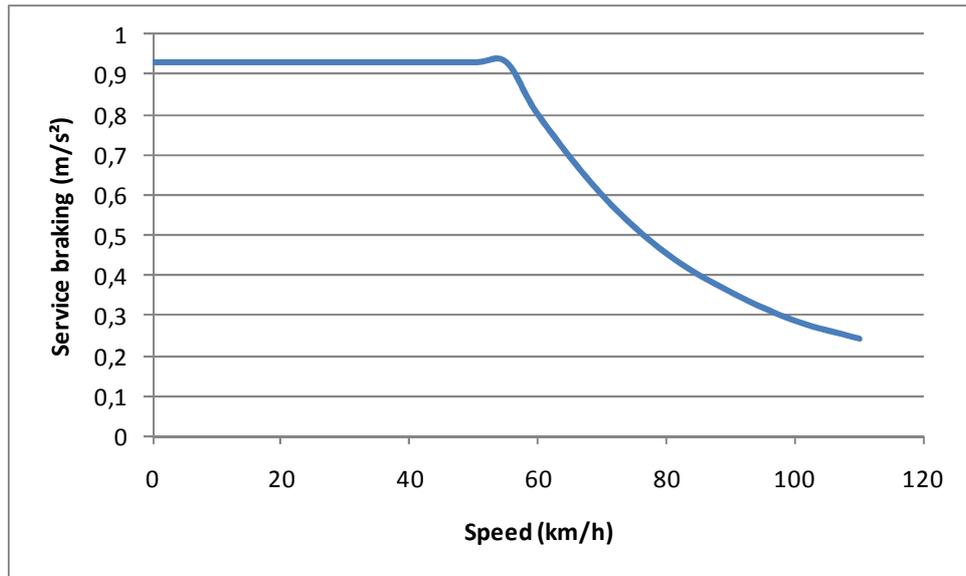
Parameter	Value
Platform Length	130 m
System Civil Speed Limit (not to be exceeded)	110 Km/h
Maximum System ATO regulation Speed	100 Km/h
Civil Speed Limit in platform area	45 Km/h
Mainline Switch Normal, Civil Speed Limit	Variable
Mainline Switch Reverse, Civil Speed Limit	Variable

5.3 Vehicle Parameters

Parameter	Value
Train Length	61,5 m
Train speed	110 km/h
Weighting mass	160,8 ton
Rotating mass	16,08 ton
Instantaneous Acceleration Rate (1500 vdc)	See motor curve below
Guaranteed Emergency Braking Rate	1,25 m/s ²
Service Braking Rate	See braking curve below
Emergency brake build-up time	1,5 s
Power cut time	1 s
Dwell times	30
Reversing margin	1 m



Motor Curve (instantaneous acceleration)



Service braking Curve (instantaneous acceleration)

6 DETAILED INPUT INFORMATION

6.1 Carborne Controller and Control System Parameters

Parameter	Value
CC worst reaction time	1,24 s
CC average reaction time	0,385 s
CC to CC Transmission time	1,5 s
Speed uncertainty	2 %
Localisation uncertainty	1 m
CBTC Cab change time	30 s
Route setting time	7 s
Driver reaction time (s)	0 s

6.2 System Parameters

6.2.1 Margins

Parameter	Value
Flat out typical run approximation (s / km)	5 s
Jerk approximation (s / km)	1,3 s

6.2.2 Time to transmit route release

Parameter	Value
CBTC - Interlocking to CC (s)	0,8 s

6.3 Paths description

6.3.1 ANP CROSS EAST REFUGE line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Thao Dien to An Phu	5626,75	6843,5	ANP_CROSS_EAST_REFUGE_INC

6.3.2 ANP CROSS WEST EAST line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Thao Dien to An Phu	6262	6583,75	ANP_CROSS_WEST_EAST_INC

6.3.3 ANP CROSS WEST REFUGE line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From An Phu to Thao Dien	6782	5626,75	ANP_CROSS_WEST_REFUGE_DEC

6.3.4 ANP TER DEC line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From An Phu to Thao Dien	6522,25	6200,5	WEST_DEC

6.3.5 BEN CROSS EAST WEST line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Opera House to Ben Thanh	684,25	3,5	BEN_CROSS_EAST_WEST_DEC

6.3.6 BEN CROSS EAST WEST line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Ben Thanh to Opera House	65	745,75	BEN_CROSS_EAST_WEST_INC

6.3.7 BEN CROSS WEST EAST line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Opera House to Ben Thanh	684,25	3,5	BEN_CROSS_WEST_EAST_DEC

6.3.8 BEN CROSS WEST EAST line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Ben Thanh to Opera House	65	745,75	BEN_CROSS_WEST_EAST_INC

6.3.9 BEN TER line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Ben Thanh to Opera House	65	745,75	EAST_INC
From Opera House to Ba Son	745,75	1736,75	EAST_INC
From Ba Son to Van Thanh Park	1736,75	3550,75	EAST_INC
From Van Thanh Park to Tan Cang	3550,75	4468,75	EAST_INC
From Tan Cang to Thao Dien	4468,75	5626,75	EAST_INC
From Thao Dien to An Phu	5626,75	6583,75	EAST_INC
From An Phu to Rach Chiec	6583,75	8237,75	EAST_INC
From Rach Chiec to Phuoc Long	8237,75	9743,75	EAST_INC
From Phuoc Long to Binh Thai	9743,75	11096,75	EAST_INC
From Binh Thai to Thu Duc	11096,75	12840,75	EAST_INC
From Thu Duc to High Tech Park	12840,75	15220,75	EAST_INC
From High Tech Park to Suoi Tien	15220,75	16795,75	EAST_INC
From Suoi Tien to Suoi Tien Terminal	16795,75	18817,5	EAST_INC

6.3.10 BIN CROSS EAST WEST line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Binh Thai to Phuoc Long	11035,25	9682,25	BIN_CROSS_EAST_WEST_DEC

6.3.11 BIN CROSS WEST EAST line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Binh Thai to Thu Duc	11096,75	12840,75	BIN_CROSS_WEST_EAST_INC

6.3.12 TAN CROSS WEST EAST line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Van Thanh Park to Tan Cang	3550,75	4503	TAN_CROSS_WEST_EAST_INC

6.3.13 TAN CROSS WEST REFUGE line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Tan Cang to Van Thanh Park	4407,25	3489,25	TAN_CROSS_WEST_REFUGE_DEC

6.3.14 TER BEN line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Suoi Tien Terminal to Suoi Tien	18756	16734,25	WEST_DEC
From Suoi Tien to High Tech Park	16734,25	15159,25	WEST_DEC
From High Tech Park to Thu Duc	15159,25	12779,25	WEST_DEC
From Thu Duc to Binh Thai	12779,25	11035,25	WEST_DEC
From Binh Thai to Phuoc Long	11035,25	9682,25	WEST_DEC
From Phuoc Long to Rach Chiec	9682,25	8176,25	WEST_DEC
From Rach Chiec to An Phu	8176,25	6522,25	WEST_DEC
From An Phu to Thao Dien	6522,25	5565,25	WEST_DEC
From Thao Dien to Tan Cang	5565,25	4407,25	WEST_DEC
From Tan Cang to Van Thanh Park	4407,25	3489,25	WEST_DEC
From Van Thanh Park to Ba Son	3489,25	1675,25	WEST_DEC
From Ba Son to Opera House	1675,25	684,25	WEST_DEC
From Opera House to Ben Thanh	684,25	3,5	WEST_DEC

6.3.15 TER CROSS EAST WEST line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Suoi Tien Terminal to Suoi Tien	18756	16734,25	TER_CROSS_EAST_WEST_DEC

6.3.16 TER CROSS EAST WEST line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Suoi Tien to Suoi Tien Terminal	16795,75	18817,5	TER_CROSS_EAST_WEST_INC

6.3.17 TER CROSS WEST EAST line (decreasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Suoi Tien Terminal to Suoi Tien	18756	16734,25	TER_CROSS_WEST_EAST_DEC

6.3.18 TER CROSS WEST EAST line (increasing KP)

Name	Starting OSP Mileage	Ending OSP Mileage	Line description
From Suoi Tien to Suoi Tien Terminal	16795,75	18817,5	TER_CROSS_WEST_EAST_INC

6.4 Civil data

6.4.1 ANP CROSS EAST REFUGE INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.1.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.1.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.1.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
83	43	Whole train
132	80	Non vital speed
459	53	Whole train
589	80	Non vital speed
804	71	Whole train
926	80	Non vital speed
956	67	Whole train
1040	80	Non vital speed
1222	78	Whole train
1342	80	Non vital speed
1358	79	Whole train
1478	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2558	110	Non vital speed
2757	85	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	79	Whole train
3444	110	Non vital speed
3723	71	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3946	110	Non vital speed
4485	80	Whole train
4577	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6096	96	Whole train
6136	110	Non vital speed
6198	80	Whole train
6238	110	Non vital speed
6306	90	Whole train
6415	110	Non vital speed
6431	76	Whole train
6541	110	Non vital speed
6731	35	Whole train
6772	35	Non vital speed
6843,5	45	Non vital speed

6.4.2 ANP CROSS WEST EAST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.2.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.2.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.2.3 Speed restrictions

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
4577	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6096	96	Whole train
6136	110	Non vital speed
6198	80	Whole train
6238	110	Non vital speed
6272	45	Whole train
6312	110	Non vital speed
6837	83	Whole train
6957	110	Non vital speed

6.4.3 ANP CROSS WEST REFUGE DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.3.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	4,18	2000
1350	-3,01	2000
865	0	2000
602,3008	-12	2000
339	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.3.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.3.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	45	Non vital speed
6843,5	35	Non vital speed
6772	35	Whole train
6731	110	Non vital speed
6541	76	Whole train
6431	110	Non vital speed
6415	90	Whole train
6306	110	Non vital speed
6238	80	Whole train
6198	110	Non vital speed
6136	96	Whole train
6096	110	Non vital speed
5795	80	Whole train
5755	110	Non vital speed
4577	80	Whole train
4485	110	Non vital speed
3946	71	Whole train
3723	110	Non vital speed
3444	79	Whole train
3077	110	Non vital speed
2896	85	Whole train
2757	110	Non vital speed
2558	80	Whole train
2237	80	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
2062	80	Whole train
1895	80	Non vital speed
1478	79	Whole train
1358	80	Non vital speed
1342	78	Whole train
1222	80	Non vital speed
1040	67	Whole train
956	80	Non vital speed
926	71	Whole train
804	80	Non vital speed
589	53	Whole train
459	80	Non vital speed
132	43	Whole train
83	80	Non vital speed
-66	42	Whole train
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.4 ANP CROSS WEST REFUGE INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.4.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.4.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.4.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
83	43	Whole train
132	80	Non vital speed
459	53	Whole train
589	80	Non vital speed
804	71	Whole train
926	80	Non vital speed
956	67	Whole train
1040	80	Non vital speed
1222	78	Whole train
1342	80	Non vital speed
1358	79	Whole train
1478	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2558	110	Non vital speed
2757	85	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	79	Whole train
3444	110	Non vital speed
3723	71	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3946	110	Non vital speed
4485	80	Whole train
4577	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6096	96	Whole train
6136	110	Non vital speed
6198	80	Whole train
6238	110	Non vital speed
6306	90	Whole train
6415	110	Non vital speed
6431	76	Whole train
6541	110	Non vital speed
6731	35	Whole train
6772	35	Non vital speed
6843,5	45	Non vital speed

6.4.5 BEN CROSS EAST WEST DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.5.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	4,18	2000
1350	-3,01	2000
865	0	2000
602,3008	-12	2000
339	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.5.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.5.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	110	Non vital speed
19511	41	Whole train
19162	110	Non vital speed
19061	35	Whole train
18853	110	Non vital speed
18789	35	Whole train
18656	110	Non vital speed
18554	52	Whole train
18358	110	Non vital speed
18341	64	Whole train
18135	110	Non vital speed
17605	96	Whole train
16836	110	Non vital speed
15986	110	Whole train
15966	110	Non vital speed
14414	93	Non vital speed
14384	110	Whole train
13626	109	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
11343	53	Whole train
11221	110	Non vital speed
10896	53	Whole train
10774	110	Non vital speed
10136	62	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
9525	110	Non vital speed
8549	78	Whole train
8185	110	Non vital speed
8121	64	Whole train
7950	79	Whole train
7807	110	Non vital speed
7797	84	Whole train
7498	110	Non vital speed
7421	95	Whole train
7174	110	Non vital speed
6541	76	Whole train
6431	110	Non vital speed
6415	90	Whole train
6306	110	Non vital speed
6238	80	Whole train
6198	110	Non vital speed
6136	96	Whole train
6096	110	Non vital speed
5795	80	Whole train
5755	110	Non vital speed
4577	80	Whole train
4485	110	Non vital speed
3946	71	Whole train
3723	110	Non vital speed
3444	79	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3077	110	Non vital speed
2896	85	Whole train
2757	110	Non vital speed
2558	80	Whole train
2237	80	Non vital speed
2062	80	Whole train
1895	80	Non vital speed
1478	79	Whole train
1358	80	Non vital speed
1342	78	Whole train
1222	80	Non vital speed
1040	67	Whole train
956	80	Non vital speed
926	71	Whole train
804	80	Non vital speed
589	53	Whole train
459	80	Non vital speed
276	45	Whole train
181	80	Non vital speed
139	43	Whole train
27	80	Non vital speed
-66	42	Whole train
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.6 BEN CROSS EAST WEST INC



This track description is for increasing KP paths

6.4.6.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.6.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.6.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
27	43	Whole train
139	80	Non vital speed
181	45	Whole train
276	80	Non vital speed
459	53	Whole train
589	80	Non vital speed
804	71	Whole train
926	80	Non vital speed
956	67	Whole train
1040	80	Non vital speed
1222	78	Whole train
1342	80	Non vital speed
1358	79	Whole train
1478	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2558	110	Non vital speed
2757	85	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	79	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3444	110	Non vital speed
3723	71	Whole train
3946	110	Non vital speed
4485	80	Whole train
4577	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6096	96	Whole train
6136	110	Non vital speed
6198	80	Whole train
6238	110	Non vital speed
6306	90	Whole train
6415	110	Non vital speed
6431	76	Whole train
6541	110	Non vital speed
7174	95	Whole train
7421	110	Non vital speed
7498	84	Whole train
7797	110	Non vital speed
7807	79	Whole train
7950	64	Whole train
8121	110	Non vital speed
8185	78	Whole train
8549	110	Non vital speed
9525	62	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
10136	110	Non vital speed
10774	53	Whole train
10896	110	Non vital speed
11221	53	Whole train
11343	110	Non vital speed
12901	109	Non vital speed
13626	110	Whole train
14384	93	Non vital speed
14414	110	Non vital speed
15966	110	Whole train
15986	110	Non vital speed
16836	96	Whole train
17605	110	Non vital speed
18135	64	Whole train
18341	110	Non vital speed
18358	52	Whole train
18554	110	Non vital speed
18656	35	Whole train
18789	110	Non vital speed
18853	35	Whole train
19061	110	Non vital speed
19162	41	Whole train
19511	110	Non vital speed

6.4.7 BEN CROSS WEST EAST DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.7.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	-35	2000
1275	-6,59	3000
865	0	2000
602,3008	34	2000
343,5	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.7.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.7.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	110	Non vital speed
19511	41	Non vital speed
19162	110	Non vital speed
19061	35	Whole train
19011	110	Non vital speed
18554	52	Whole train
18358	110	Non vital speed
18341	67	Whole train
18135	110	Non vital speed
17605	89	Whole train
16836	110	Non vital speed
15986	110	Whole train
15966	110	Non vital speed
14414	93	Whole train
14384	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
10136	72	Whole train
9525	110	Non vital speed
8539	78	Whole train
8184	110	Non vital speed
8118	65	Whole train
7950	79	Whole train
7809	110	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
7798	84	Whole train
7498	110	Non vital speed
7421	105	Whole train
7174	110	Non vital speed
7083	90	Whole train
6973	110	Non vital speed
6957	83	Whole train
6837	110	Non vital speed
5795	80	Whole train
5755	110	Non vital speed
4695	85	Whole train
4665	110	Non vital speed
4594	78	Whole train
4492	110	Non vital speed
3946	71	Whole train
3714	110	Non vital speed
3451	78	Whole train
3077	110	Non vital speed
2896	86	Whole train
2757	110	Non vital speed
2540	80	Whole train
2237	80	Non vital speed
2062	80	Whole train
1895	80	Non vital speed
1045	80	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
951	80	Non vital speed
923	73	Whole train
806	80	Non vital speed
686	55	Whole train
512	80	Whole train
276	45	Whole train
181	80	Non vital speed
132	43	Whole train
83	80	Non vital speed
-66	42	Whole train
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.8 BEN CROSS WEST EAST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.8.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.8.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.8.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
83	43	Whole train
132	80	Non vital speed
181	45	Whole train
276	80	Whole train
512	55	Whole train
686	80	Non vital speed
806	73	Whole train
923	80	Non vital speed
951	80	Non vital speed
1045	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2540	110	Non vital speed
2757	86	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	78	Whole train
3451	110	Non vital speed
3714	71	Whole train
3946	110	Non vital speed
4492	78	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
4594	110	Non vital speed
4665	85	Whole train
4695	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6837	83	Whole train
6957	110	Non vital speed
6973	90	Whole train
7083	110	Non vital speed
7174	105	Whole train
7421	110	Non vital speed
7498	84	Whole train
7798	110	Non vital speed
7809	79	Whole train
7950	65	Whole train
8118	110	Non vital speed
8184	78	Whole train
8539	110	Non vital speed
9525	72	Whole train
10136	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
14384	93	Whole train
14414	110	Non vital speed
15966	110	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
15986	110	Non vital speed
16836	89	Whole train
17605	110	Non vital speed
18135	67	Whole train
18341	110	Non vital speed
18358	52	Whole train
18554	110	Non vital speed
19011	35	Whole train
19061	110	Non vital speed
19162	41	Non vital speed
19511	110	Non vital speed

6.4.9 BIN CROSS EAST WEST DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.9.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	-35	2000
1275	-6,59	3000
865	0	2000
602,3008	34	2000
343,5	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.9.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.9.3 Speed restrictions

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	93	Whole train
14384	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
10971	35	Whole train
10930	110	Non vital speed
10896	53	Whole train
10774	110	Non vital speed
10136	62	Whole train
9525	110	Non vital speed
8549	0	Non vital speed

6.4.10 BIN CROSS WEST EAST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.10.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.10.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.10.3 Speed restrictions

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
8549	110	Non vital speed
9525	62	Whole train
10136	110	Non vital speed
10774	53	Whole train
10896	110	Non vital speed
10930	35	Whole train
10971	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
14384	93	Whole train

6.4.11 EAST DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.11.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	-35	2000
1275	-6,59	3000
865	0	2000
602,3008	34	2000
343,5	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.11.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.11.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	110	Non vital speed
19511	41	Non vital speed
19162	110	Non vital speed
19061	35	Whole train
19011	110	Non vital speed
18554	52	Whole train
18358	110	Non vital speed
18341	67	Whole train
18135	110	Non vital speed
17605	89	Whole train
16836	110	Non vital speed
15986	110	Whole train
15966	110	Non vital speed
14414	93	Whole train
14384	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
10136	72	Whole train
9525	110	Non vital speed
8539	78	Whole train
8184	110	Non vital speed
8118	65	Whole train
7950	79	Whole train
7809	110	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
7798	84	Whole train
7498	110	Non vital speed
7421	105	Whole train
7174	110	Non vital speed
7083	90	Whole train
6973	110	Non vital speed
6957	83	Whole train
6837	110	Non vital speed
5795	80	Whole train
5755	110	Non vital speed
4695	85	Whole train
4665	110	Non vital speed
4594	78	Whole train
4492	110	Non vital speed
3946	71	Whole train
3714	110	Non vital speed
3451	78	Whole train
3077	110	Non vital speed
2896	86	Whole train
2757	110	Non vital speed
2540	80	Whole train
2237	80	Non vital speed
2062	80	Whole train
1895	80	Non vital speed
1045	80	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
951	80	Non vital speed
923	73	Whole train
806	80	Non vital speed
686	55	Whole train
512	80	Non vital speed
139	43	Whole train
27	80	Non vital speed
-66	42	Whole train
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.12 EAST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.12.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.12.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.12.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
27	43	Whole train
139	80	Non vital speed
512	55	Whole train
686	80	Non vital speed
806	73	Whole train
923	80	Non vital speed
951	80	Non vital speed
1045	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2540	110	Non vital speed
2757	86	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	78	Whole train
3451	110	Non vital speed
3714	71	Whole train
3946	110	Non vital speed
4492	78	Whole train
4594	110	Non vital speed
4665	85	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
4695	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6837	83	Whole train
6957	110	Non vital speed
6973	90	Whole train
7083	110	Non vital speed
7174	105	Whole train
7421	110	Non vital speed
7498	84	Whole train
7798	110	Non vital speed
7809	79	Whole train
7950	65	Whole train
8118	110	Non vital speed
8184	78	Whole train
8539	110	Non vital speed
9525	72	Whole train
10136	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
14384	93	Whole train
14414	110	Non vital speed
15966	110	Whole train
15986	110	Non vital speed
16836	89	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
17605	110	Non vital speed
18135	67	Whole train
18341	110	Non vital speed
18358	52	Whole train
18554	110	Non vital speed
19011	35	Whole train
19061	110	Non vital speed
19162	41	Non vital speed
19511	110	Non vital speed

6.4.13 SUO TER TSR DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.13.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	-35	2000
1275	-6,59	3000
865	0	2000
602,3008	34	2000
343,5	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.13.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.13.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	110	Non vital speed
19739,95	110	Non vital speed
19591,37	110	Non vital speed
19534,93	110	Non vital speed
19511,46	37	Whole train
19164,56	110	Non vital speed
19061,26	31	Whole train
19029,83	31	Whole train
19011,29	110	Non vital speed
18886	110	Non vital speed
18840,83	45	Non vital speed
18756	110	Non vital speed
18595,83	110	Non vital speed
18554,7	48	Whole train
18371,33	48	Whole train
18358,97	110	Non vital speed
18341,7	61	Whole train
18128,07	110	Non vital speed
17981,33	110	Non vital speed
17700,86	110	Non vital speed
17605,53	81	Whole train
16914,86	81	Whole train
16836,85	110	Non vital speed
16830	45	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
16700	110	Non vital speed
16540,86	110	Non vital speed
15990,86	110	Non vital speed
15980,46	101	Whole train
15968	101	Whole train
15900,86	110	Non vital speed
15360,86	110	Non vital speed
15255	45	Non vital speed
15125	110	Non vital speed
14635,86	110	Non vital speed
14414,24	85	Whole train
14384,24	110	Non vital speed
14125,86	110	Non vital speed
13860,56	110	Non vital speed
13625,5	107	Whole train
13269,56	107	Whole train
12974,56	107	Whole train
12901,49	110	Non vital speed
12888,06	110	Non vital speed
12690,06	110	Non vital speed
12110,06	110	Non vital speed
11809,16	110	Non vital speed
11380,07	110	Non vital speed
11131	45	Non vital speed
11091	110	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
10745,07	110	Non vital speed
10550,07	110	Non vital speed
10136,52	65	Whole train
9778	45	Non vital speed
9648	65	Whole train
9525,82	110	Non vital speed
9505,07	110	Non vital speed
9445,07	110	Non vital speed
8539,051	71	Whole train
8272	45	Non vital speed
8142	110	Non vital speed
8132,07	110	Non vital speed
8116,82	53	Whole train
7958,43	110	Non vital speed
7946,07	110	Non vital speed
7928,461	79	Whole train
7799,539	110	Non vital speed
7789,531	79	Whole train
7699,57	79	Whole train
7610,07	79	Whole train
7498,25	110	Non vital speed
7421,359	82	Whole train
7174,391	110	Non vital speed
7083,949	82	Whole train
6973,621	110	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
6957,359	76	Non vital speed
6837,48	110	Non vital speed
6618	45	Non vital speed
6488	110	Non vital speed
5895,07	110	Non vital speed
5815,07	110	Non vital speed
5795,488	80	Whole train
5755,488	110	Non vital speed
5661	45	Non vital speed
5531	110	Non vital speed
5095,969	110	Non vital speed
4873,969	110	Non vital speed
4725,969	110	Non vital speed
4594,539	71	Whole train
4503	45	Non vital speed
4373	110	Non vital speed
3945,648	64	Whole train
3714,781	110	Non vital speed
3585	45	Non vital speed
3455	110	Non vital speed
3454,211	71	Whole train
3077,328	80	Non vital speed
3050	80	Non vital speed
3000	110	Non vital speed
2895,32	78	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
2757,5	80	Non vital speed
2645,07	110	Non vital speed
2540,012	74	Whole train
2325,961	74	Whole train
2237,07	80	Non vital speed
2062,309	75	Whole train
1895,078	45	Non vital speed
1860	80	Non vital speed
1771	45	Non vital speed
1641	80	Non vital speed
1558	80	Non vital speed
1275	80	Non vital speed
1045,238	83	Whole train
951,0898	80	Non vital speed
923,8086	66	Whole train
865	66	Whole train
805,1992	80	Non vital speed
780	45	Non vital speed
650	50	Whole train
602,3008	50	Whole train
512,1719	80	Non vital speed
343,5	80	Non vital speed
139,0898	39	Whole train
84,75	80	Non vital speed
73,5	80	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
65	45	Non vital speed
-65	80	Non vital speed
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.14 SUO TER TSR INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.14.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.14.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.14.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	80	Non vital speed
-65	45	Non vital speed
65	80	Non vital speed
73,5	80	Non vital speed
84,75	39	Whole train
139,09	80	Non vital speed
343,5	80	Non vital speed
512,17	50	Whole train
602,3	50	Whole train
650	45	Non vital speed
780	80	Non vital speed
805,2	66	Whole train
865	66	Whole train
923,81	80	Non vital speed
951,09	83	Whole train
1045,24	80	Non vital speed
1275	80	Non vital speed
1558	80	Non vital speed
1641	45	Non vital speed
1771	80	Non vital speed
1860	45	Non vital speed
1895,08	75	Whole train
2062,31	80	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
2237,07	74	Whole train
2325,96	74	Whole train
2540,01	110	Non vital speed
2645,07	80	Non vital speed
2757,5	78	Whole train
2895,32	110	Non vital speed
3000	80	Non vital speed
3050	80	Non vital speed
3077,33	71	Whole train
3454,21	110	Non vital speed
3455	45	Non vital speed
3585	110	Non vital speed
3714,78	64	Whole train
3945,65	110	Non vital speed
4373	45	Non vital speed
4503	71	Whole train
4594,54	110	Non vital speed
4725,97	110	Non vital speed
4873,97	110	Non vital speed
5095,97	110	Non vital speed
5531	45	Non vital speed
5661	110	Non vital speed
5755,49	80	Whole train
5795,49	110	Non vital speed
5815,07	110	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
5895,07	110	Non vital speed
6488	45	Non vital speed
6618	110	Non vital speed
6837,48	76	Non vital speed
6957,36	110	Non vital speed
6973,62	82	Whole train
7083,95	110	Non vital speed
7174,39	82	Whole train
7421,36	110	Non vital speed
7498,25	79	Whole train
7610,07	79	Whole train
7699,57	79	Whole train
7789,53	110	Non vital speed
7799,54	79	Whole train
7928,46	110	Non vital speed
7946,07	110	Non vital speed
7958,43	53	Whole train
8116,82	110	Non vital speed
8132,07	110	Non vital speed
8142	45	Non vital speed
8272	71	Whole train
8539,05	110	Non vital speed
9445,07	110	Non vital speed
9505,07	110	Non vital speed
9525,82	65	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
9648	45	Non vital speed
9778	65	Whole train
10136,52	110	Non vital speed
10550,07	110	Non vital speed
10745,07	110	Non vital speed
11091	45	Non vital speed
11131	110	Non vital speed
11380,07	110	Non vital speed
11809,16	110	Non vital speed
12110,06	110	Non vital speed
12690,06	110	Non vital speed
12888,06	110	Non vital speed
12901,49	107	Whole train
12974,56	107	Whole train
13269,56	107	Whole train
13625,5	110	Non vital speed
13860,56	110	Non vital speed
14125,86	110	Non vital speed
14384,24	85	Whole train
14414,24	110	Non vital speed
14635,86	110	Non vital speed
15125	45	Non vital speed
15255	110	Non vital speed
15360,86	110	Non vital speed
15900,86	101	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
15968	101	Whole train
15980,46	110	Non vital speed
15990,86	110	Non vital speed
16540,86	110	Non vital speed
16700	45	Non vital speed
16830	110	Non vital speed
16836,85	81	Whole train
16914,86	81	Whole train
17605,53	110	Non vital speed
17700,86	110	Non vital speed
17981,33	110	Non vital speed
18128,07	61	Whole train
18341,7	110	Non vital speed
18358,97	48	Whole train
18371,33	48	Whole train
18554,7	110	Non vital speed
18595,83	110	Non vital speed
18756	45	Non vital speed
18840,83	110	Non vital speed
18886	110	Non vital speed
19011,29	31	Whole train
19029,83	31	Whole train
19061,26	110	Non vital speed
19164,56	37	Whole train
19511,46	110	Non vital speed

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
19534,93	110	Non vital speed
19591,37	110	Non vital speed
19739,95	110	Non vital speed

6.4.15 TAN CROSS WEST EAST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.15.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.15.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.15.3 Speed restrictions

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3444	110	Non vital speed
3723	71	Whole train
3946	110	Non vital speed
4141	45	Whole train
4179	110	Non vital speed
4492	78	Whole train
4594	110	Non vital speed

6.4.16 TAN CROSS WEST REFUGE DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.16.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	4,18	2000
1350	-3,01	2000
865	0	2000
602,3008	-12	2000
339	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.16.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.16.3 Speed restrictions

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	45	Non vital speed
4503	45	Whole train
4261	110	Non vital speed
4179	45	Whole train
4141	110	Non vital speed
3946	71	Whole train
3723	110	Non vital speed
3444	0	Non vital speed

6.4.17 TAN CROSS WEST REFUGE INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.17.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.17.2 *Resistances*

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.17.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3444	110	Non vital speed
3723	71	Whole train
3946	110	Non vital speed
4141	45	Whole train
4179	110	Non vital speed
4261	45	Whole train
4503	45	Non vital speed

6.4.18 TER CROSS EAST WEST DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.18.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	4,18	2000
1350	-3,01	2000
865	0	2000
602,3008	-12	2000
339	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.18.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.18.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	110	Non vital speed
19511	41	Whole train
19162	110	Non vital speed
19061	35	Whole train
18853	110	Non vital speed
18789	35	Whole train
18656	110	Non vital speed
18640	45	Whole train
18603	110	Non vital speed
18554	110	Non vital speed
18554	52	Whole train
18358	52	Whole train
18358	110	Non vital speed
18341	110	Non vital speed
18341	67	Whole train
18135	64	Whole train
18135	110	Non vital speed
17605	110	Non vital speed
17605	96	Whole train
16836	89	Whole train
16836	110	Non vital speed
15986	110	Whole train
15966	110	Non vital speed
14414	93	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
14384	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
10136	72	Whole train
9525	110	Non vital speed
8539	78	Whole train
8184	110	Non vital speed
8118	65	Whole train
7950	79	Whole train
7809	110	Non vital speed
7798	84	Whole train
7498	110	Non vital speed
7421	105	Whole train
7174	110	Non vital speed
7083	90	Whole train
6973	110	Non vital speed
6957	83	Whole train
6837	110	Non vital speed
5795	80	Whole train
5755	110	Non vital speed
4695	85	Whole train
4665	110	Non vital speed
4594	78	Whole train
4492	110	Non vital speed
3946	71	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3714	110	Non vital speed
3451	78	Whole train
3077	110	Non vital speed
2896	86	Whole train
2757	110	Non vital speed
2540	80	Whole train
2237	80	Non vital speed
2062	80	Whole train
1895	80	Non vital speed
1045	80	Non vital speed
951	80	Non vital speed
923	73	Whole train
806	80	Non vital speed
686	55	Whole train
512	80	Non vital speed
139	43	Whole train
27	80	Non vital speed
-66	42	Whole train
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.19 TER CROSS EAST WEST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.19.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.19.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.19.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
27	43	Whole train
139	80	Non vital speed
512	55	Whole train
686	80	Non vital speed
806	73	Whole train
923	80	Non vital speed
951	80	Non vital speed
1045	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2540	110	Non vital speed
2757	86	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	78	Whole train
3451	110	Non vital speed
3714	71	Whole train
3946	110	Non vital speed
4492	78	Whole train
4594	110	Non vital speed
4665	85	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
4695	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6837	83	Whole train
6957	110	Non vital speed
6973	90	Whole train
7083	110	Non vital speed
7174	105	Whole train
7421	110	Non vital speed
7498	84	Whole train
7798	110	Non vital speed
7809	79	Whole train
7950	65	Whole train
8118	110	Non vital speed
8184	78	Whole train
8539	110	Non vital speed
9525	72	Whole train
10136	110	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
13626	110	Non vital speed
14384	93	Whole train
14414	110	Non vital speed
15966	110	Whole train
15986	110	Non vital speed
16836	89	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
16836	96	Whole train
17605	110	Non vital speed
17605	110	Non vital speed
18135	64	Whole train
18135	67	Whole train
18341	110	Non vital speed
18341	110	Non vital speed
18358	52	Whole train
18358	52	Whole train
18554	110	Non vital speed
18554	110	Non vital speed
18603	45	Whole train
18640	110	Non vital speed
18656	35	Whole train
18789	110	Non vital speed
18853	35	Whole train
19061	110	Non vital speed
19162	41	Whole train
19511	110	Non vital speed

6.4.20 TER CROSS WEST EAST DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.20.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	-35	2000
1275	-6,59	3000
865	0	2000
602,3008	34	2000
343,5	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.20.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.20.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	110	Non vital speed
19511	41	Non vital speed
19162	110	Non vital speed
19061	35	Whole train
19011	110	Non vital speed
18640	45	Whole train
18603	110	Non vital speed
18554	52	Whole train
18358	110	Non vital speed
18341	64	Whole train
18135	110	Non vital speed
17605	96	Whole train
16836	110	Non vital speed
15986	110	Whole train
15966	110	Non vital speed
14414	93	Non vital speed
14384	110	Whole train
13626	109	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
11343	53	Whole train
11221	110	Non vital speed
10896	53	Whole train
10774	110	Non vital speed
10136	62	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
9525	110	Non vital speed
8549	78	Whole train
8185	110	Non vital speed
8121	64	Whole train
7950	79	Whole train
7807	110	Non vital speed
7797	84	Whole train
7498	110	Non vital speed
7421	95	Whole train
7174	110	Non vital speed
6541	76	Whole train
6431	110	Non vital speed
6415	90	Whole train
6306	110	Non vital speed
6238	80	Whole train
6198	110	Non vital speed
6136	96	Whole train
6096	110	Non vital speed
5795	80	Whole train
5755	110	Non vital speed
4577	80	Whole train
4485	110	Non vital speed
3946	71	Whole train
3723	110	Non vital speed
3444	79	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3077	110	Non vital speed
2896	85	Whole train
2757	110	Non vital speed
2558	80	Whole train
2237	80	Non vital speed
2062	80	Whole train
1895	80	Non vital speed
1478	79	Whole train
1358	80	Non vital speed
1342	78	Whole train
1222	80	Non vital speed
1040	67	Whole train
956	80	Non vital speed
926	71	Whole train
804	80	Non vital speed
589	53	Whole train
459	80	Non vital speed
132	43	Whole train
83	80	Non vital speed
-66	42	Whole train
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.21 TER CROSS WEST EAST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.21.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
343,5	-34	3000
602,3	0	2000
865	6,59	2000
1275	35	3000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.21.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.21.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
83	43	Whole train
132	80	Non vital speed
459	53	Whole train
589	80	Non vital speed
804	71	Whole train
926	80	Non vital speed
956	67	Whole train
1040	80	Non vital speed
1222	78	Whole train
1342	80	Non vital speed
1358	79	Whole train
1478	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2558	110	Non vital speed
2757	85	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	79	Whole train
3444	110	Non vital speed
3723	71	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3946	110	Non vital speed
4485	80	Whole train
4577	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6096	96	Whole train
6136	110	Non vital speed
6198	80	Whole train
6238	110	Non vital speed
6306	90	Whole train
6415	110	Non vital speed
6431	76	Whole train
6541	110	Non vital speed
7174	95	Whole train
7421	110	Non vital speed
7498	84	Whole train
7797	110	Non vital speed
7807	79	Whole train
7950	64	Whole train
8121	110	Non vital speed
8185	78	Whole train
8549	110	Non vital speed
9525	62	Whole train
10136	110	Non vital speed
10774	53	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
10896	110	Non vital speed
11221	53	Whole train
11343	110	Non vital speed
12901	109	Non vital speed
13626	110	Whole train
14384	93	Non vital speed
14414	110	Non vital speed
15966	110	Whole train
15986	110	Non vital speed
16836	96	Whole train
17605	110	Non vital speed
18135	64	Whole train
18341	110	Non vital speed
18358	52	Whole train
18554	110	Non vital speed
18603	45	Whole train
18640	110	Non vital speed
19011	35	Whole train
19061	110	Non vital speed
19162	41	Non vital speed
19511	110	Non vital speed

6.4.22 WEST DEC

This track description is for decreasing KP paths

6.4.22.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
50000	0	0
19739,95	0	0
19534,93	41	2000
19029,83	10	2000
18840,83	0	2000
18595,83	10	2000
18371,33	33	3000
17981,33	0	2000
17700,86	-20	3000
16914,86	0	3000
16540,86	10	3000
15990,86	0	3000
15900,86	-25	3000
15360,86	0	3000
14635,86	30	3000
14125,86	0	3000
13860,56	20	3000
13269,56	-34,3	3000
12974,56	-12	2000
12888,06	0	2000
12690,06	-20	3000
12110,06	0	3000
11809,16	-13,8	3000
11380,07	0	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	-20	3000
10550,07	0	3000
9505,07	-10	3000
9445,07	0	3000
8132,07	8	2000
7946,07	0	2000
7699,57	-20	2000
7610,07	0	3000
5895,07	10	3000
5815,07	0	3000
5095,969	6,8	3000
4873,969	-15	3000
4725,969	0	2000
3050	10	3000
3000	0	3000
2645,07	-33,5	2000
1860	0	2000
1558	4,18	2000
1350	-3,01	2000
865	0	2000
602,3008	-12	2000
339	10	3000
73,5	0	2000
-90	0	0
-300	0	0

6.4.22.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
50000	Open air
20000	Open air
-500	Open air

6.4.22.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
50000	110	Non vital speed
19511	41	Whole train
19162	110	Non vital speed
19061	35	Whole train
18853	110	Non vital speed
18789	35	Whole train
18656	110	Non vital speed
18554	52	Whole train
18358	110	Non vital speed
18341	64	Whole train
18135	110	Non vital speed
17605	96	Whole train
16836	110	Non vital speed
15986	110	Whole train
15966	110	Non vital speed
14414	93	Non vital speed
14384	110	Whole train
13626	109	Non vital speed
12901	110	Non vital speed
11343	53	Whole train
11221	110	Non vital speed
10896	53	Whole train
10774	110	Non vital speed
10136	62	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
9525	110	Non vital speed
8549	78	Whole train
8185	110	Non vital speed
8121	64	Whole train
7950	79	Whole train
7807	110	Non vital speed
7797	84	Whole train
7498	110	Non vital speed
7421	95	Whole train
7174	110	Non vital speed
6541	76	Whole train
6431	110	Non vital speed
6415	90	Whole train
6306	110	Non vital speed
6238	80	Whole train
6198	110	Non vital speed
6136	96	Whole train
6096	110	Non vital speed
5795	80	Whole train
5755	110	Non vital speed
4577	80	Whole train
4485	110	Non vital speed
3946	71	Whole train
3723	110	Non vital speed
3444	79	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3077	110	Non vital speed
2896	85	Whole train
2757	110	Non vital speed
2558	80	Whole train
2237	80	Non vital speed
2062	80	Whole train
1895	80	Non vital speed
1478	79	Whole train
1358	80	Non vital speed
1342	78	Whole train
1222	80	Non vital speed
1040	67	Whole train
956	80	Non vital speed
926	71	Whole train
804	80	Non vital speed
589	53	Whole train
459	80	Non vital speed
132	43	Whole train
83	80	Non vital speed
-66	42	Whole train
-90	80	Non vital speed
-300	0	Non vital speed

6.4.23 WEST INC

This track description is for increasing KP paths

6.4.23.1 Declivities

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
-300	0	2000
-90	0	0
73,5	-10	2000
339	12	3000
602,3	0	2000
865	3,01	2000
1350	-4,18	2000
1558	0	2000
1860	33,5	2000
2645,07	0	2000
3000	-10	3000
3050	0	3000
4725,97	15	2000
4873,97	-6,8	3000
5095,97	0	3000
5815,07	-10	3000
5895,07	0	3000
7610,07	20	3000
7699,57	0	2000
7946,07	-8	2000
8132,07	0	2000
9445,07	10	3000
9505,07	0	3000
10550,07	20	3000

Application KP (m)	Declivity (o/oo)	Radius (m)
10745,07	0	3000
11380,07	13,8	3000
11809,16	0	3000
12110,06	20	3000
12690,06	0	3000
12888,06	12	2000
12974,56	34,3	2000
13269,56	-20	3000
13860,56	0	3000
14125,86	-30	3000
14635,86	0	3000
15360,86	25	3000
15900,86	0	3000
15990,86	-10	3000
16540,86	0	3000
16914,86	20	3000
17700,86	0	3000
17981,33	-33	2000
18371,33	-10	3000
18595,83	0	2000
18840,83	-10	2000
19029,83	-41	2000
19534,93	0	2000
19739,95	0	0

6.4.23.2 Resistances

Application KP (m)	Resistance type
-500	Open air
20000	Open air

6.4.23.3 *Speed restrictions*

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
-300	80	Non vital speed
-90	42	Whole train
-66	80	Non vital speed
83	43	Whole train
132	80	Non vital speed
459	53	Whole train
589	80	Non vital speed
804	71	Whole train
926	80	Non vital speed
956	67	Whole train
1040	80	Non vital speed
1222	78	Whole train
1342	80	Non vital speed
1358	79	Whole train
1478	80	Non vital speed
1895	80	Whole train
2062	80	Non vital speed
2237	80	Whole train
2558	110	Non vital speed
2757	85	Whole train
2896	110	Non vital speed
3077	79	Whole train
3444	110	Non vital speed
3723	71	Whole train

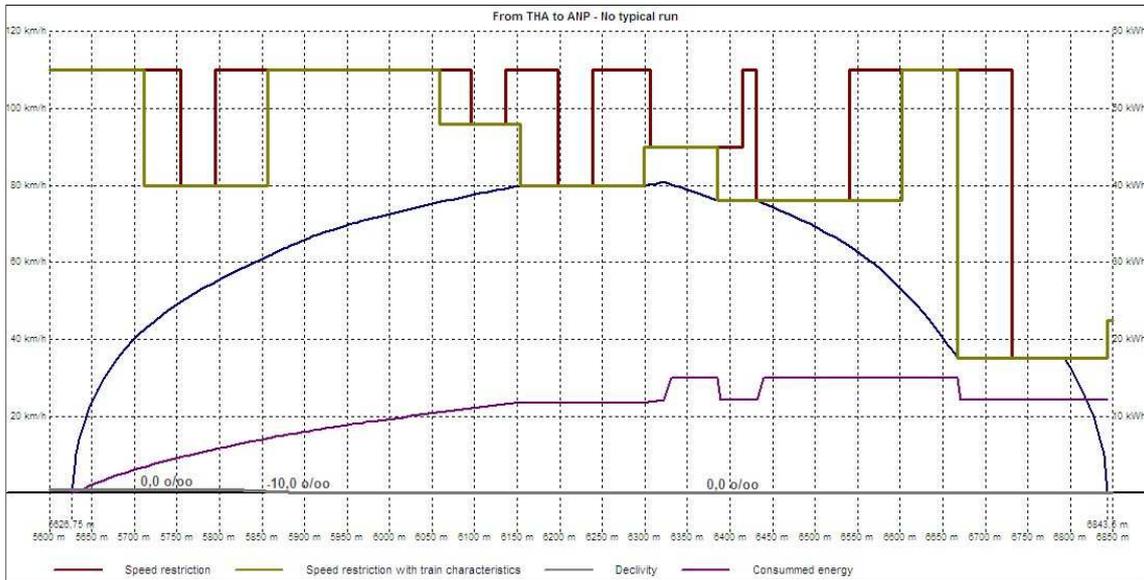
Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
3946	110	Non vital speed
4485	80	Whole train
4577	110	Non vital speed
5755	80	Whole train
5795	110	Non vital speed
6096	96	Whole train
6136	110	Non vital speed
6198	80	Whole train
6238	110	Non vital speed
6306	90	Whole train
6415	110	Non vital speed
6431	76	Whole train
6541	110	Non vital speed
7174	95	Whole train
7421	110	Non vital speed
7498	84	Whole train
7797	110	Non vital speed
7807	79	Whole train
7950	64	Whole train
8121	110	Non vital speed
8185	78	Whole train
8549	110	Non vital speed
9525	62	Whole train
10136	110	Non vital speed
10774	53	Whole train

Application KP (m)	Speed limit (km/h)	Limit type
10896	110	Non vital speed
11221	53	Whole train
11343	110	Non vital speed
12901	109	Non vital speed
13626	110	Whole train
14384	93	Non vital speed
14414	110	Non vital speed
15966	110	Whole train
15986	110	Non vital speed
16836	96	Whole train
17605	110	Non vital speed
18135	64	Whole train
18341	110	Non vital speed
18358	52	Whole train
18554	110	Non vital speed
18656	35	Whole train
18789	110	Non vital speed
18853	35	Whole train
19061	110	Non vital speed
19162	41	Whole train
19511	110	Non vital speed

7 APPENDIX - TYPICAL RUN CURVES

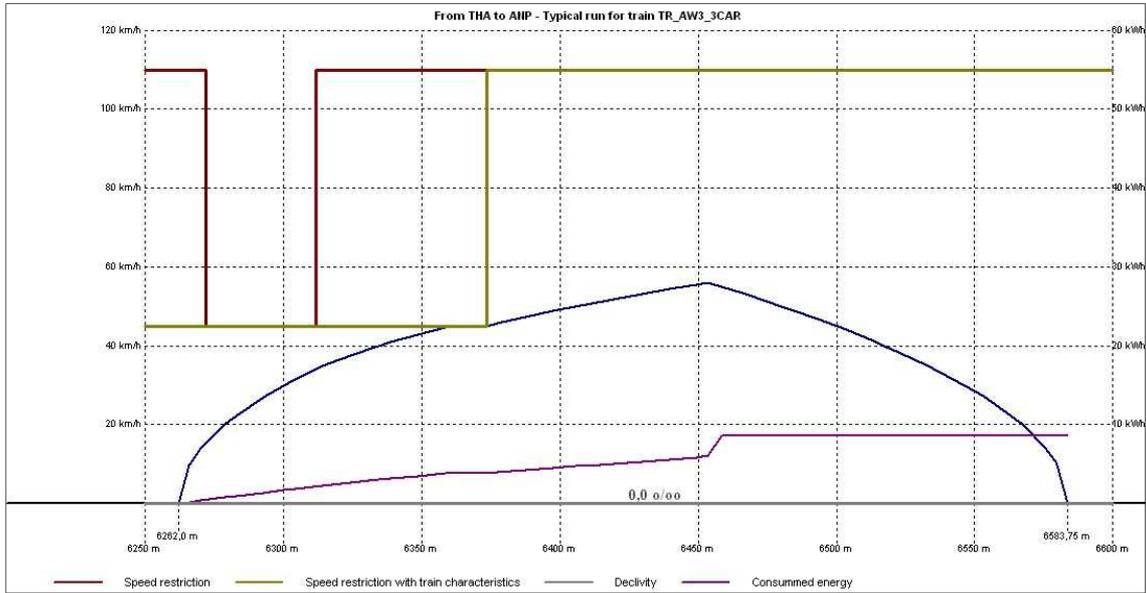
7.1ANP_CROSS_EAST_REFUGE line (increasing KP)

7.1.1 From Thao Dien to An Phu



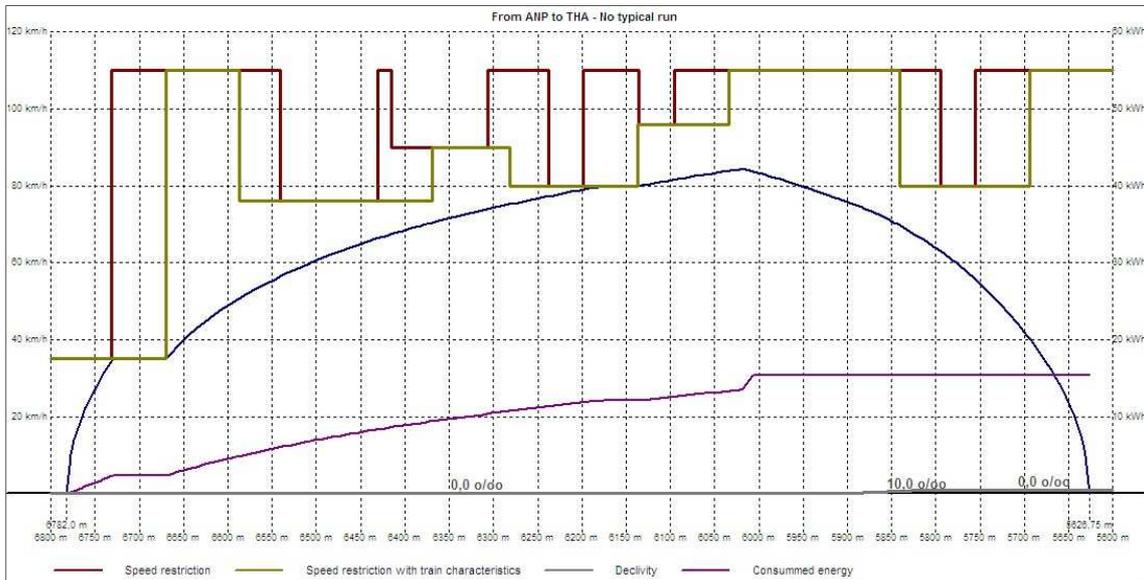
7.2ANP_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP)

7.2.1 From Thao Dien to An Phu



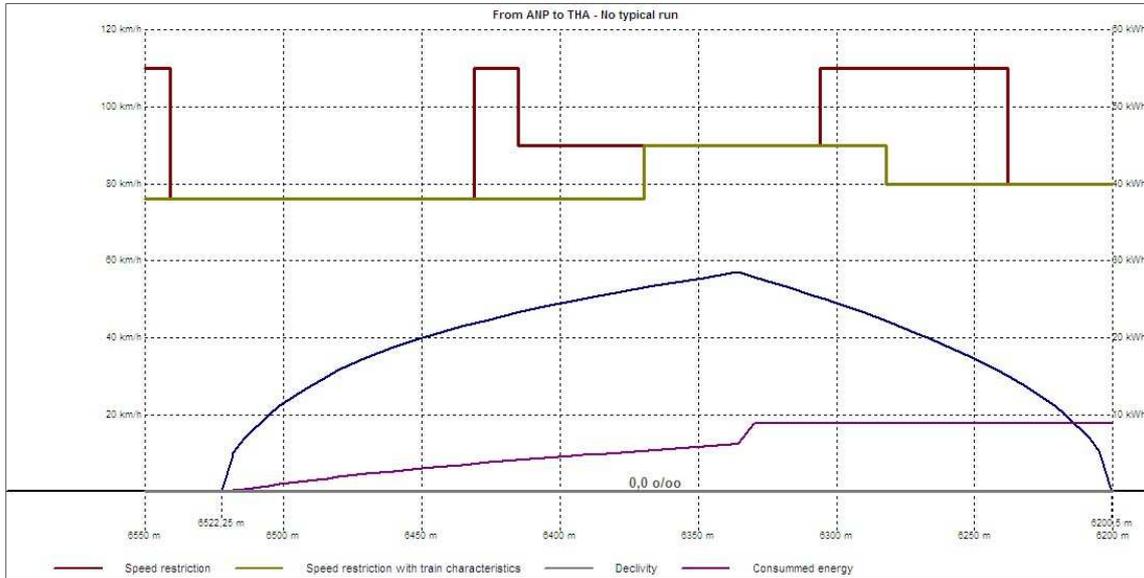
7.3ANP_CROSS_WEST_REFUGE line (decreasing KP)

7.3.1 From An Phu to Thao Dien



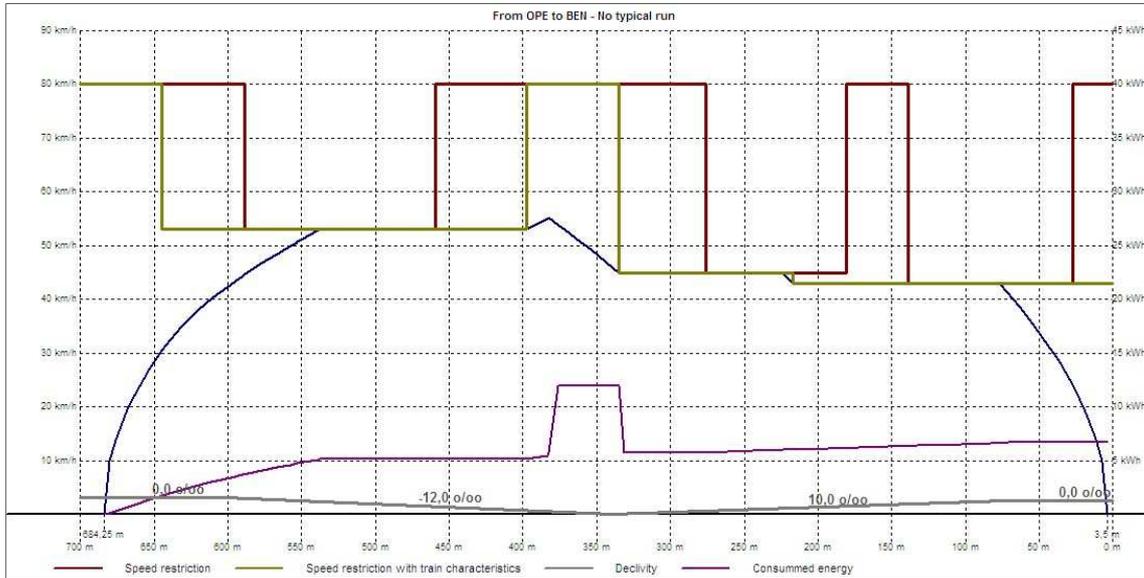
7.4ANP_TER_DEC line (decreasing KP)

7.4.1 From An Phu to Thao Dien



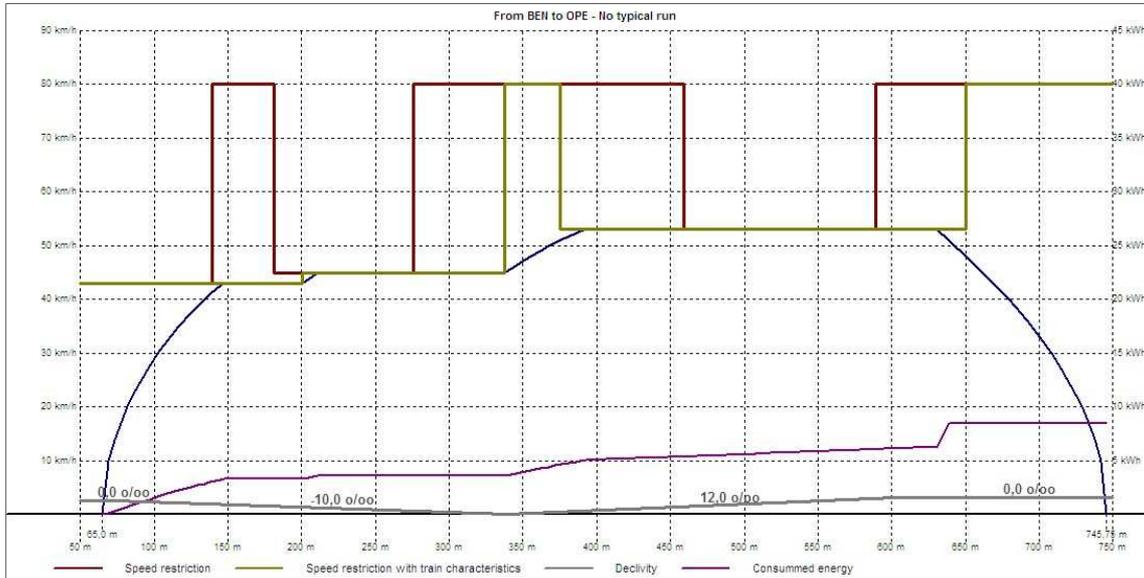
7.5BEN_CROSS_EAST_WEST line (decreasing KP)

7.5.1 From Opera House to Ben Thanh



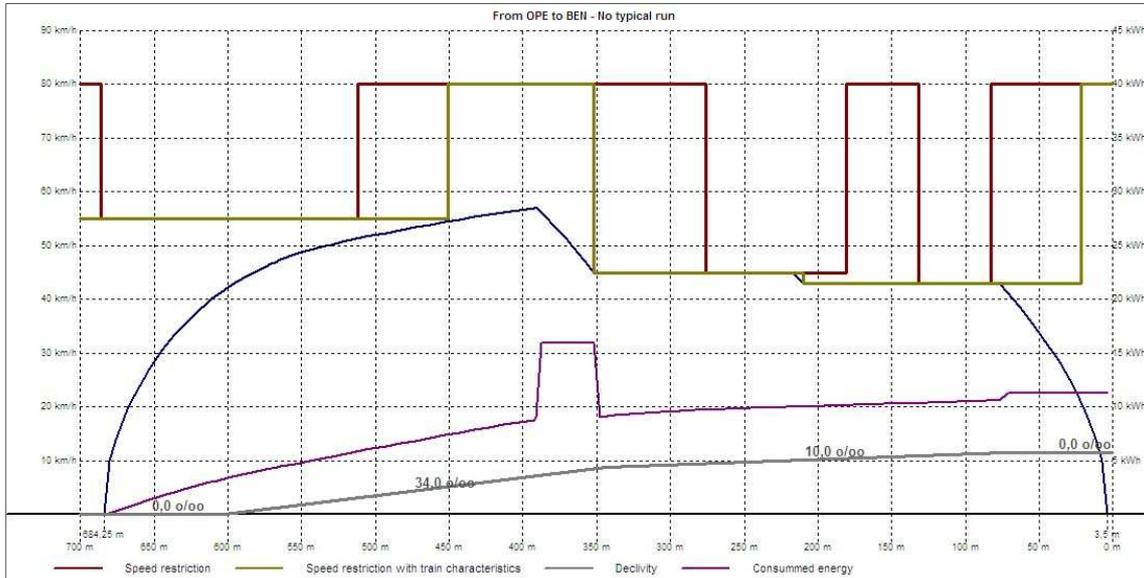
7.6BEN_CROSS_EAST_WEST line (increasing KP)

7.6.1 From Ben Thanh to Opera House



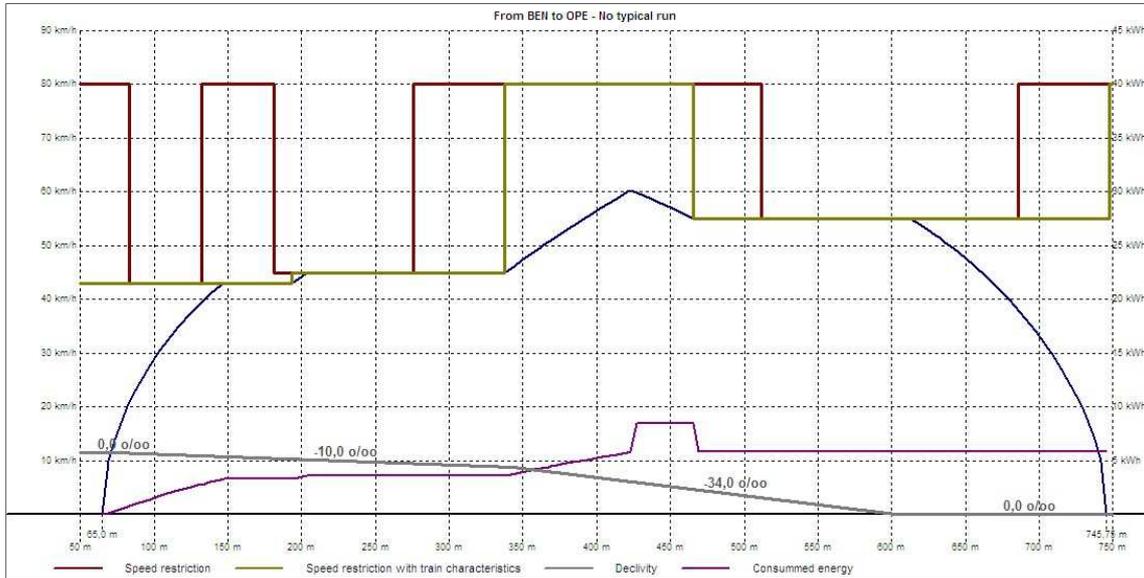
7.7BEN_CROSS_WEST_EAST line (decreasing KP)

7.7.1 From Opera House to Ben Thanh



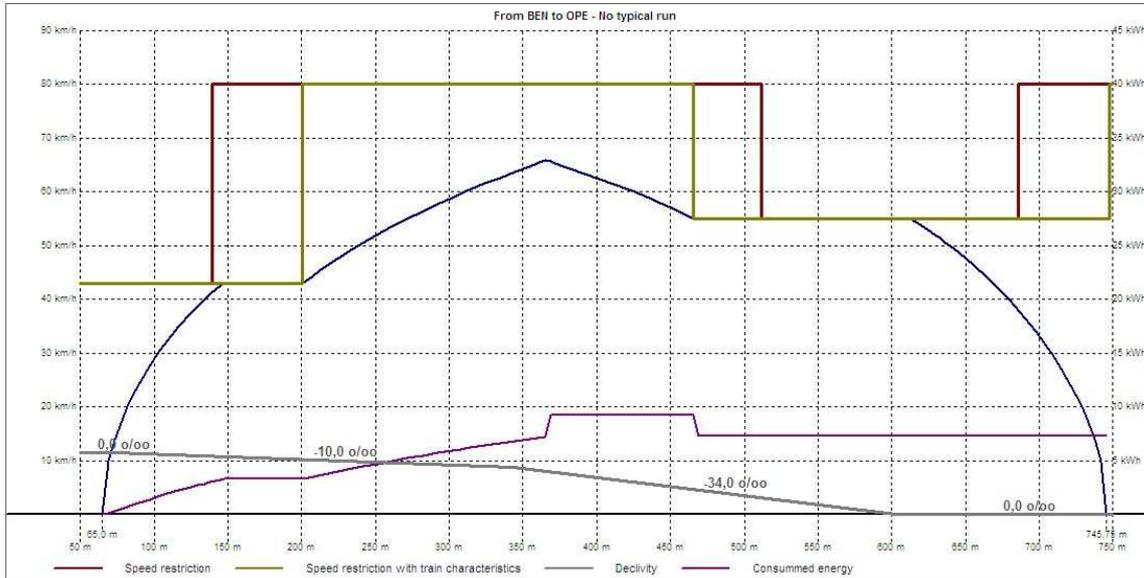
7.8BEN_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP)

7.8.1 From Ben Thanh to Opera House

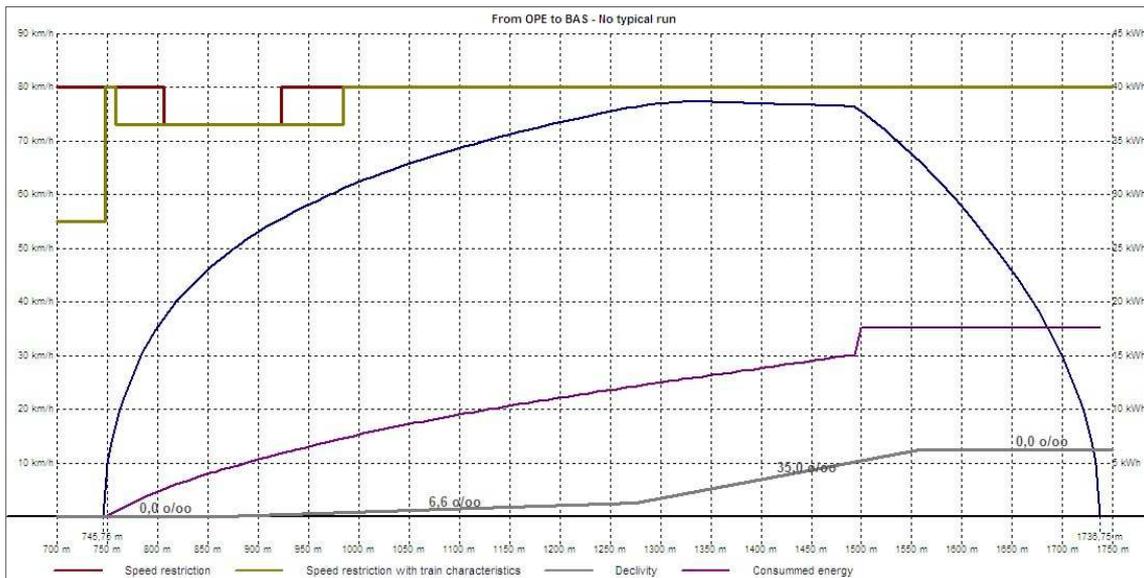


7.9BEN_TER line (increasing KP)

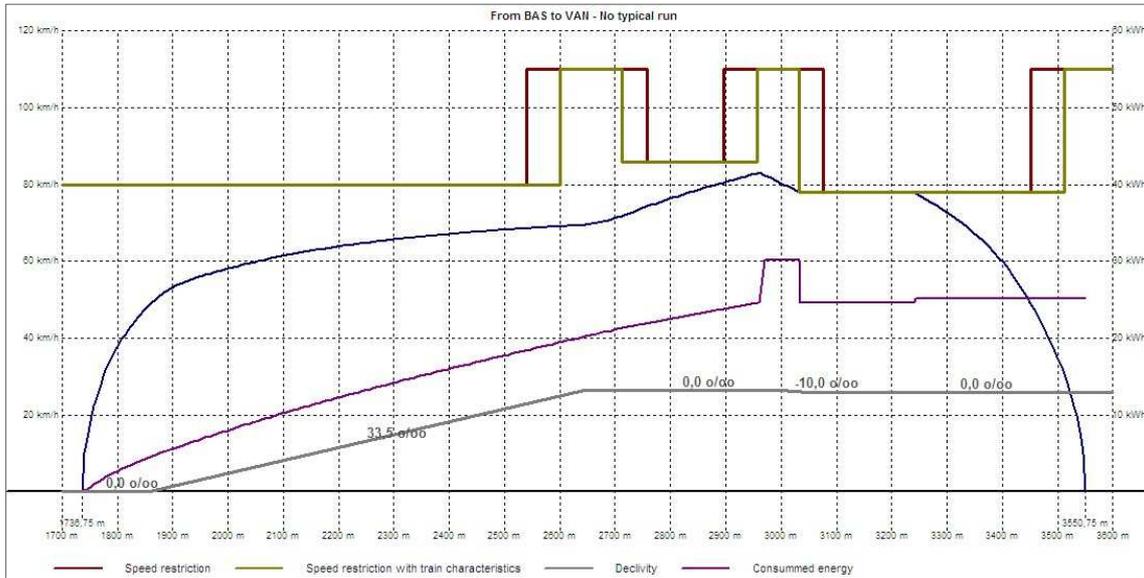
7.9.1 From Ben Thanh to Opera House



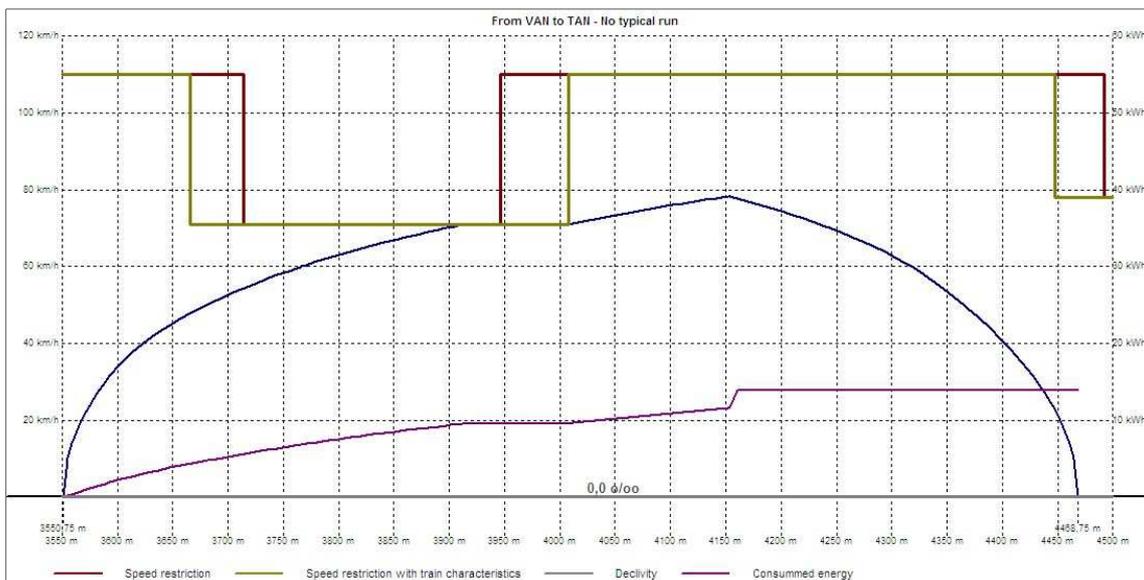
7.9.2 From Opera House to Ba Son



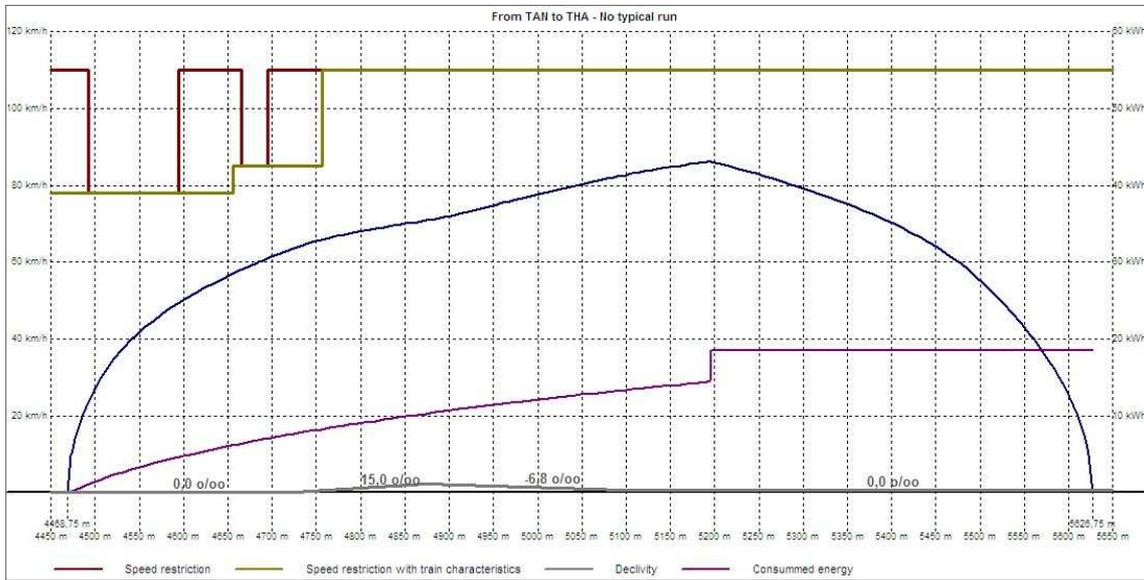
7.9.3 From Ba Son to Van Thanh Park



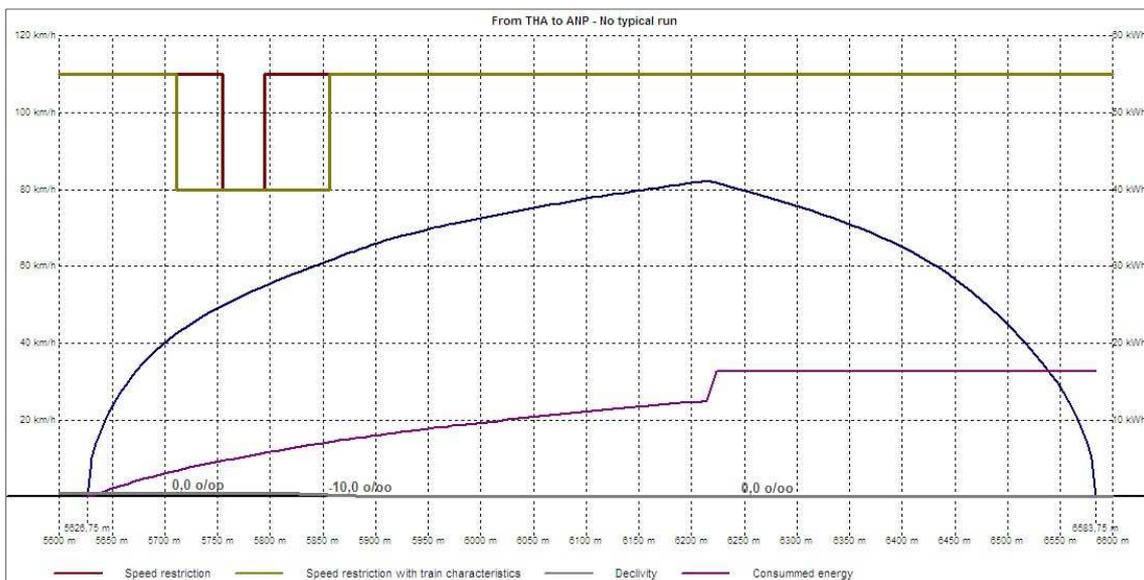
7.9.4 From Van Thanh Park to Tan Cang



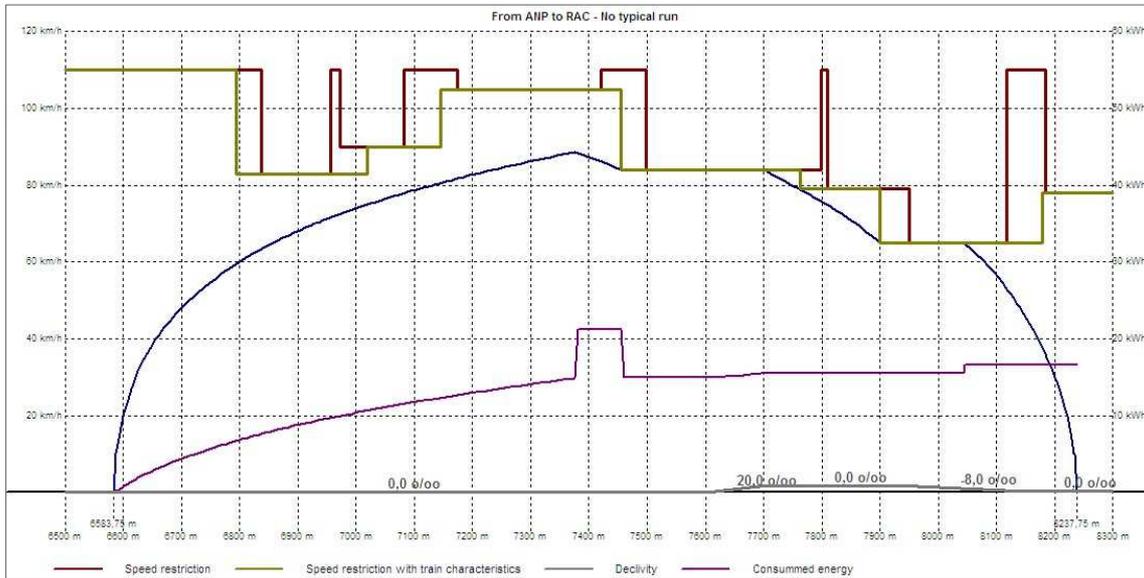
7.9.5 From Tan Cang to Thao Dien



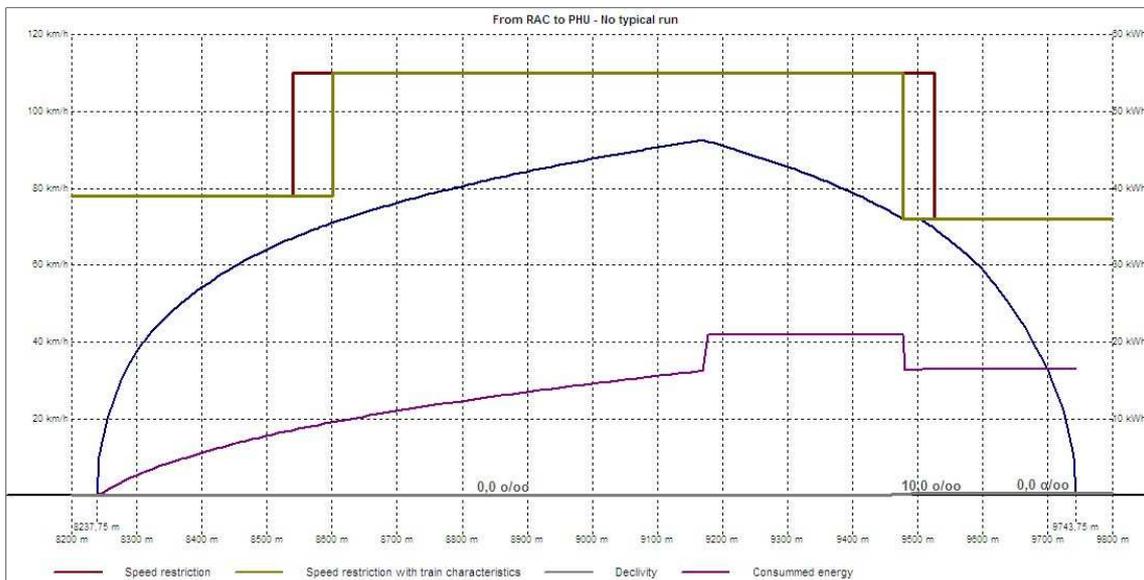
7.9.6 From Thao Dien to An Phu



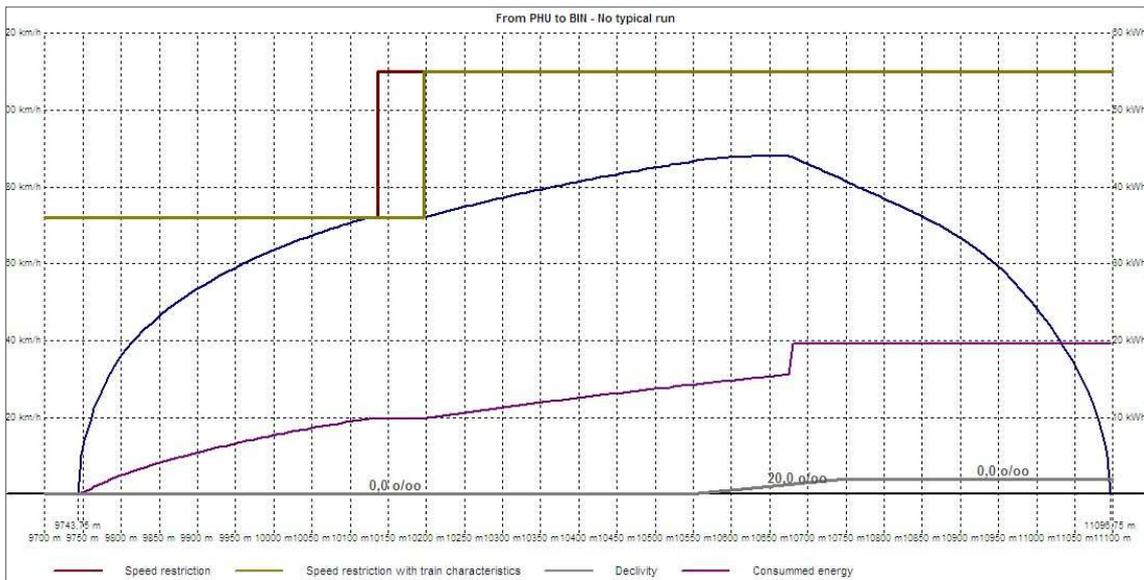
7.9.7 From An Phu to Rach Chiec



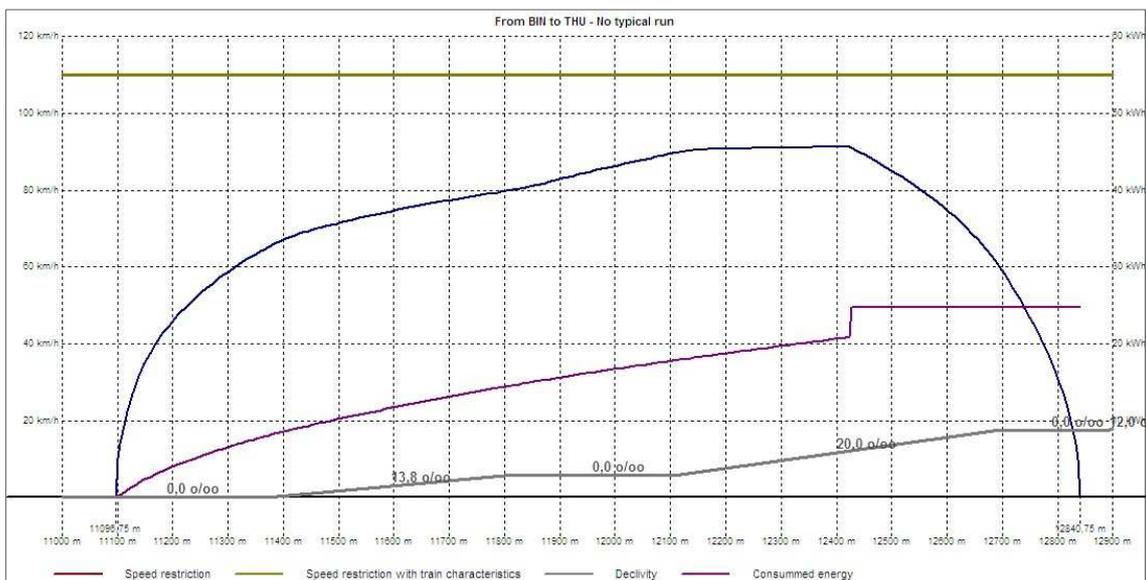
7.9.8 From Rach Chiec to Phuoc Long



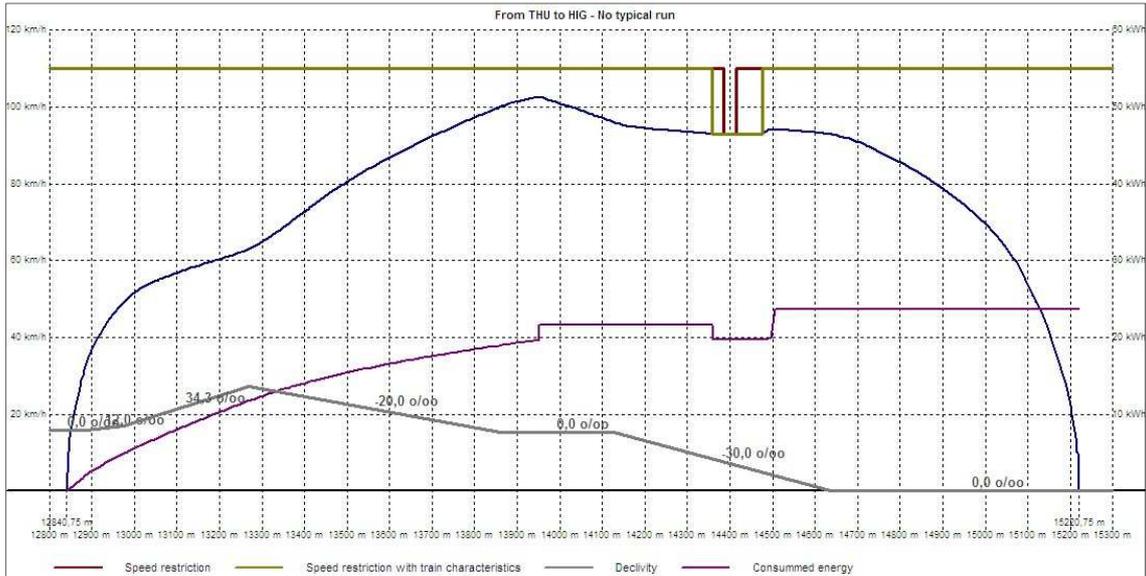
7.9.9 From Phuoc Long to Binh Thai



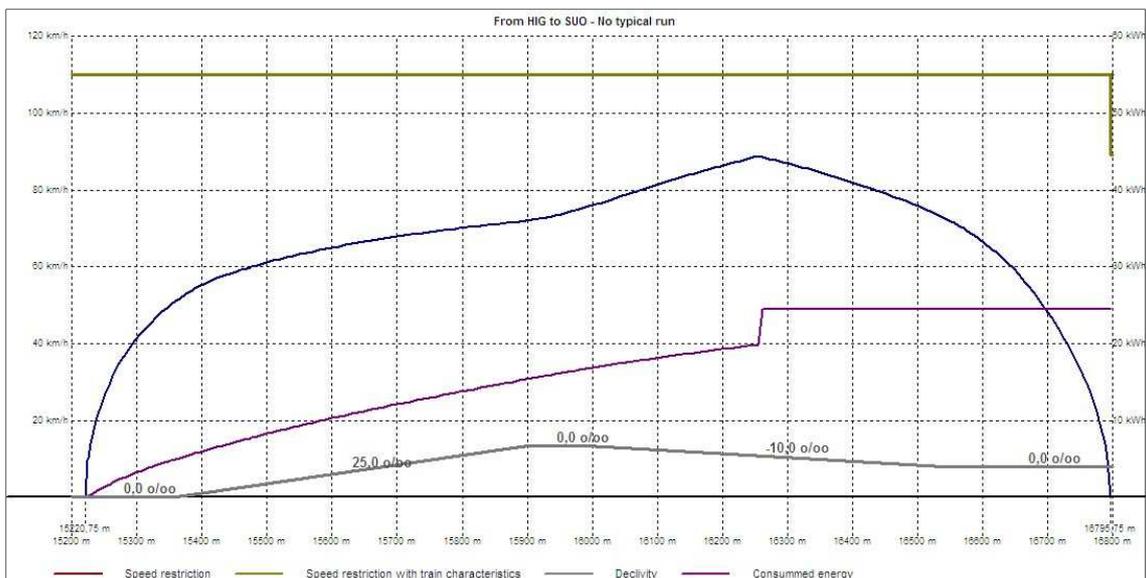
7.9.10 From Binh Thai to Thu Duc



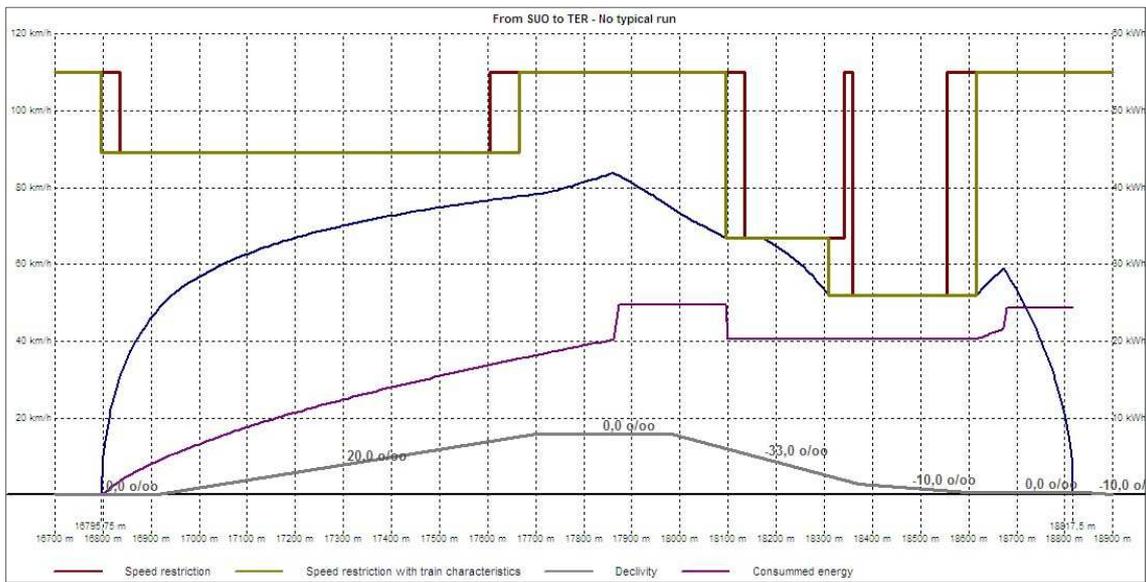
7.9.11 From Thu Duc to High Tech Park



7.9.12 From High Tech Park to Suoi Tien

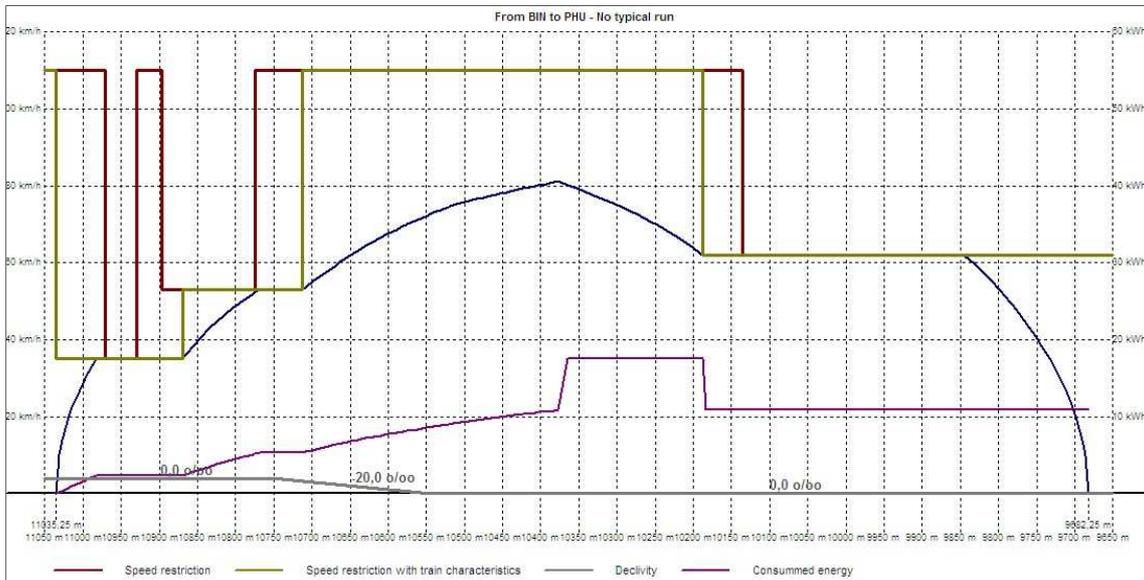


7.9.13 From Suoi Tien to Suoi Tien Terminal



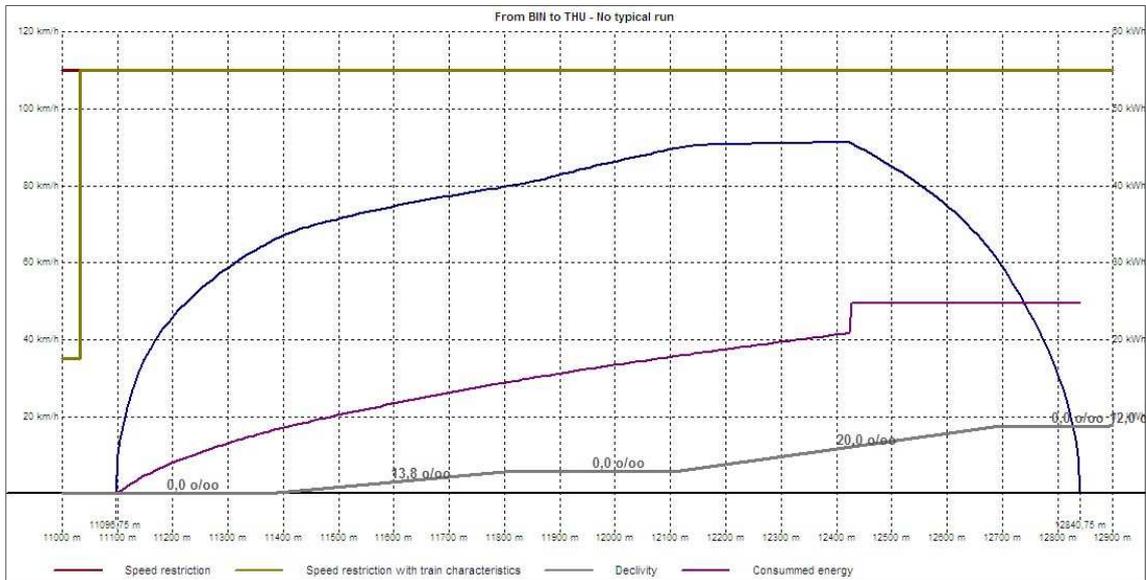
7.10 BIN_CROSS_EAST_WEST line (decreasing KP)

7.10.1 From Binh Thai to Phuoc Long



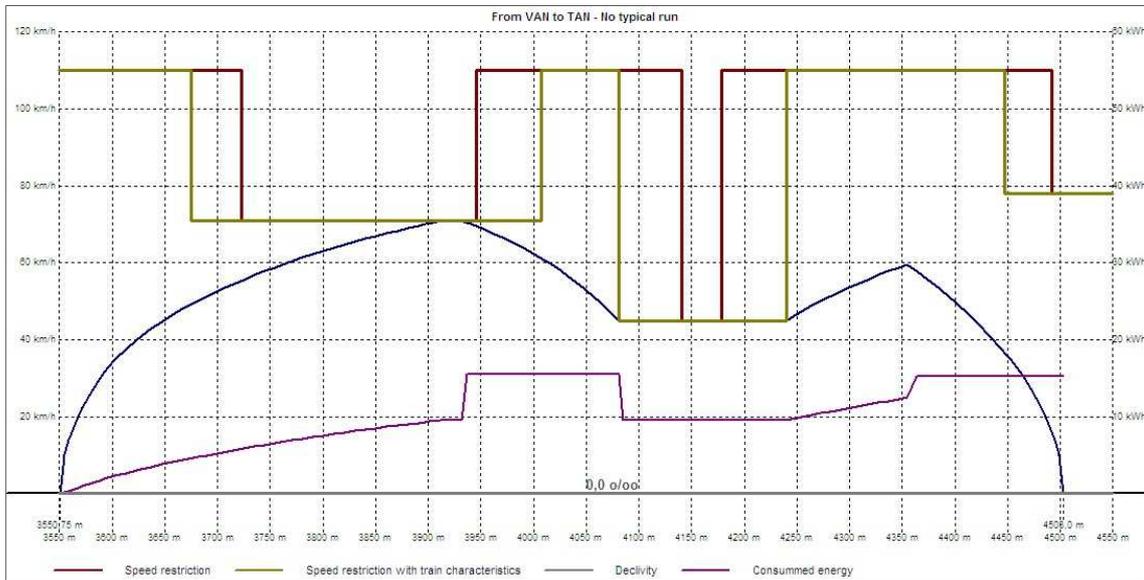
7.11 BIN_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP)

7.11.1 From Binh Thai to Thu Duc



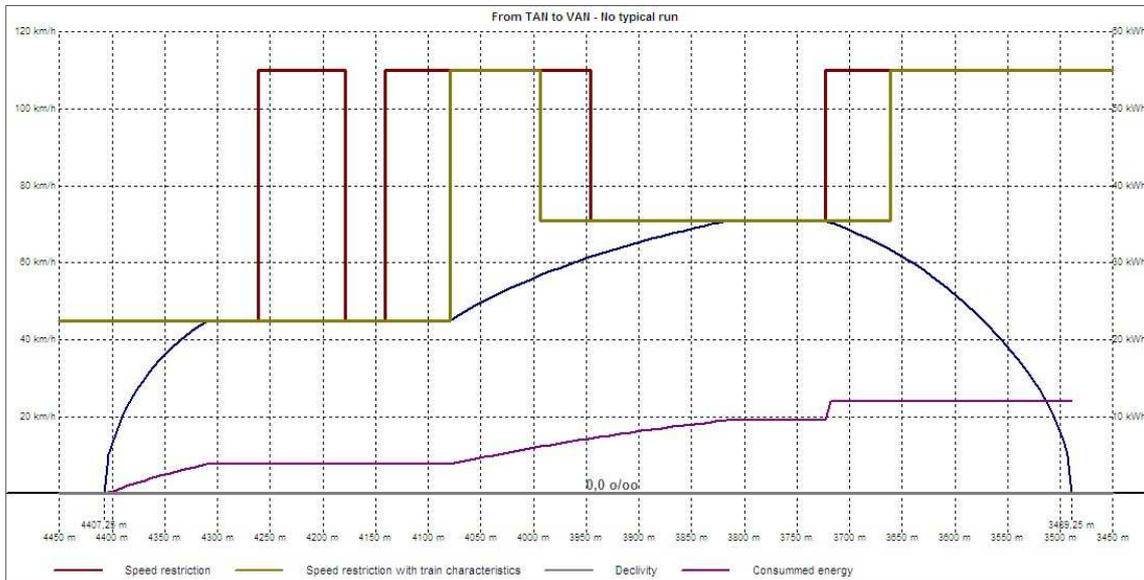
7.12 TAN_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP)

7.12.1 From Van Thanh Park to Tan Cang



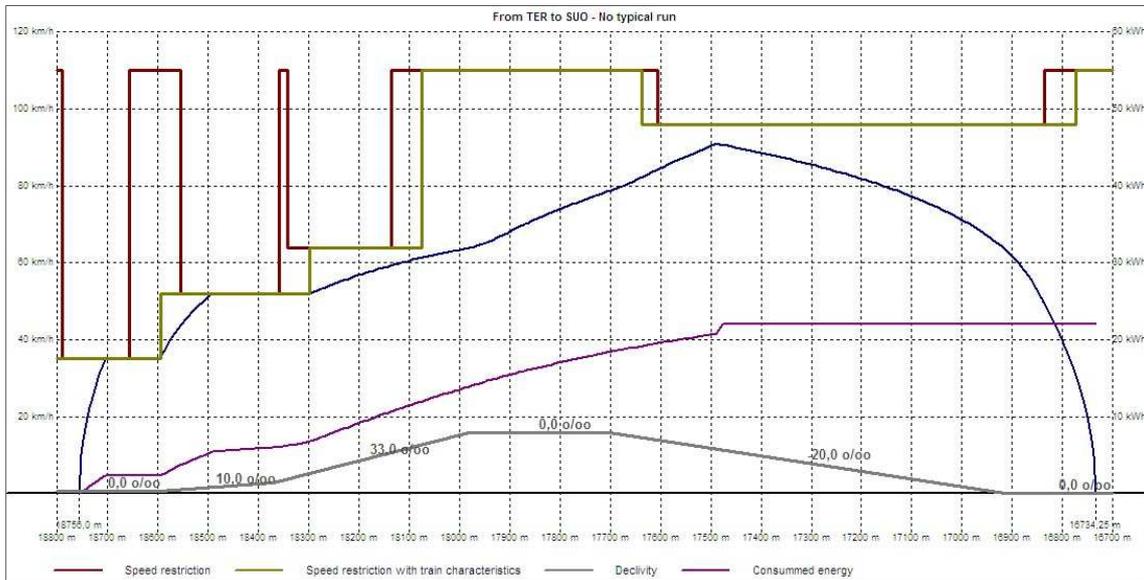
7.13 TAN_CROSS_WEST_REFUGE line (decreasing KP)

7.13.1 From Tan Cang to Van Thanh Park

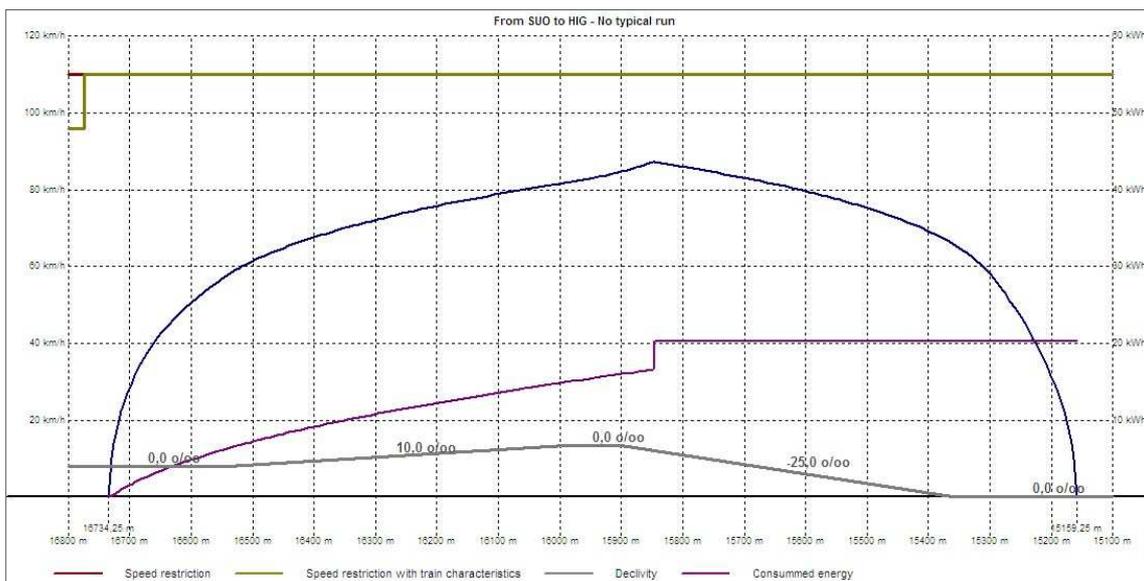


7.14 TER_BEN line (decreasing KP)

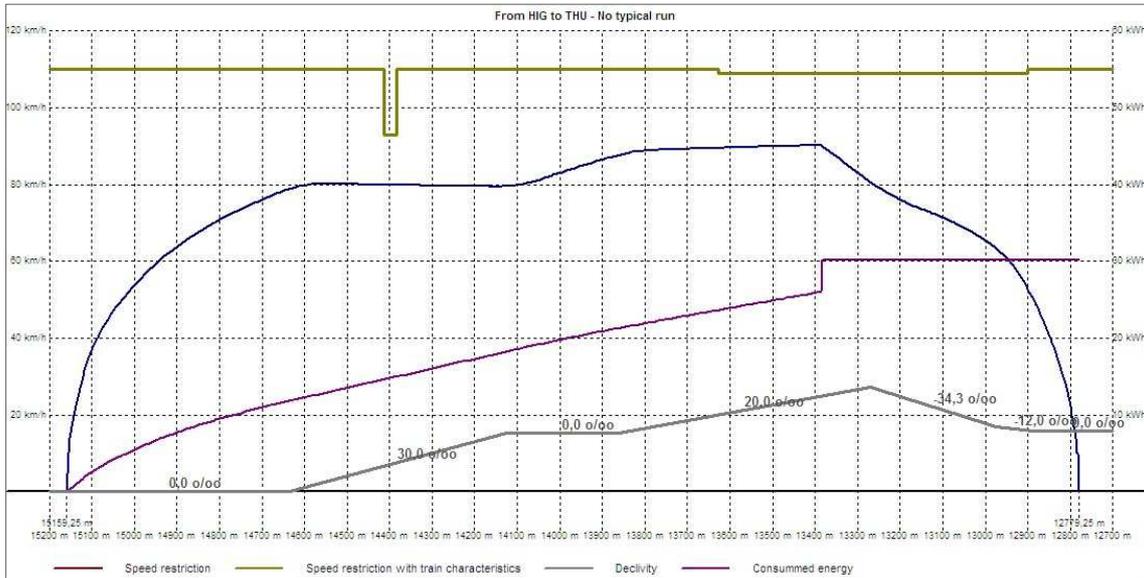
7.14.1 From Suoi Tien Terminal to Suoi Tien



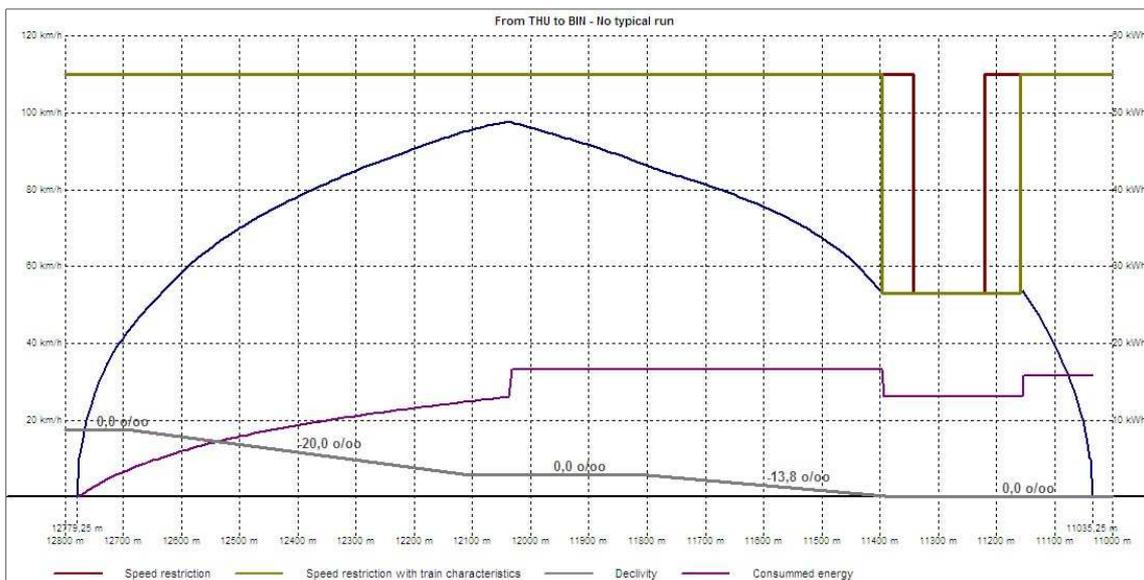
7.14.2 From Suoi Tien to High Tech Park



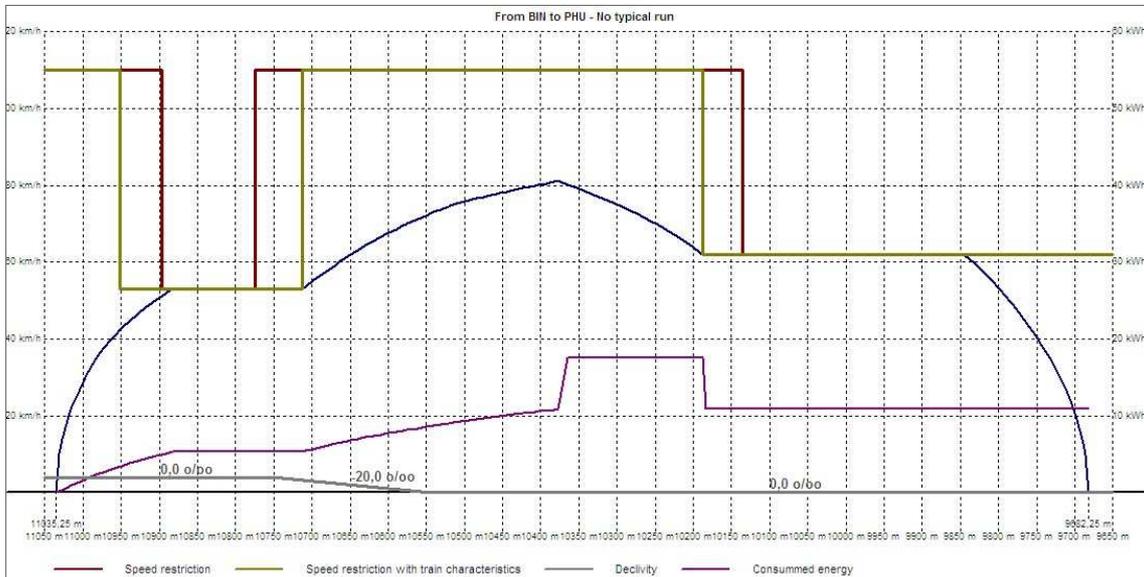
7.14.3 From High Tech Park to Thu Duc



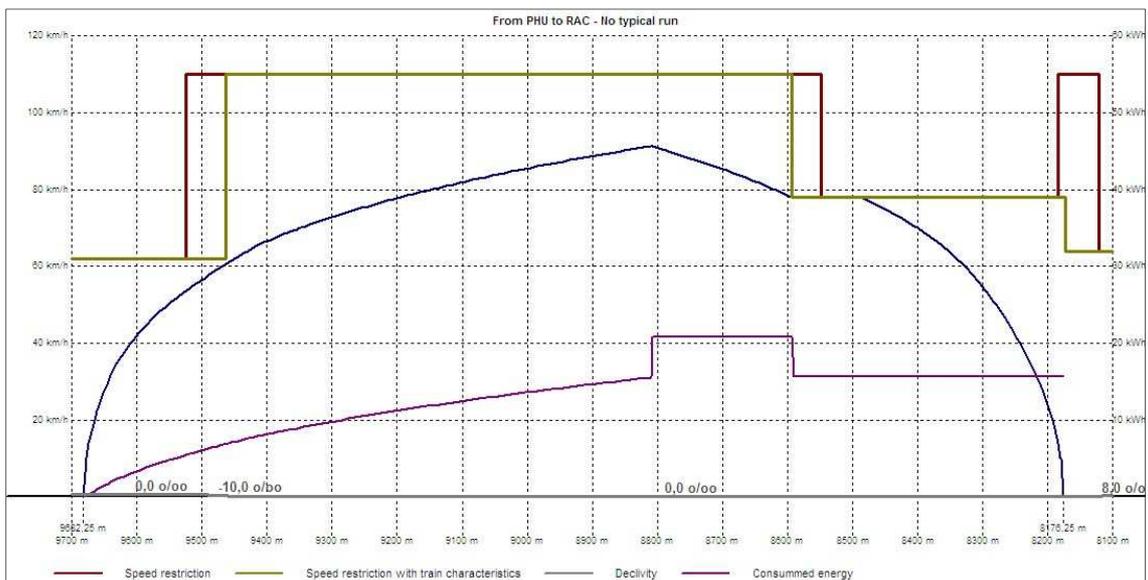
7.14.4 From Thu Duc to Binh Thai



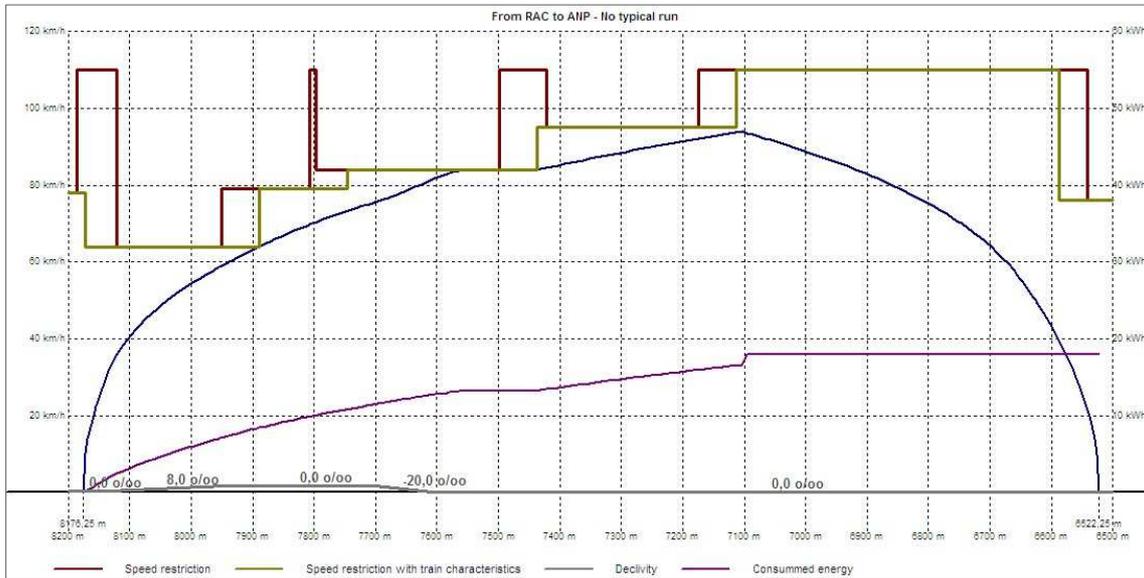
7.14.5 From Binh Thai to Phuoc Long



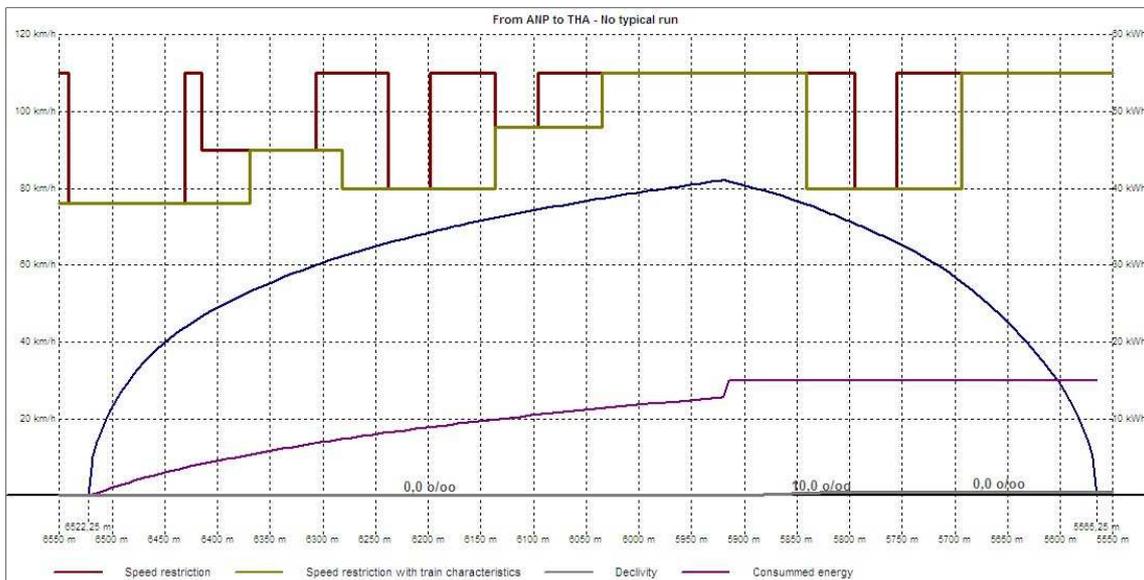
7.14.6 From Phuoc Long to Rach Chiec



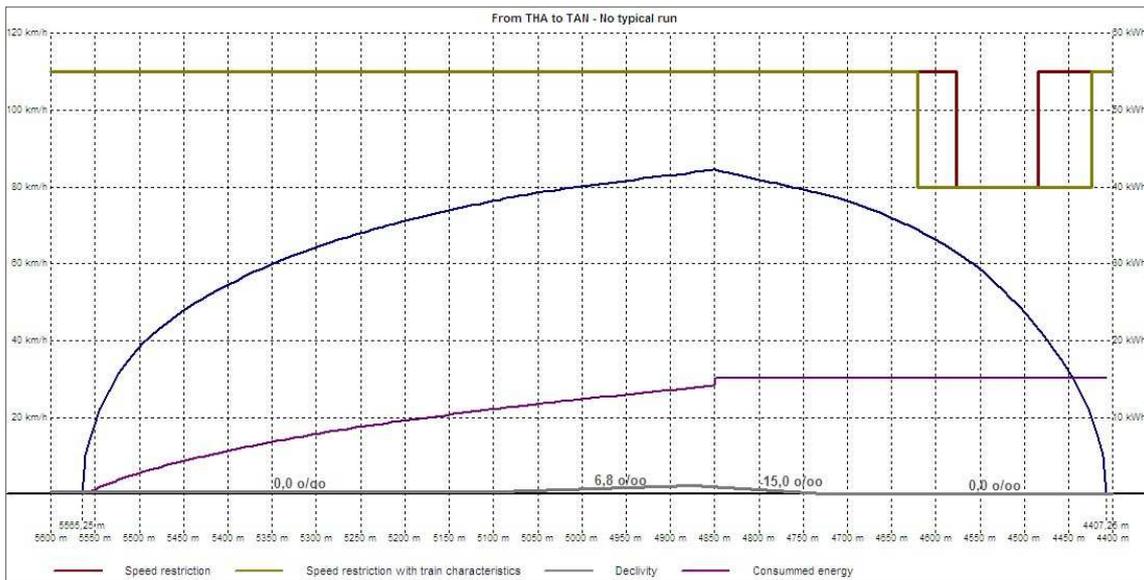
7.14.7 From Rach Chiec to An Phu



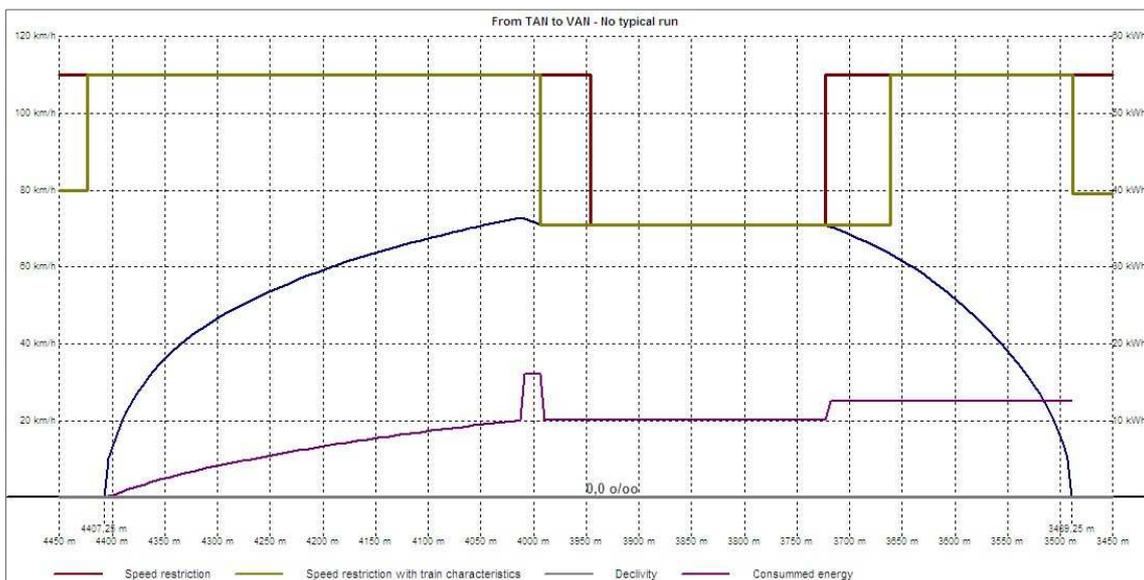
7.14.8 From An Phu to Thao Dien



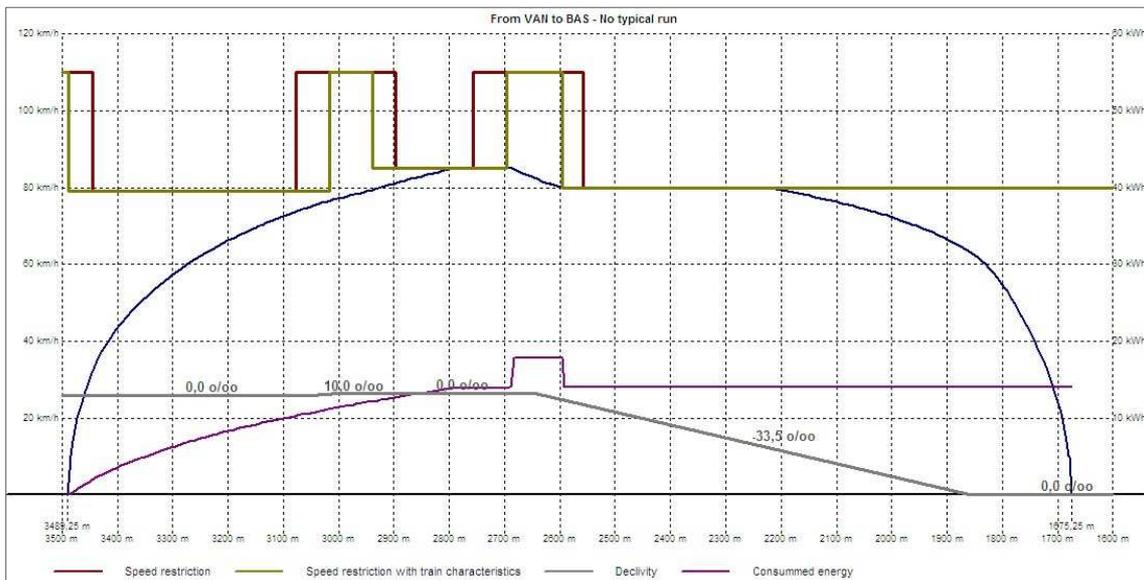
7.14.9 From Thao Dien to Tan Cang



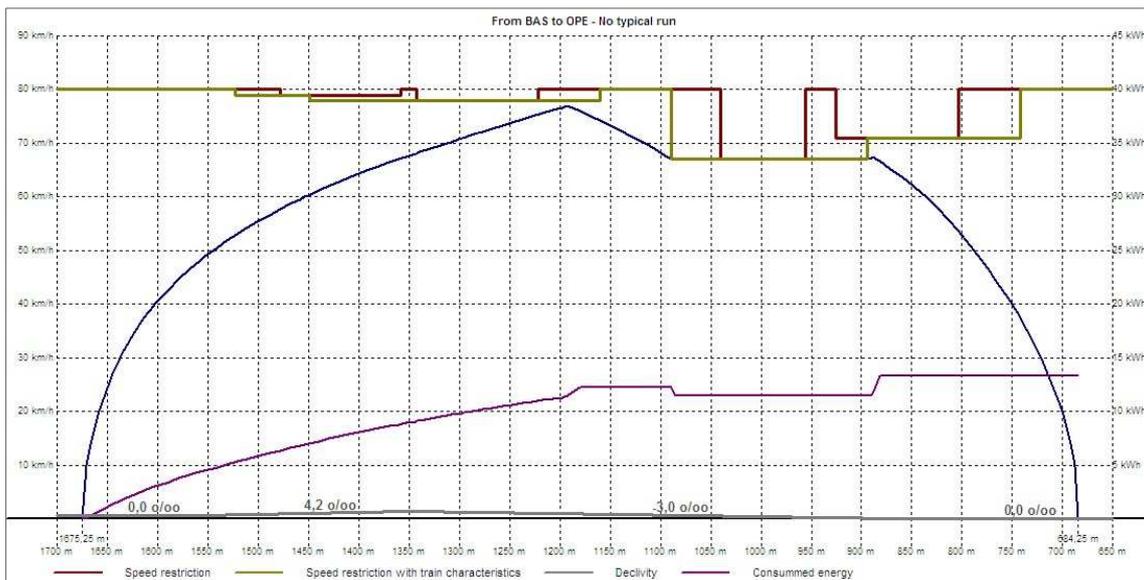
7.14.10 From Tan Cang to Van Thanh Park



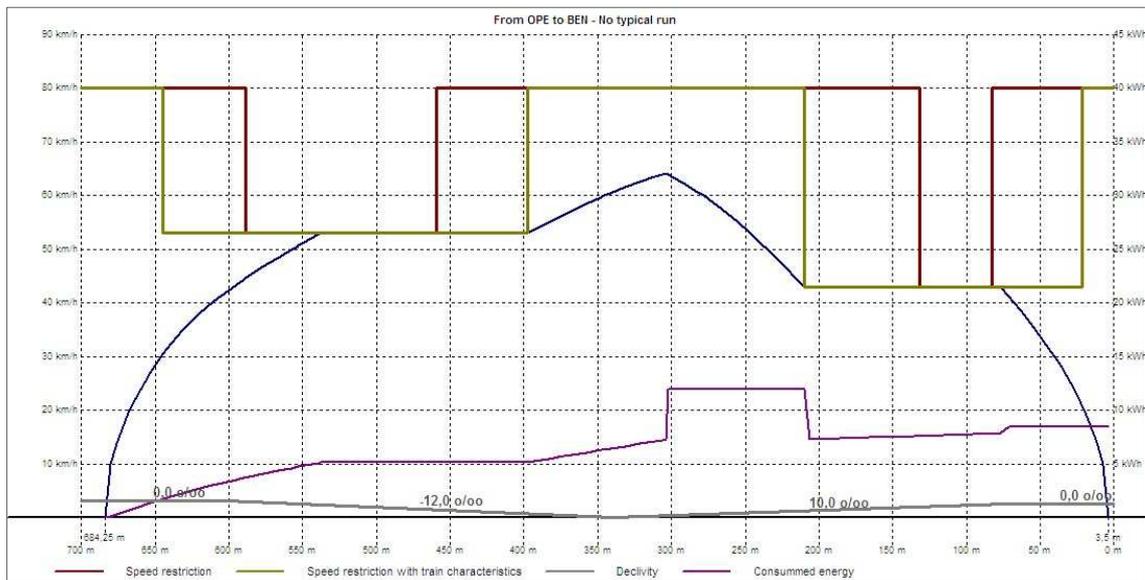
7.14.11 From Van Thanh Park to Ba Son



7.14.12 From Ba Son to Opera House

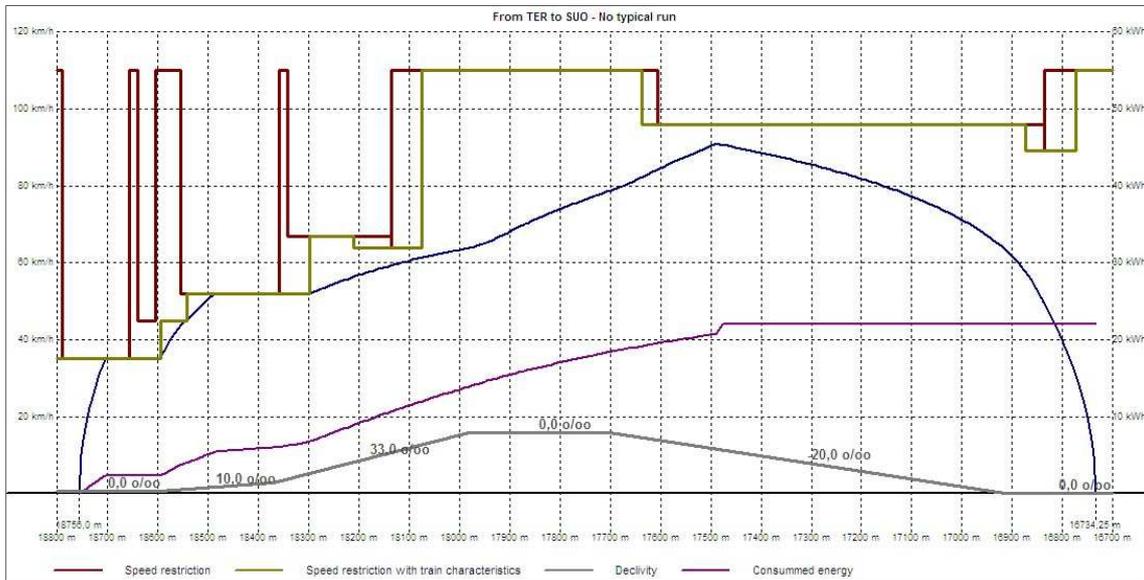


7.14.13 From Opera House to Ben Thanh



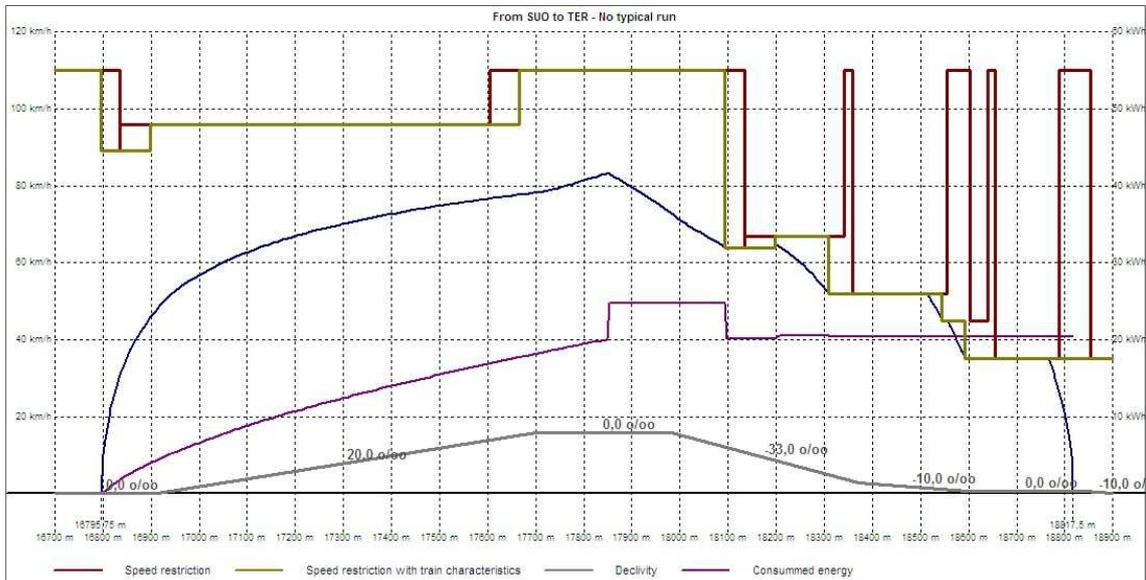
7.15 TER_CROSS_EAST_WEST line (decreasing KP)

7.15.1 From Suoi Tien Terminal to Suoi Tien



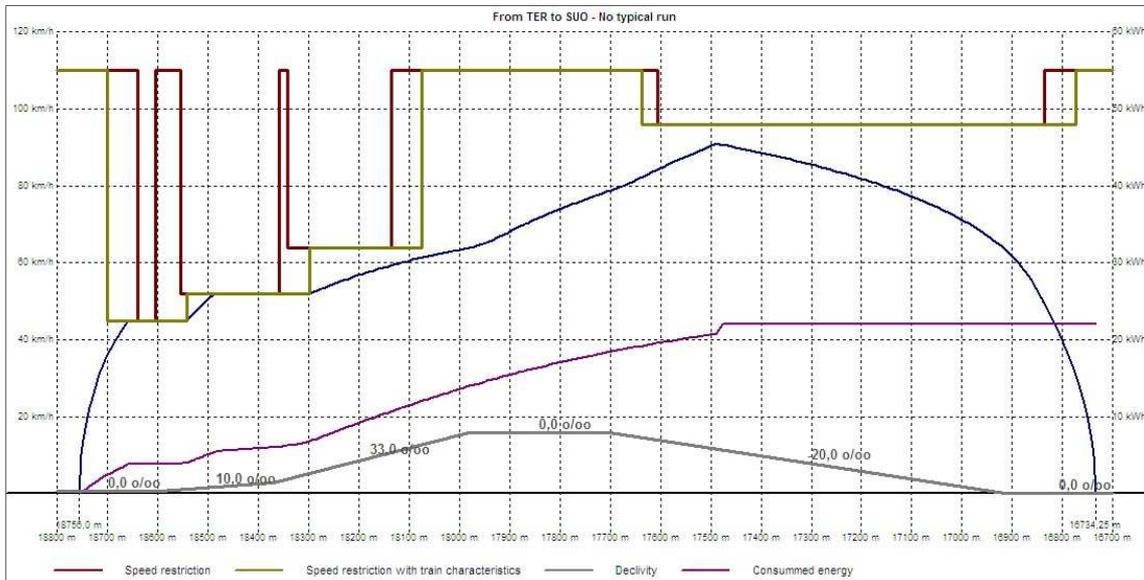
7.16 TER_CROSS_EAST_WEST line (increasing KP)

7.16.1 From Suoi Tien to Suoi Tien Terminal



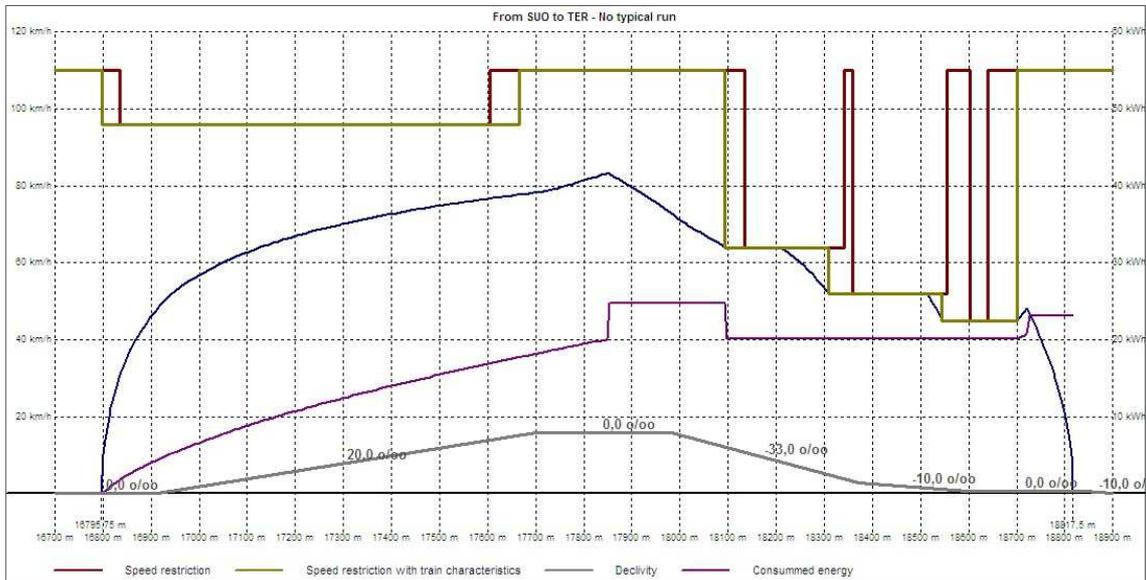
7.17 TER_CROSS_WEST_EAST line (decreasing KP)

7.17.1 From Suoi Tien Terminal to Suoi Tien



7.18 TER_CROSS_WEST_EAST line (increasing KP)

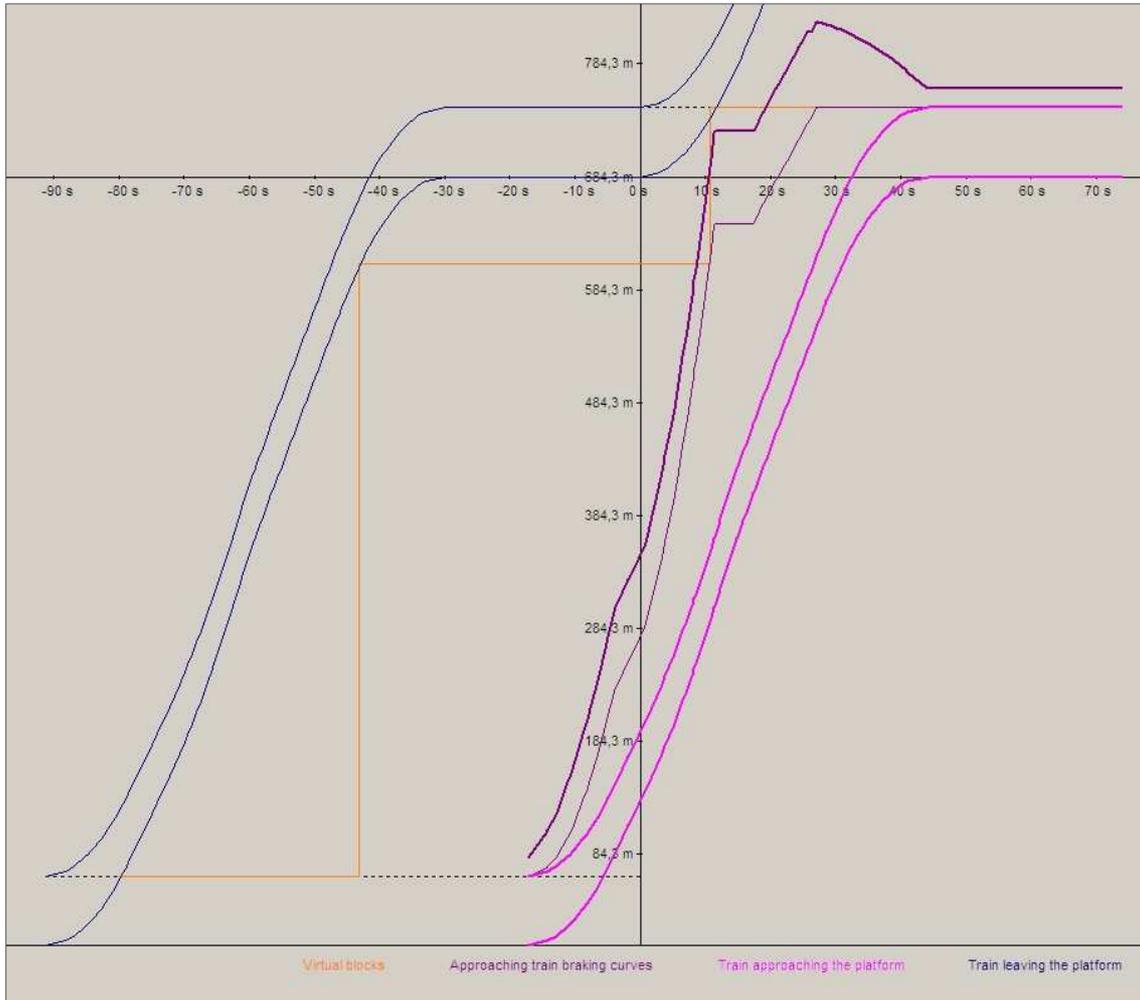
7.18.1 From Suoi Tien to Suoi Tien Terminal



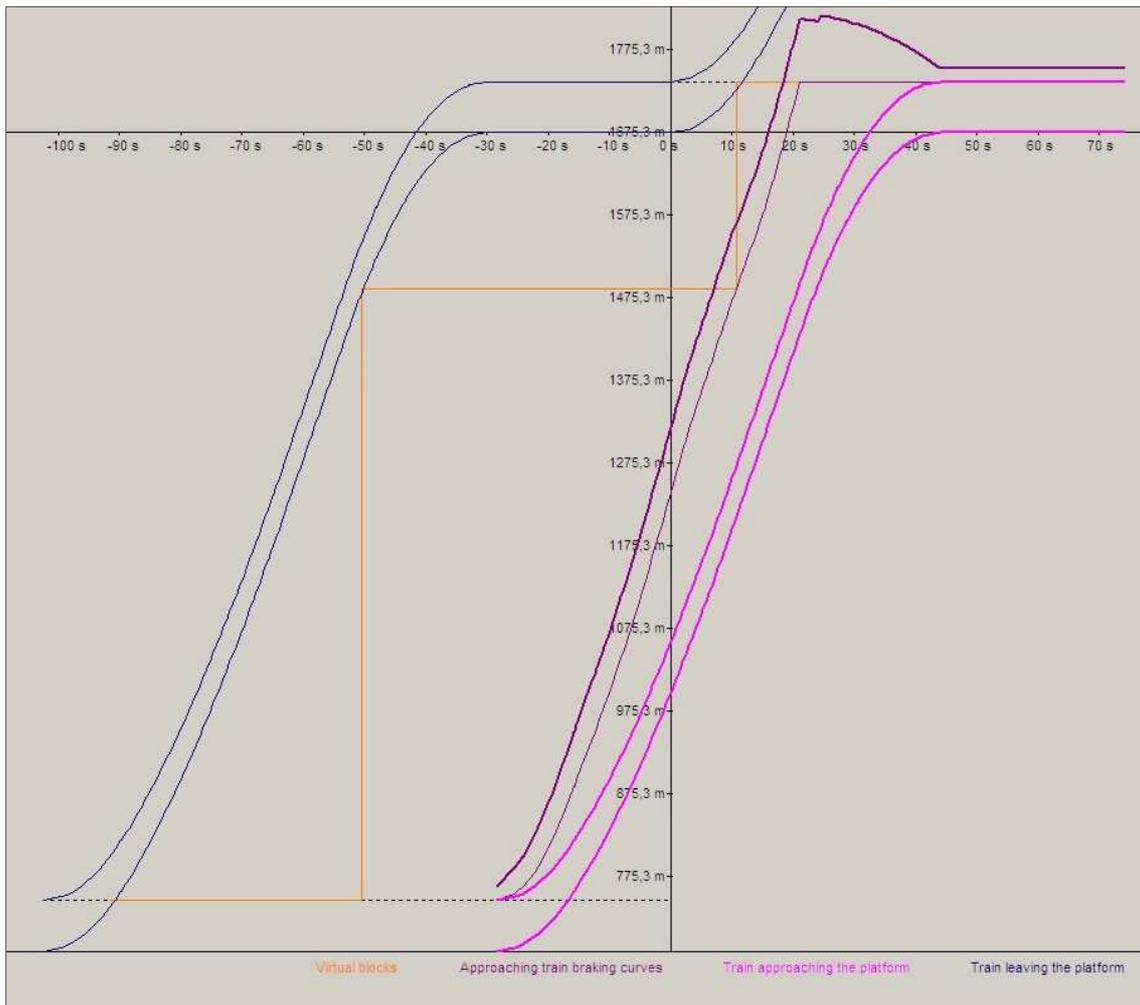
8 APPENDIX - HEADWAYS IN STATION

8.1BEN_TER line (increasing KP)

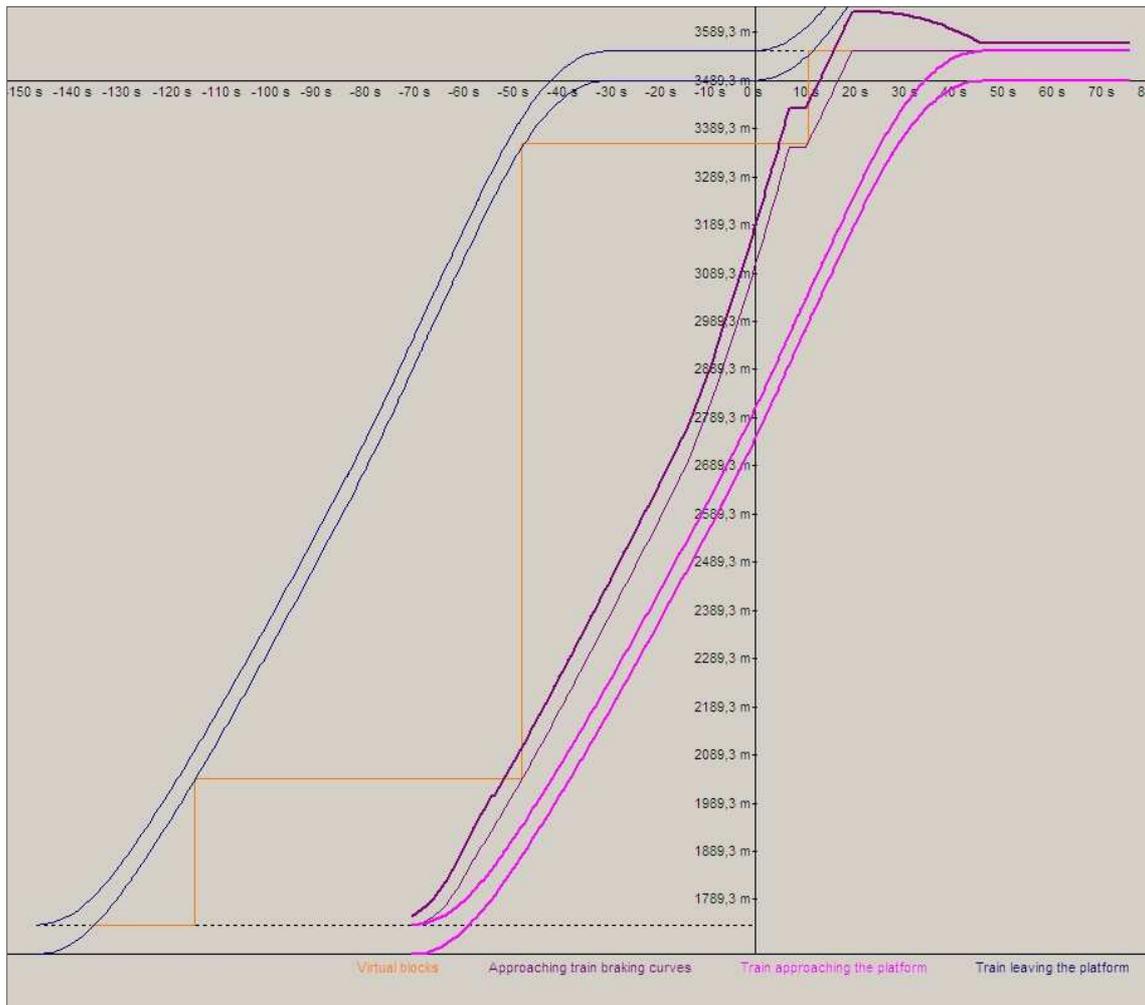
8.1.1 From Ben Thanh to Opera House



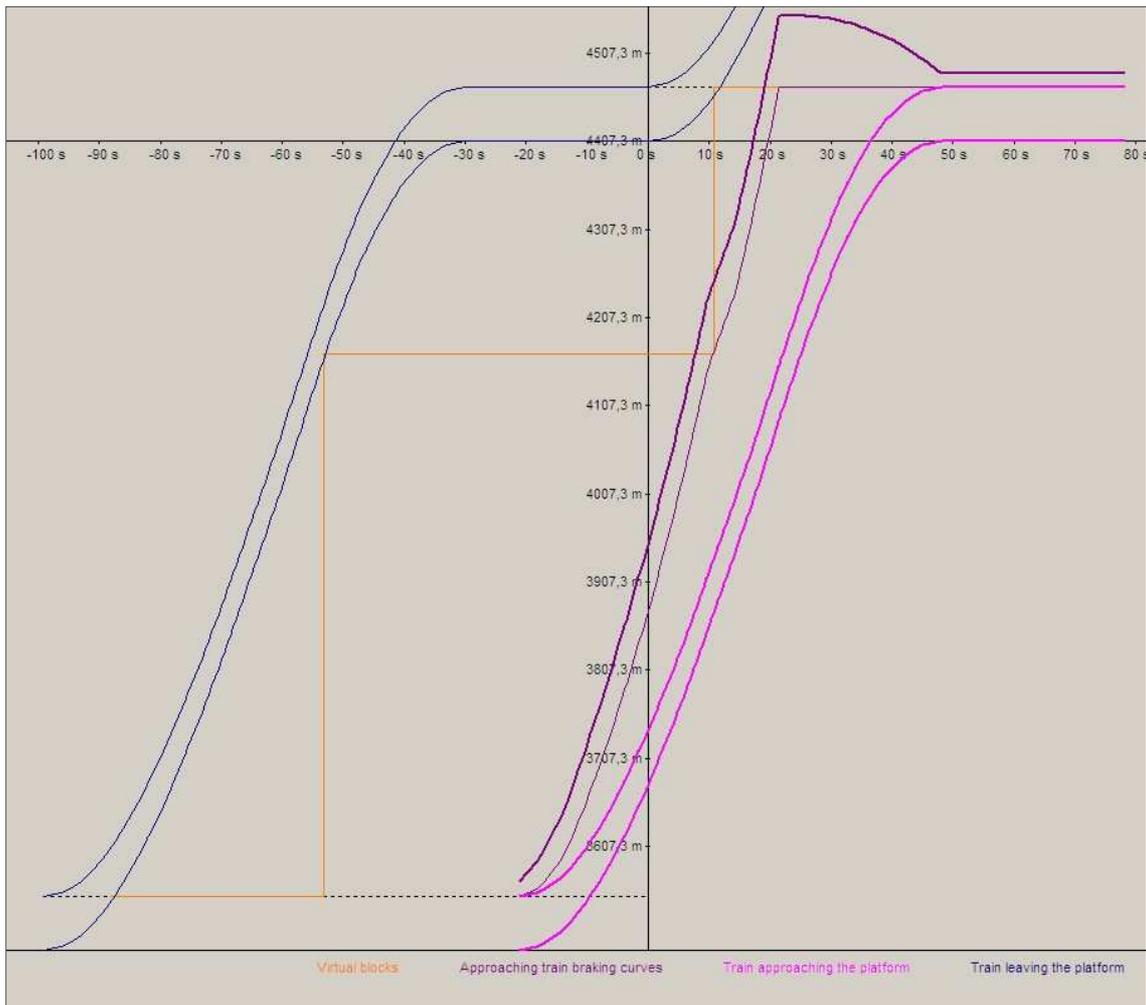
8.1.2 From Opera House to Ba Son



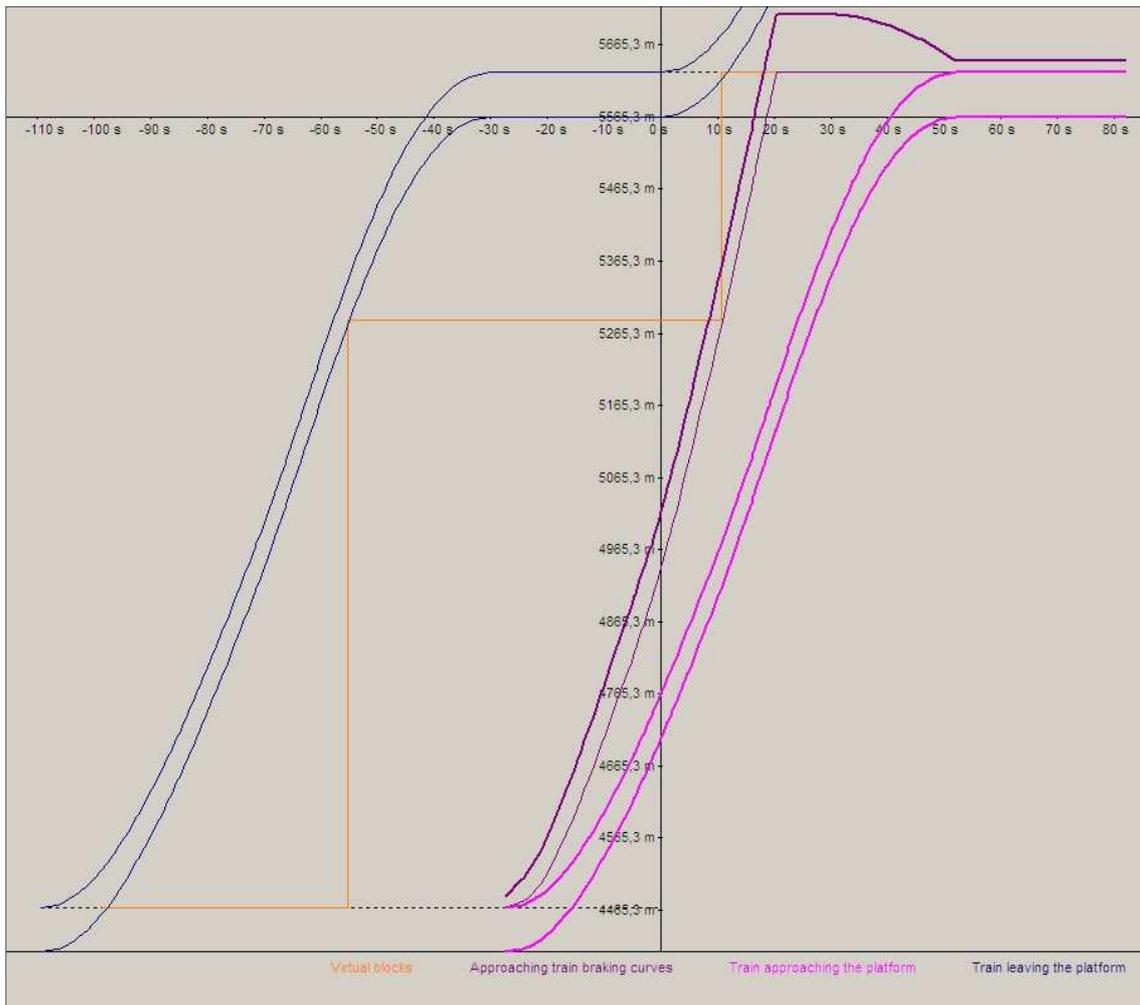
8.1.3 From Ba Son to Van Thanh Park



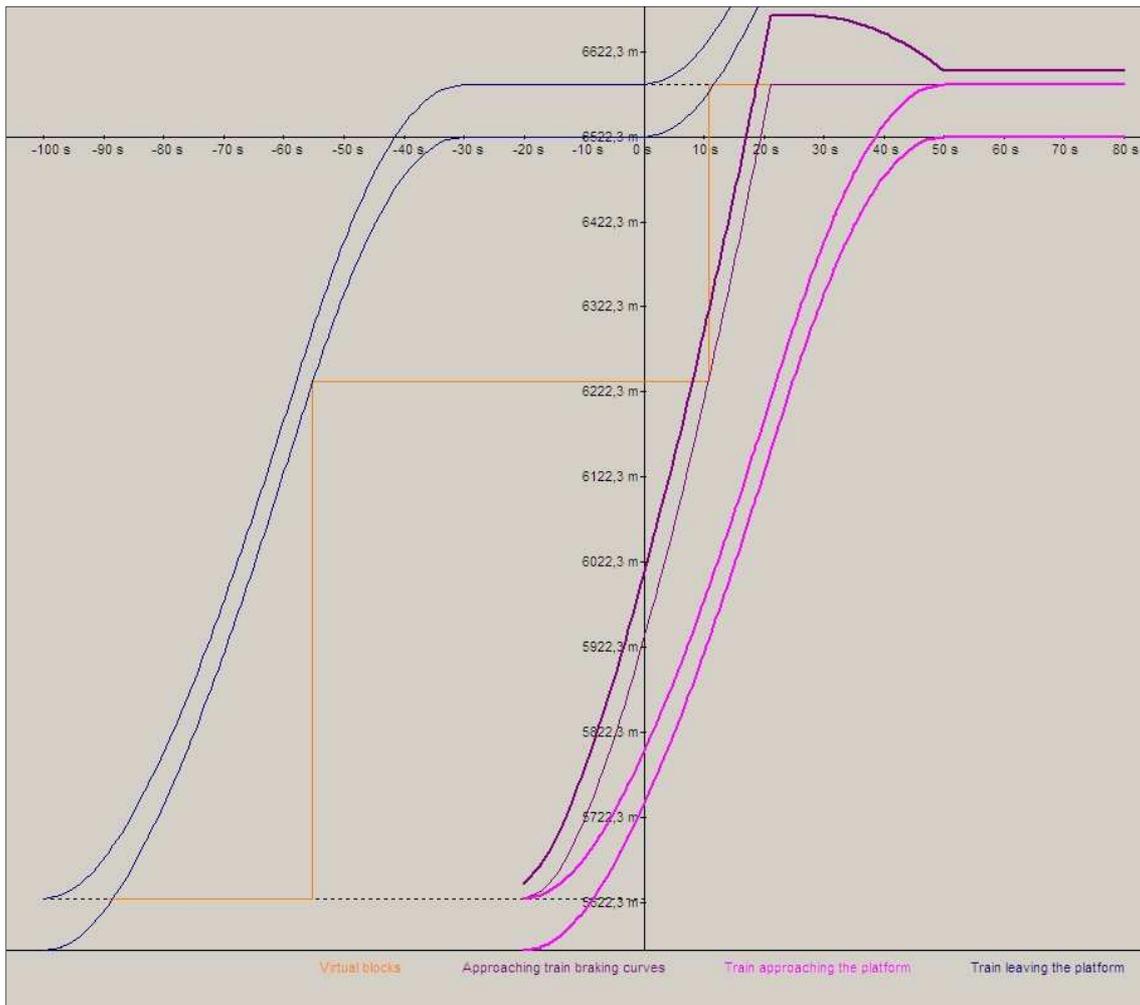
8.1.4 From Van Thanh Park to Tan Cang



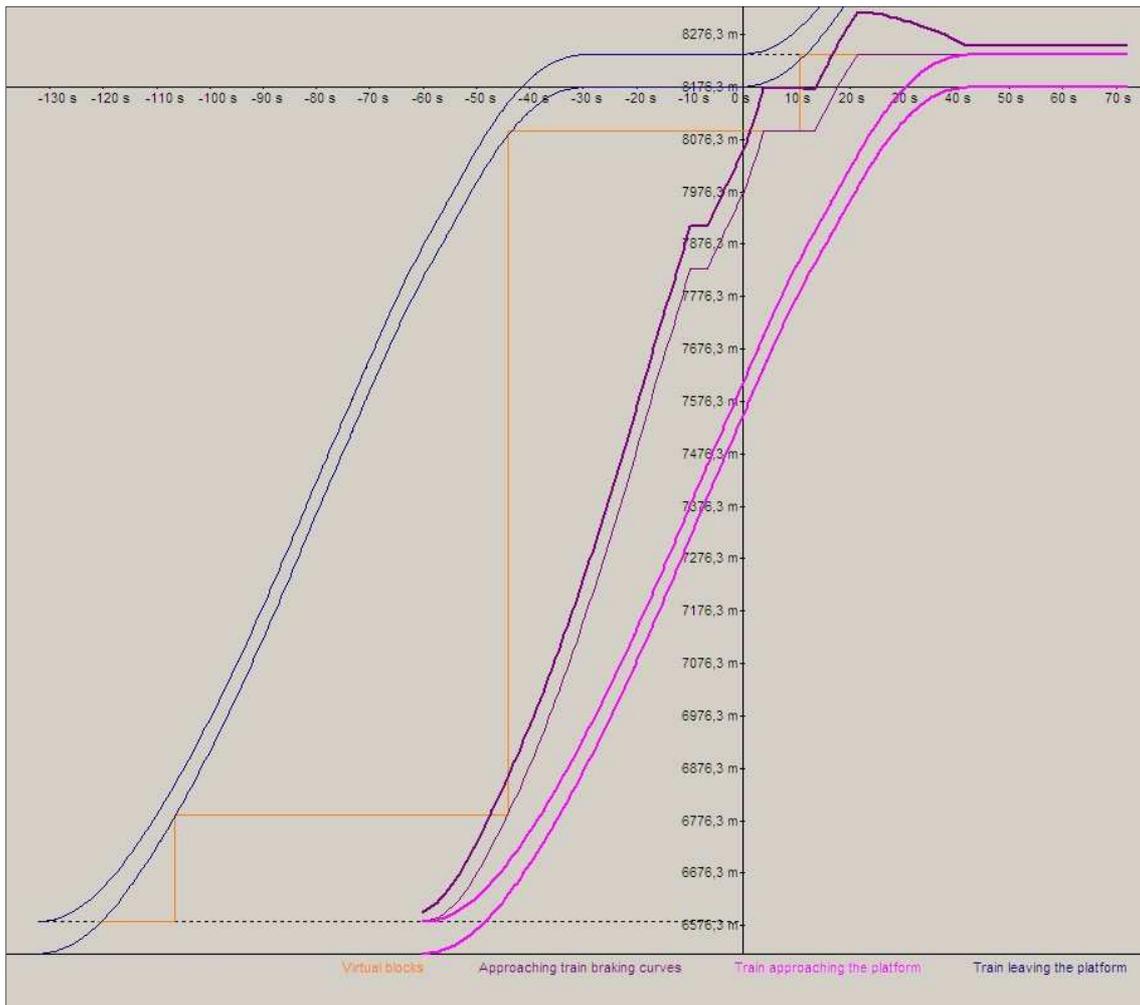
8.1.5 From Tan Cang to Thao Dien



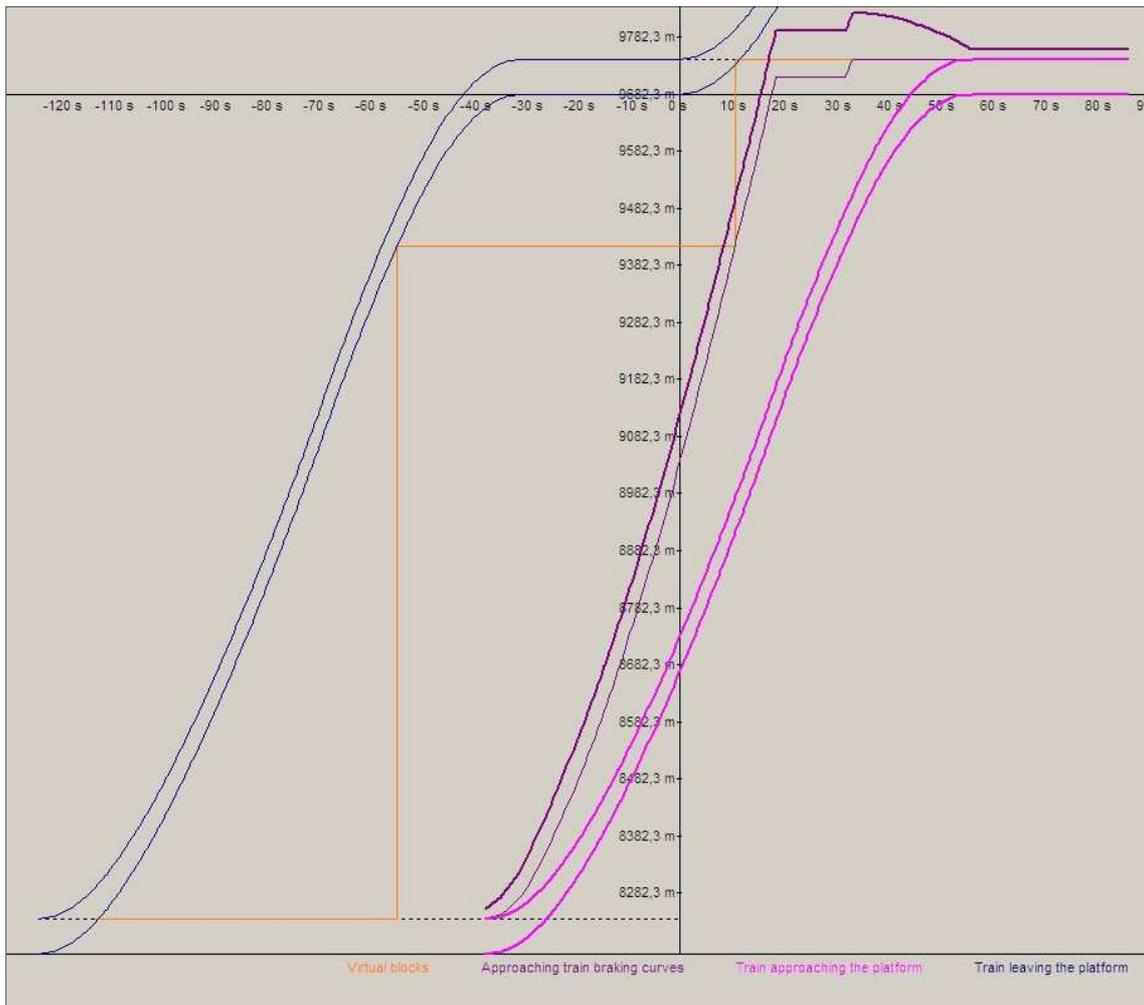
8.1.6 From Thao Dien to An Phu



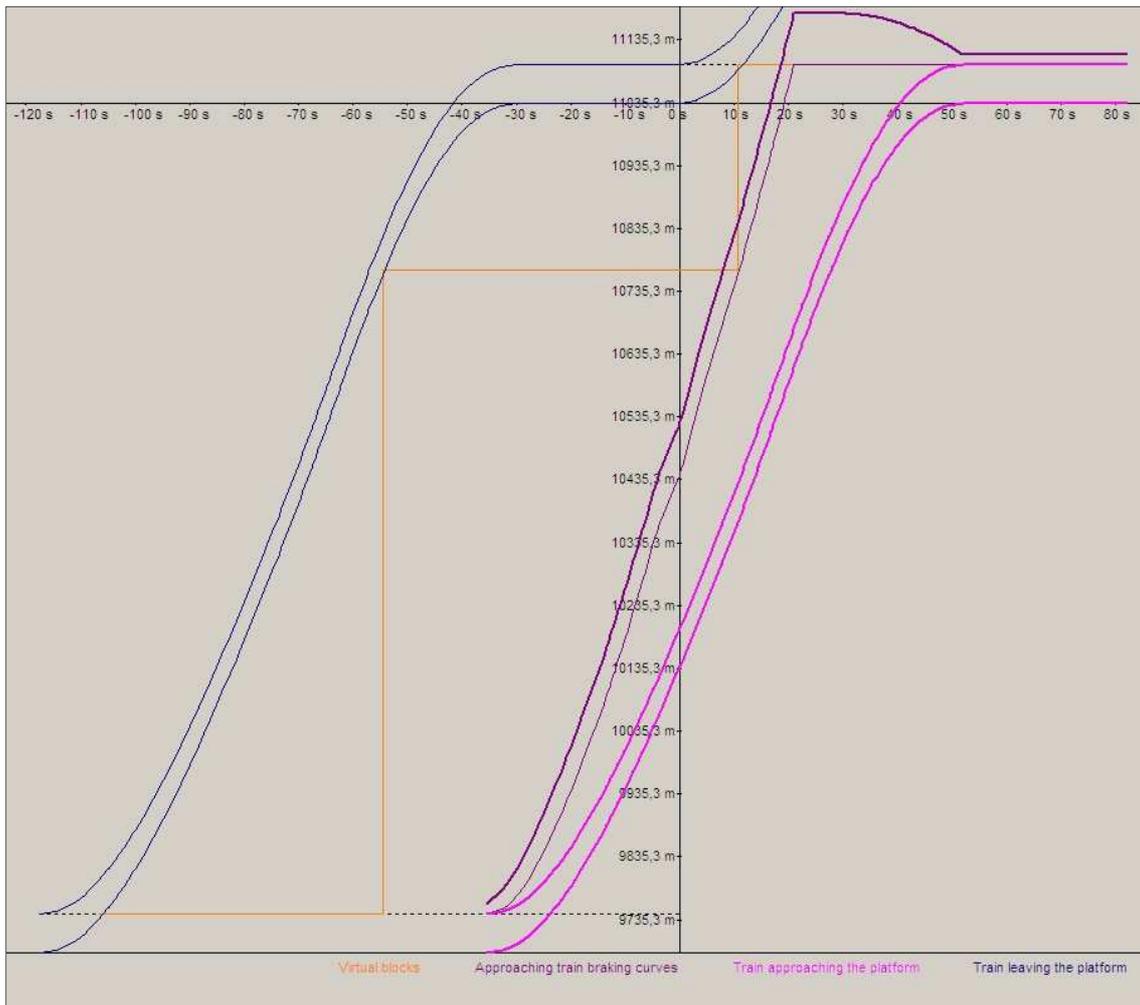
8.1.7 From An Phu to Rach Chiec



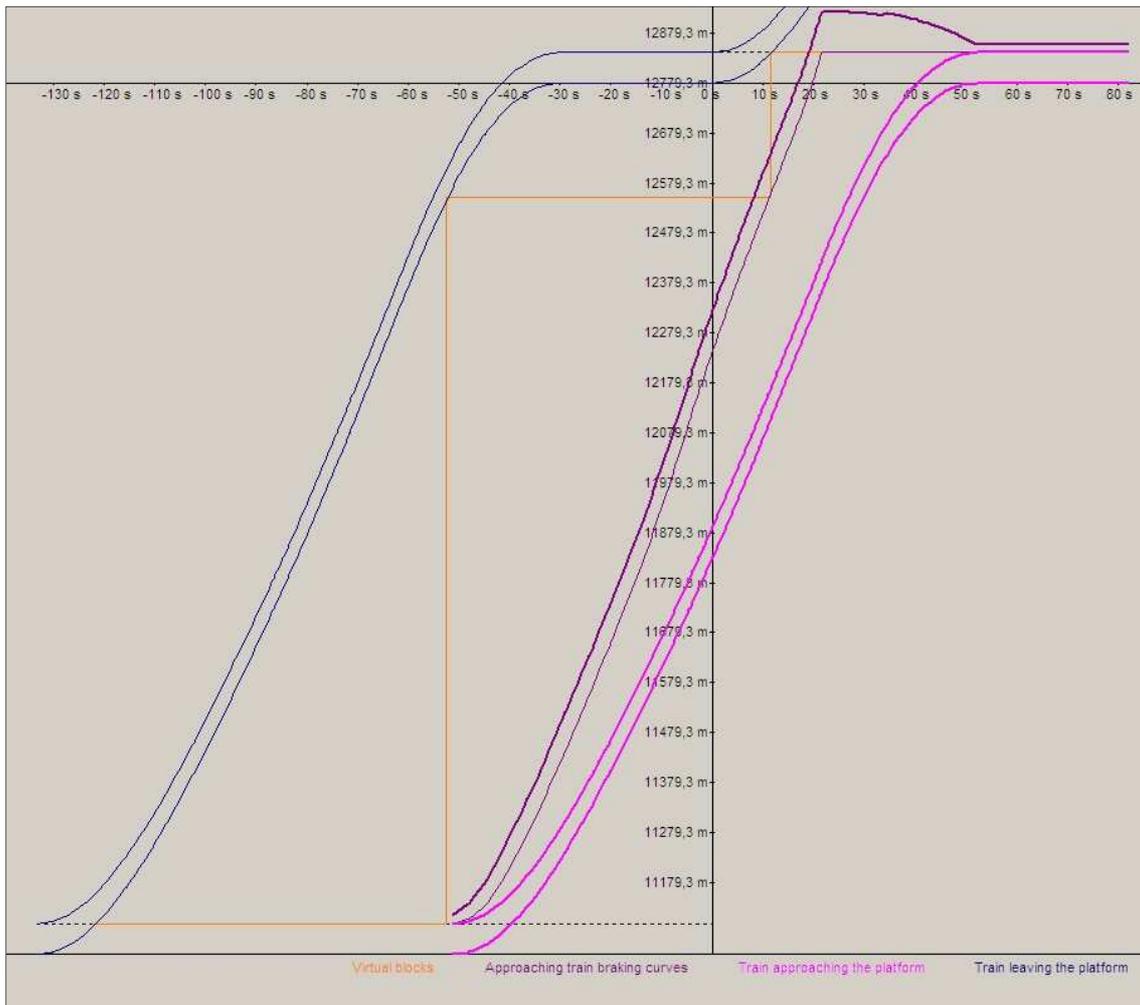
8.1.8 From Rach Chiec to Phuoc Long



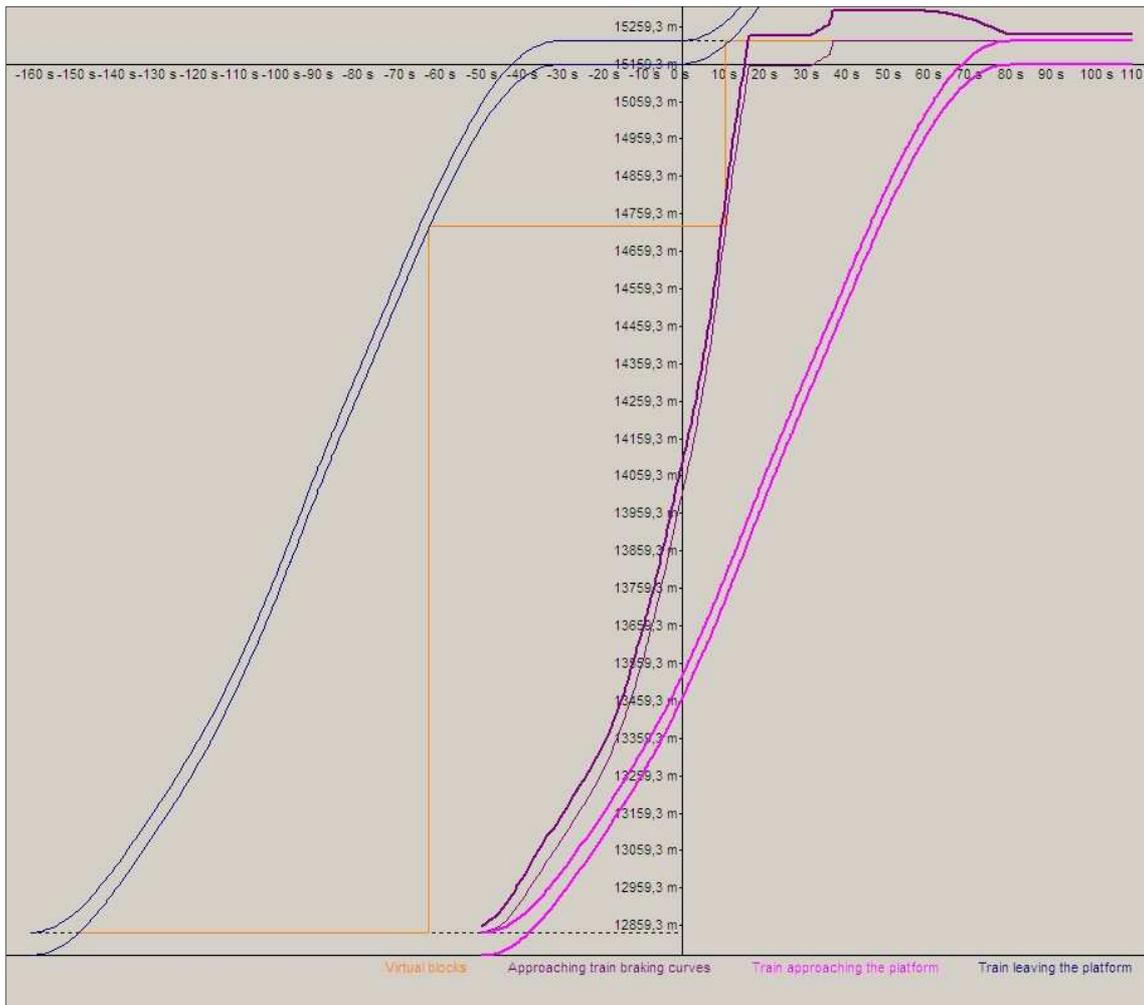
8.1.9 From Phuoc Long to Binh Thai



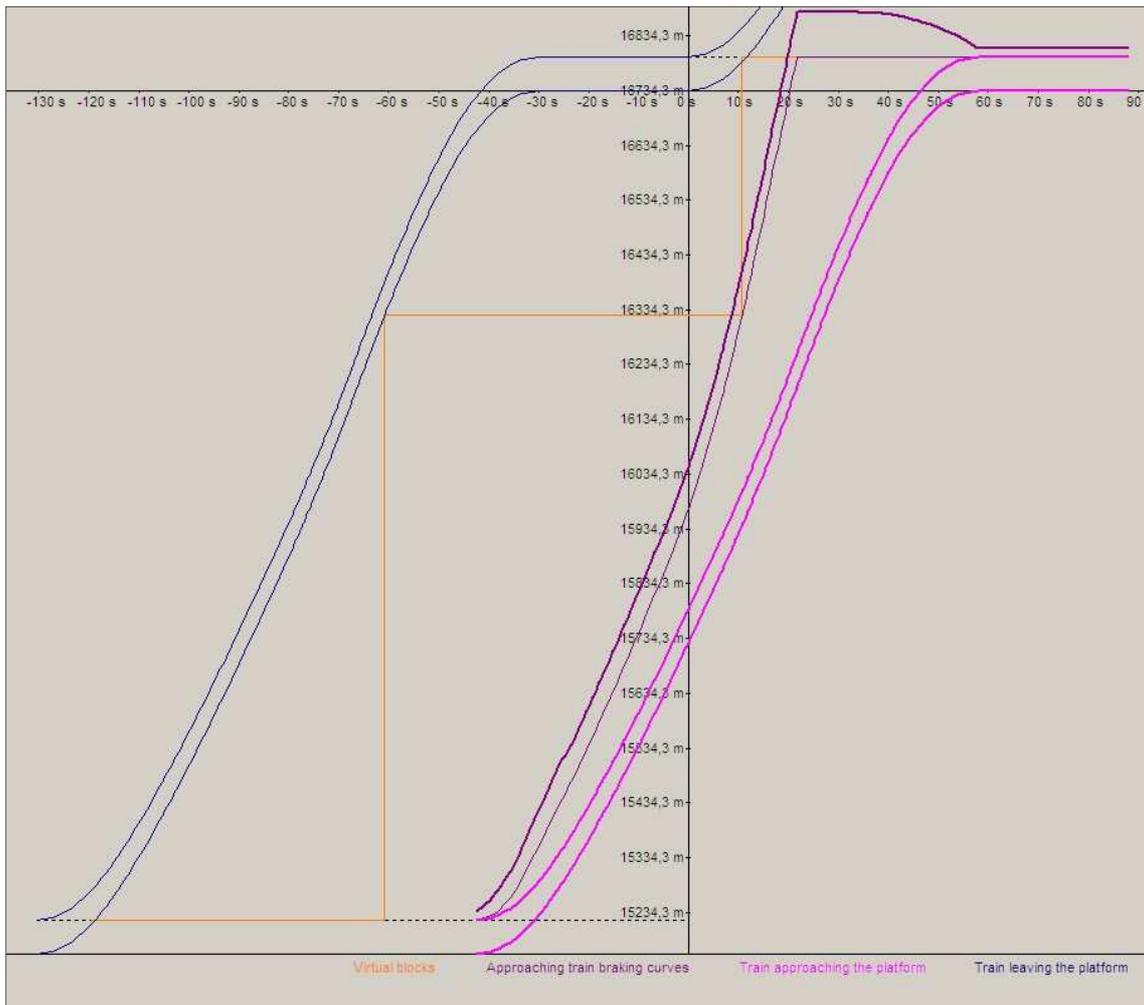
8.1.10 From Binh Thai to Thu Duc



8.1.11 From Thu Duc to High Tech Park

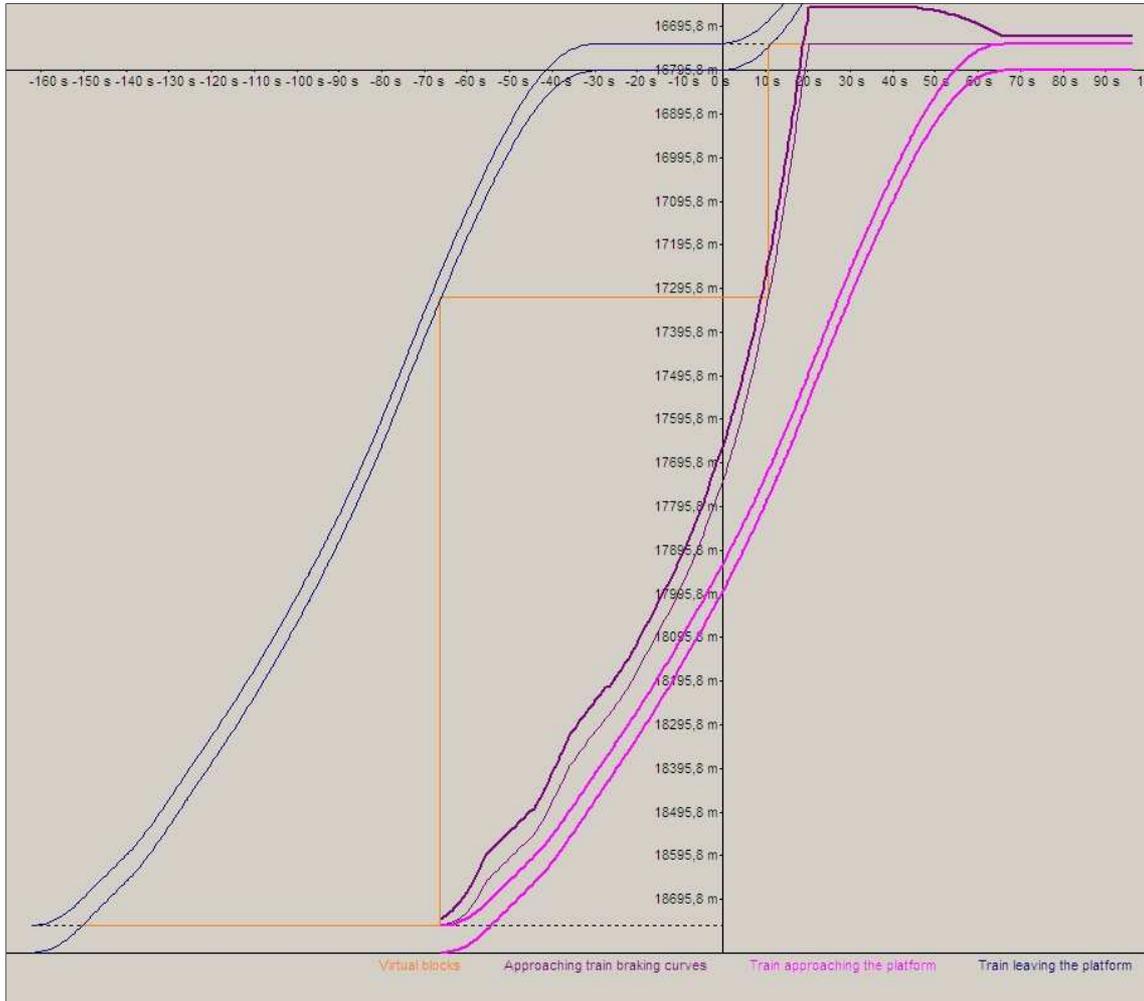


8.1.12 From High Tech Park to Suoi Tien

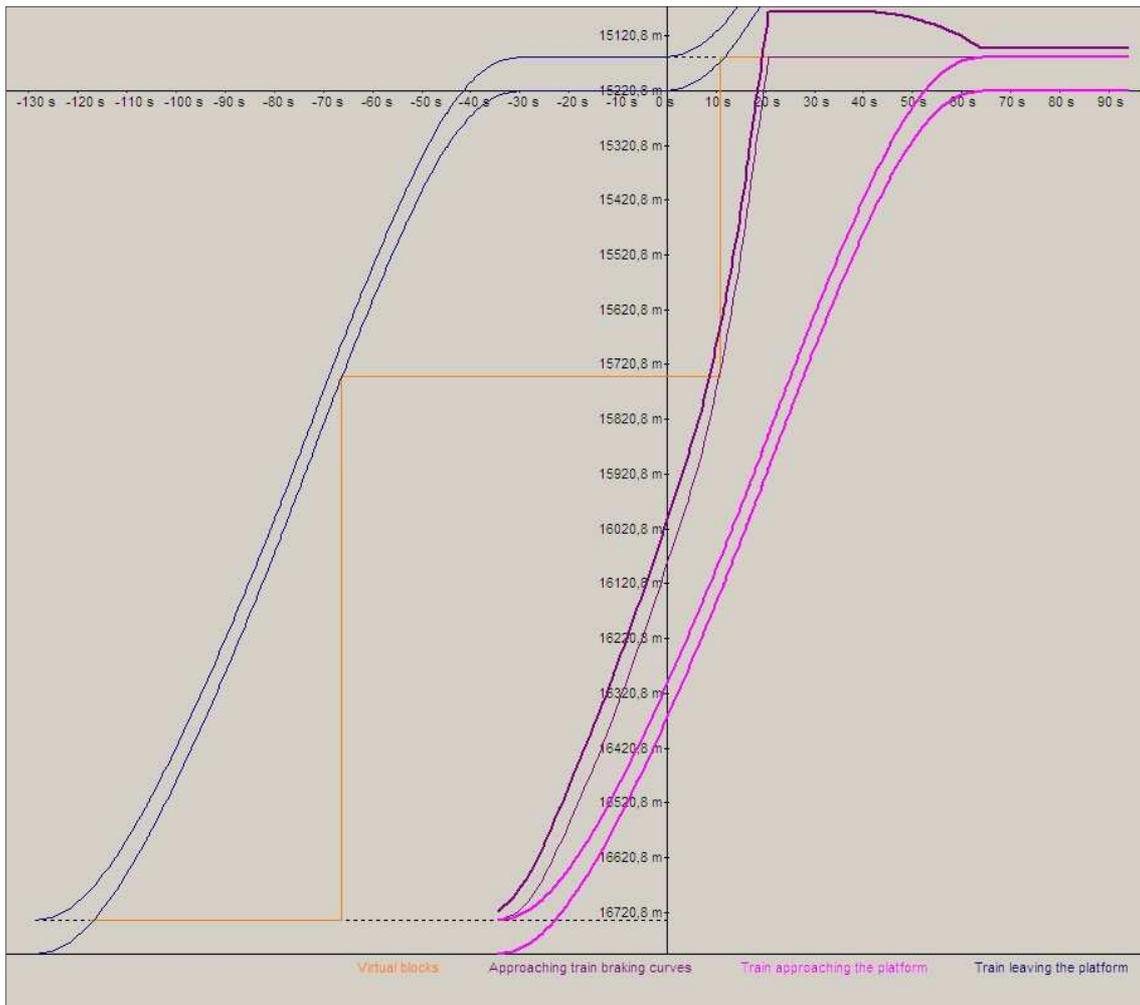


8.2TER_BEN line (decreasing KP)

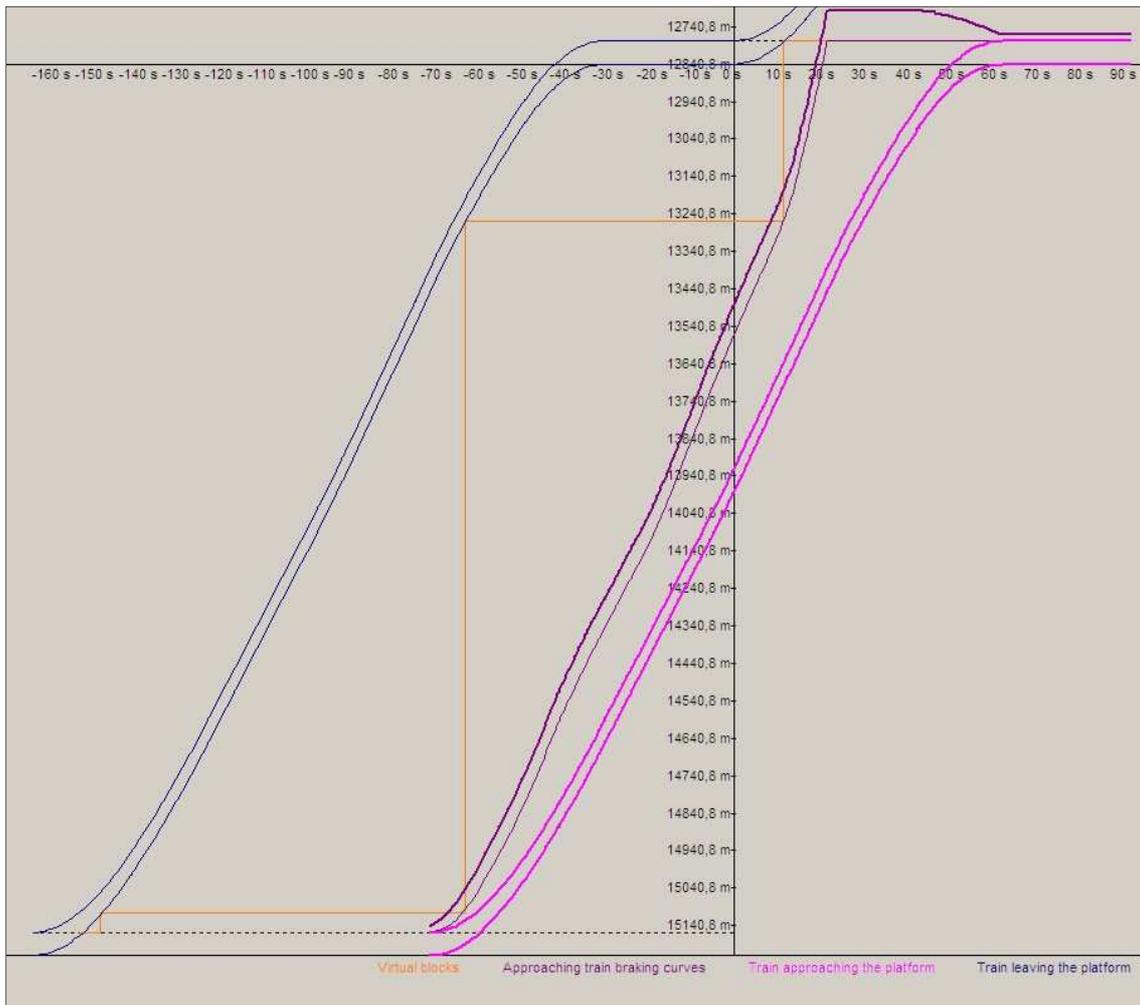
8.2.1 From Suoi Tien Terminal to Suoi Tien



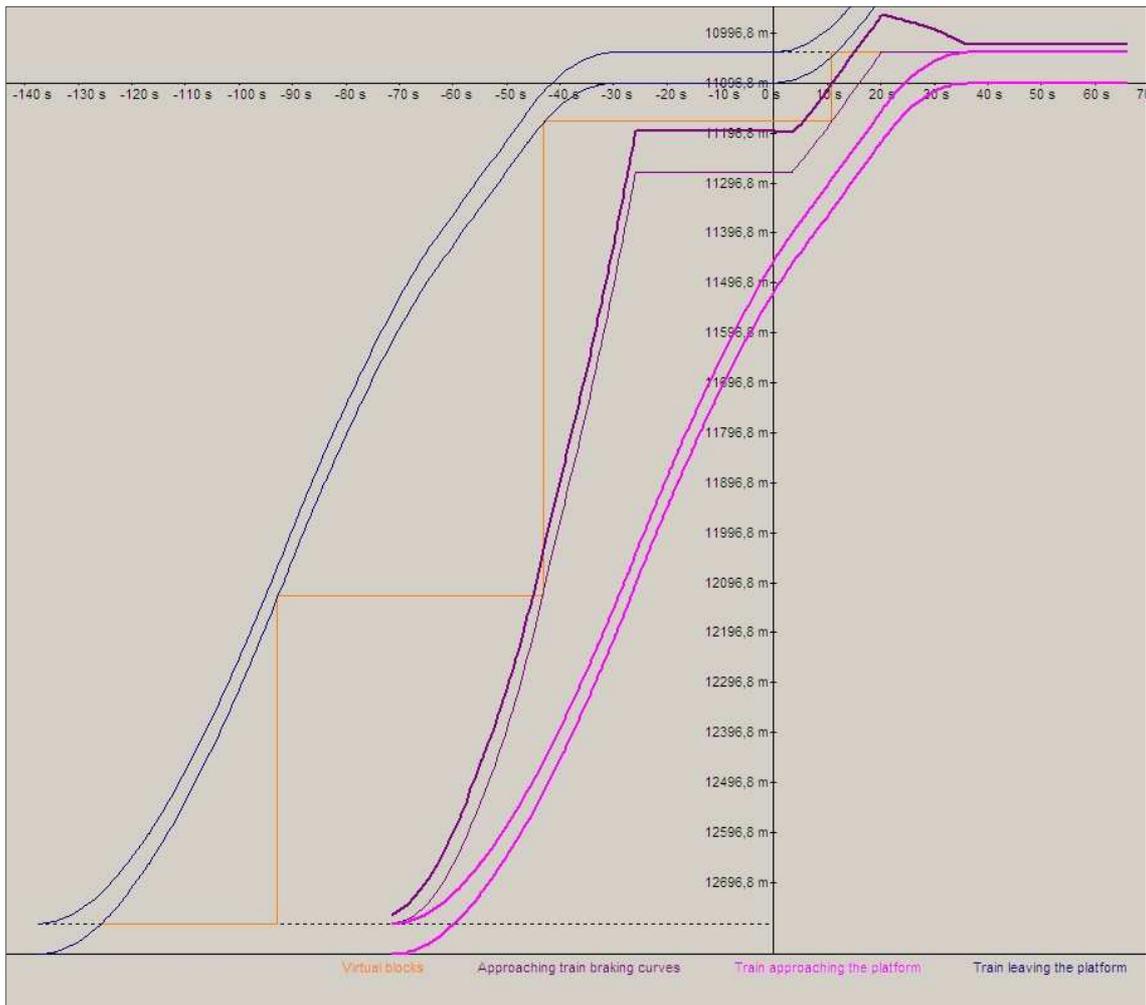
8.2.2 From Suoi Tien to High Tech Park



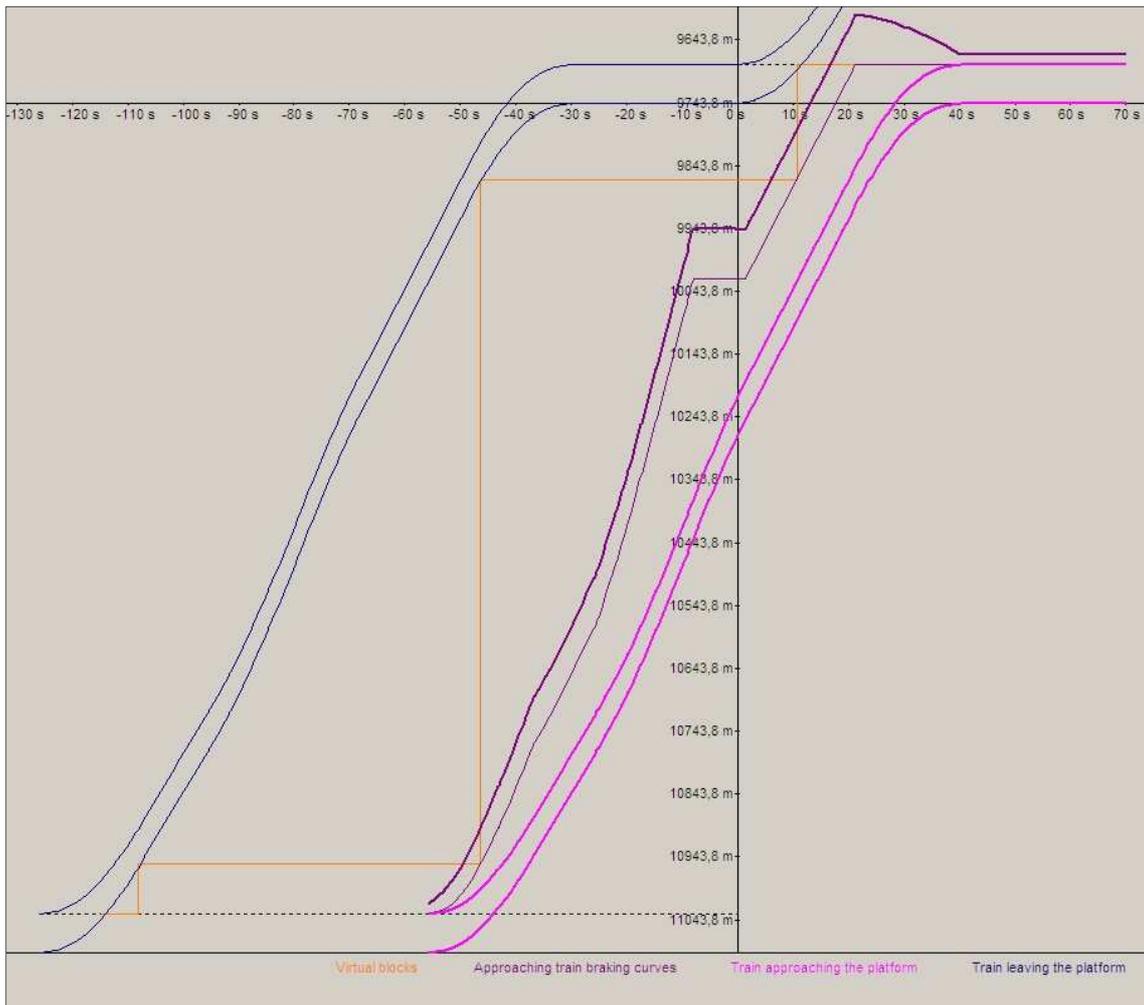
8.2.3 From High Tech Park to Thu Duc



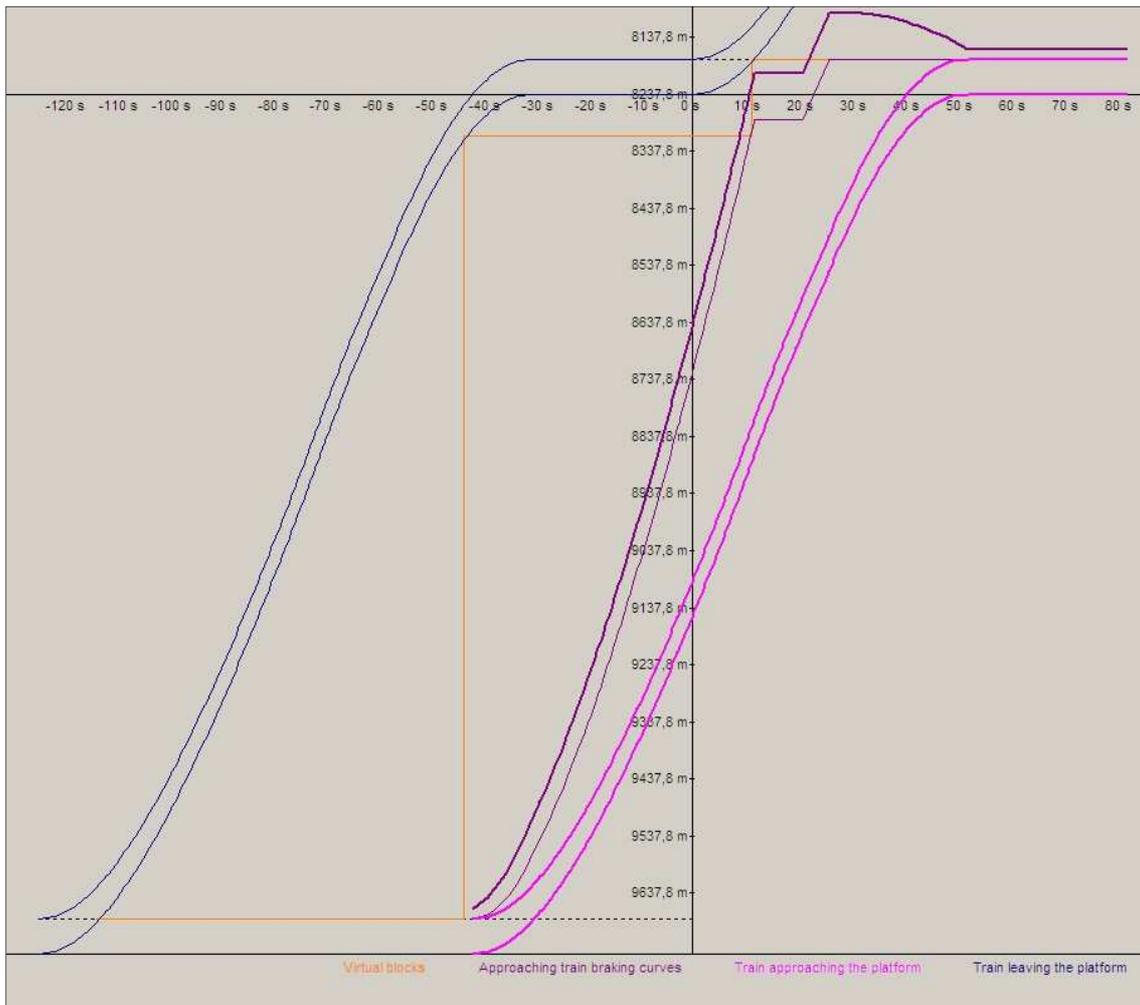
8.2.4 From Thu Duc to Binh Thai



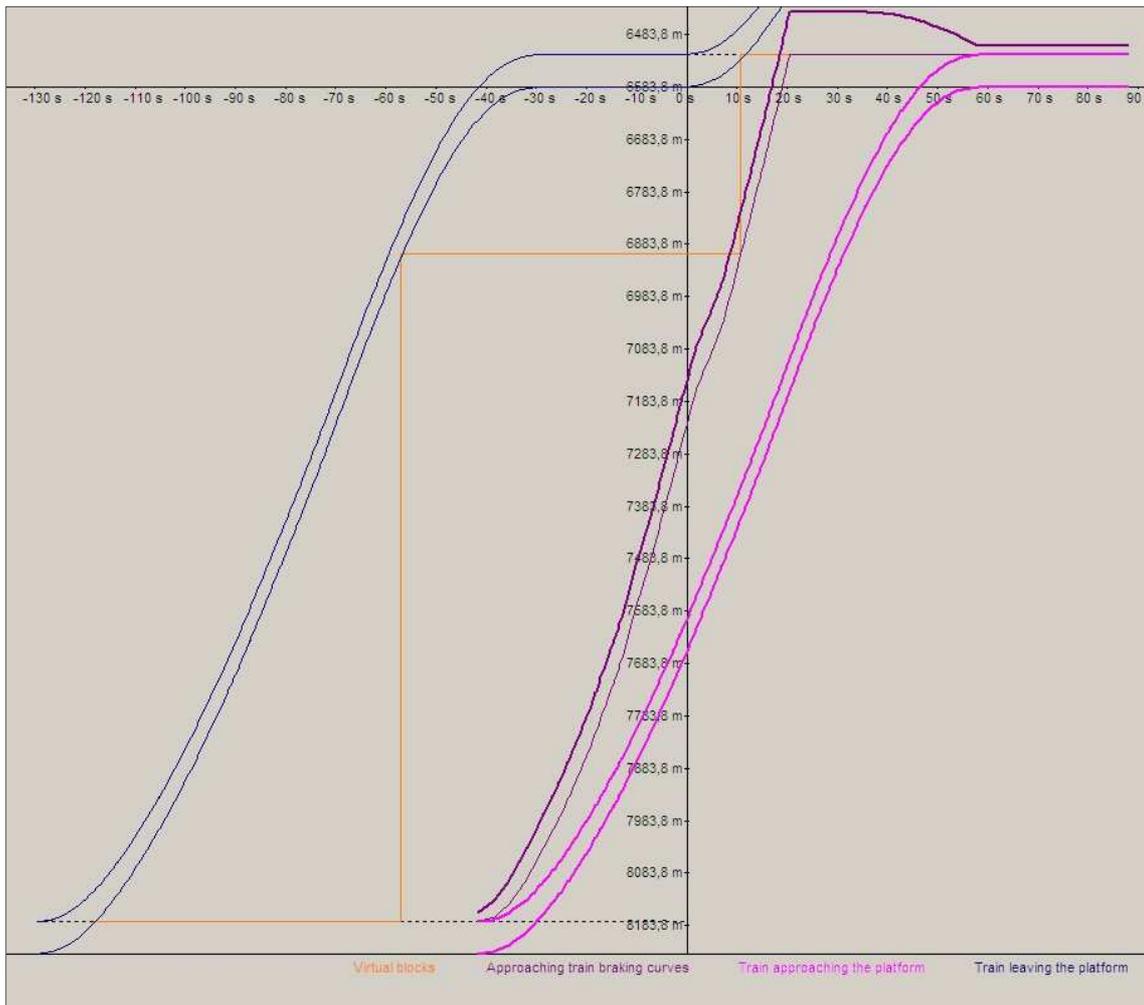
8.2.5 From Binh Thai to Phuoc Long



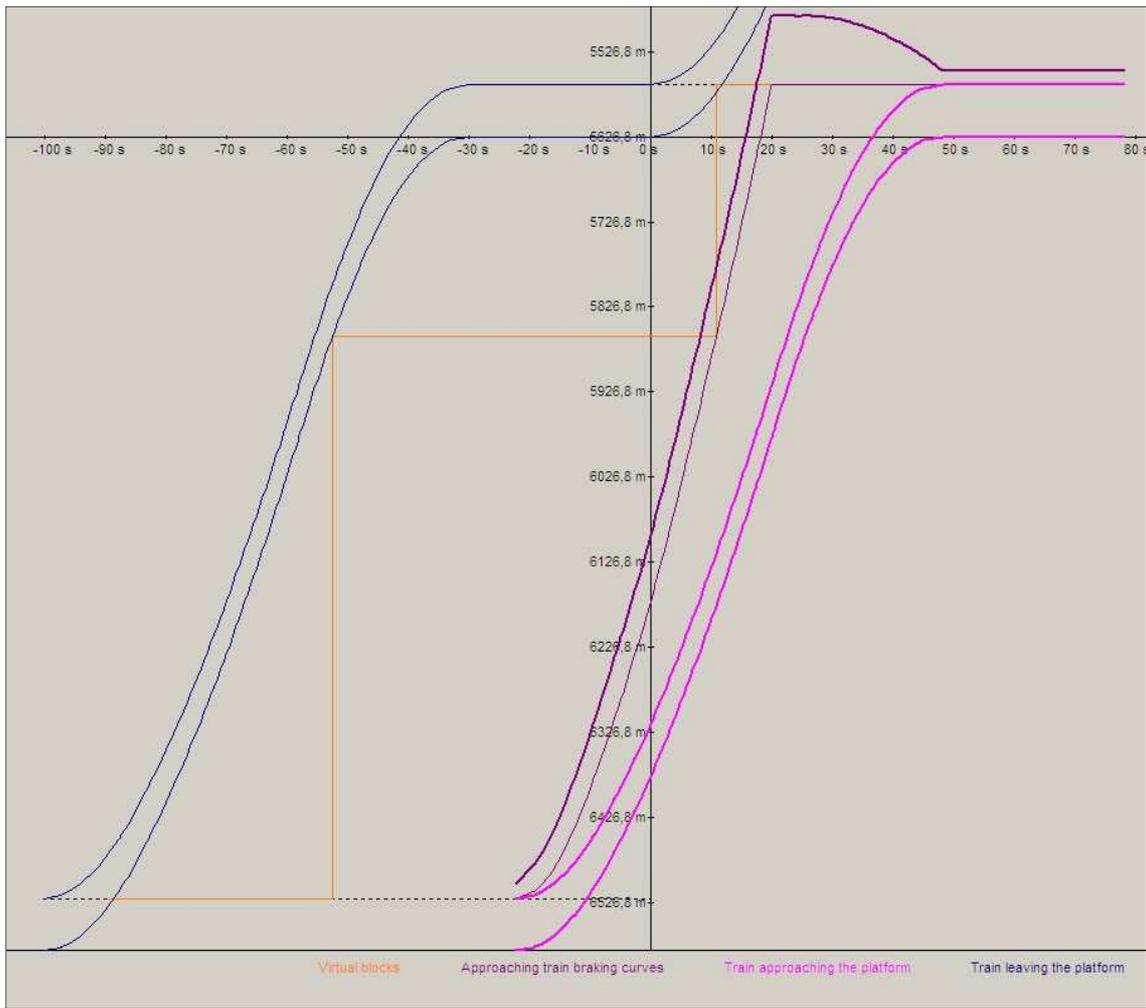
8.2.6 From Phuoc Long to Rach Chiec



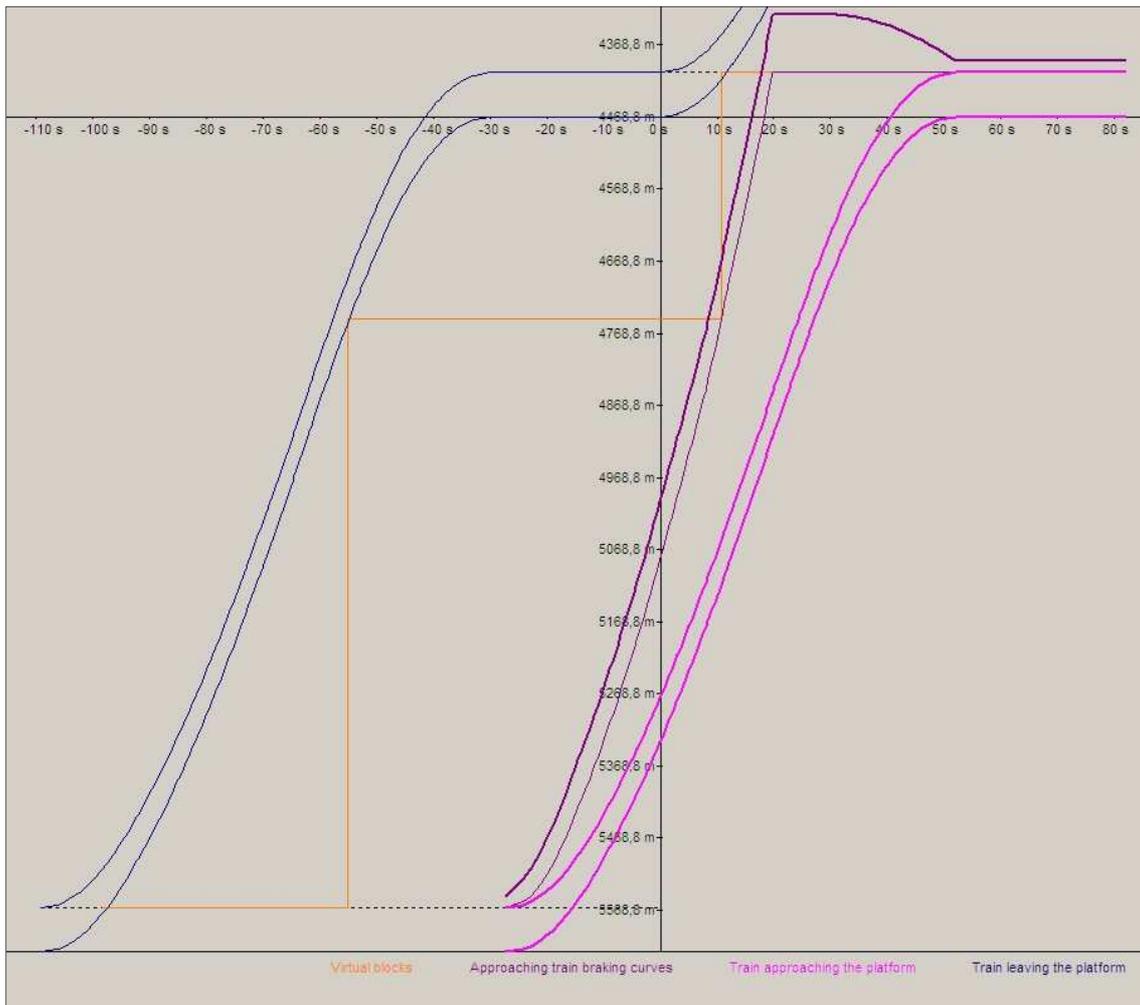
8.2.7 From Rach Chiec to An Phu



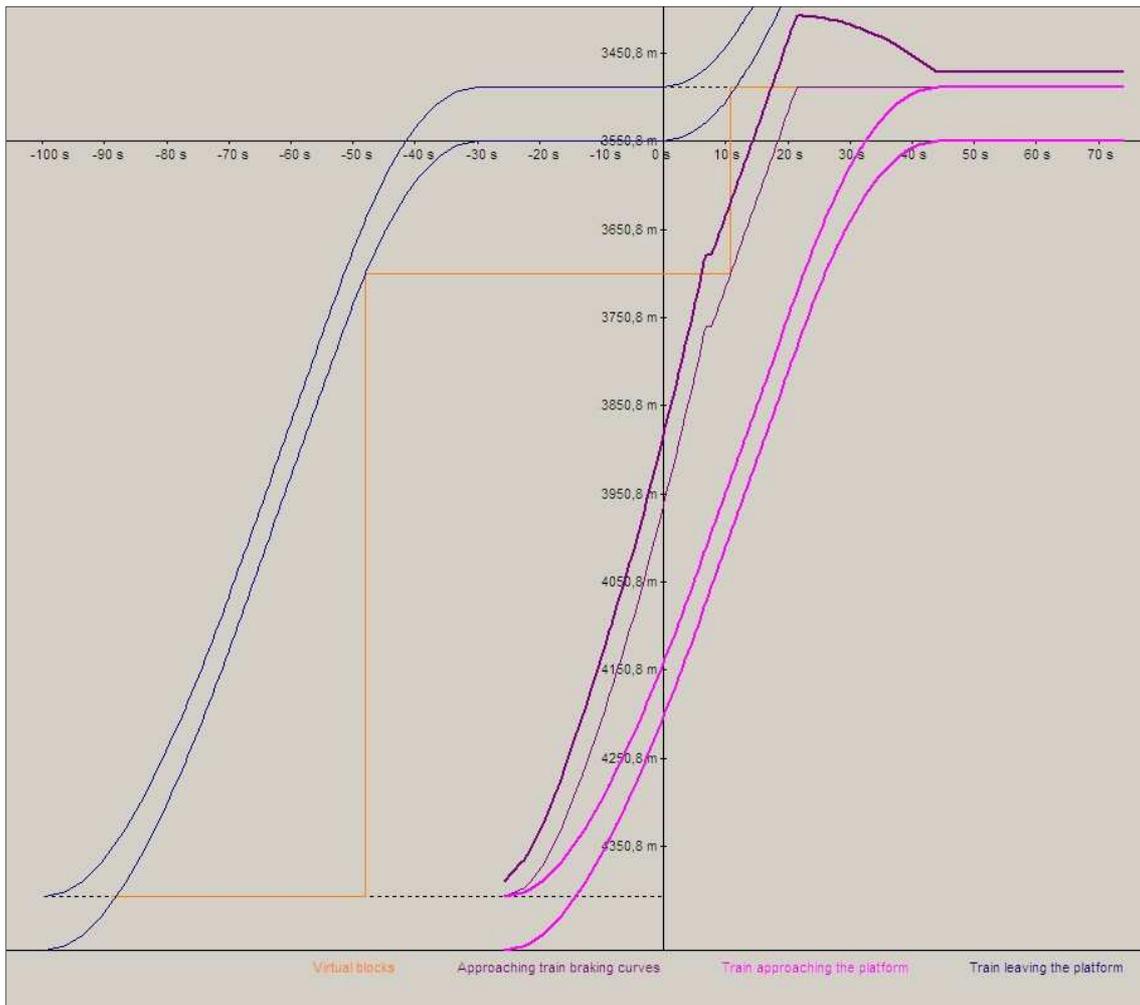
8.2.8 From An Phu to Thao Dien



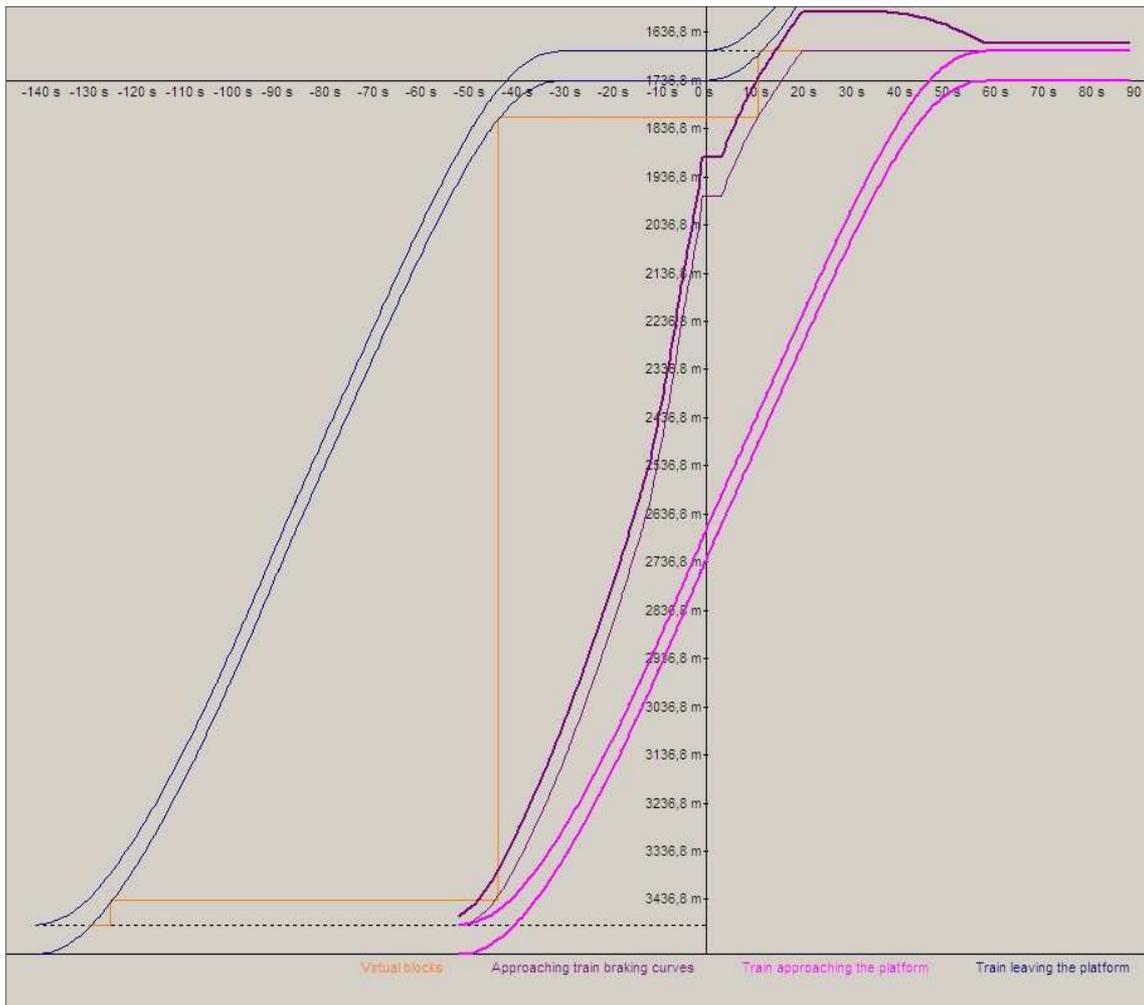
8.2.9 From Thao Dien to Tan Cang



8.2.10 From Tan Cang to Van Thanh Park



8.2.11 From Van Thanh Park to Ba Son



8.2.12 From Ba Son to Opera House

