

## ANEJO 10. EQUIPOS E INSTALACIONES



## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2. SISTEMA DE COMUNICACIONES</b> .....	<b>7</b>
2.1. INFRAESTRUCTURA DE FO .....	7
2.2. RED DE COMUNICACIONES IP .....	7
2.3. RED DE RADIOCOMUNICACIONES .....	8
<b>3. SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN</b> .....	<b>8</b>
3.1. SISTEMA DE INTERFONÍA.....	8
3.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL TRANVÍA (DOLPHIN).....	8
3.3. SISTEMA DE CCTV .....	9
3.4. SISTEMA DE TICKETING.....	9
<b>4. PUESTO DE MANDO</b> .....	<b>9</b>
<b>5. SEÑALIZACIÓN TRANVIARIA</b> .....	<b>9</b>
5.1. GENERALIDADES.....	9
5.2. TELEMANDO DE SEÑALIZACIÓN TRANVIARIA.....	10
5.3. SISTEMA DE GESTIÓN DEL TRANVÍA (SGT) .....	10
5.4. SUBSISTEMA DE MANDO Y CONTROL.....	10
5.5. SUBSISTEMA DE PETICIÓN DE ITINERARIO .....	10
5.6. SUBSISTEMA DE BLOQUEO DE AGUJAS .....	11
5.7. SUBSISTEMA DE SEÑALES .....	11
5.8. SUBSISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE AGUJAS .....	11
5.9. SUBSISTEMA DE CALEFACCIÓN DE AGUJAS .....	12
5.10. SUBSISTEMA TRAM-STOP .....	12
<b>6. SEÑALIZACIÓN VIARIA</b> .....	<b>12</b>
6.1. CRUCES VIARIOS .....	12
6.2. ELEMENTOS PARA LA SEÑALIZACIÓN VIARIA PARA TRANVÍAS.....	13
6.2.1. SEÑALES VIARIAS DEL TRANVÍA.....	13
6.2.2. ACTIVACIÓN Y REGULACIÓN DE SEÑALIZACIÓN SEMAFÓRICA.....	13
<b>7. BLOQUES TÉCNICOS</b> .....	<b>14</b>
7.1. INTRODUCCIÓN .....	14
7.2. BLOQUES TÉCNICOS DE PARADA .....	14
<b>8. ELECTRIFICACIÓN</b> .....	<b>14</b>

8.1. CATENARIA.....	14
8.1.1. GENERALIDADES.....	14
8.1.2. ENTORNO OPERACIONAL .....	14
8.1.3. DATOS BASE .....	15
8.1.4. PRINCIPIOS DE IMPLANTACIÓN.....	16
8.2. ENERGÍA.....	17
8.2.1. ESTUDIO ENERGÉTICO.....	18
8.2.2. NORMATIVAS DE APLICACIÓN .....	18
8.2.3. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN.....	18
8.2.4. PARAMETROS DEL MATERIAL RODANTE.....	21
8.2.5. PARAMETROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	22
8.2.6. CONDICIONES DE SIMULACIÓN.....	25
8.2.7. CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	25
8.2.8. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN .....	26
8.2.9. RESULTADOS .....	26
8.2.10. CONCLUSIONES .....	58

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de cruces viarios	13
Figura 2. Secuencia de señales viarias	13
Figura 3. Esquema de sistema de detección.	14
Figura 4. Esquema de sistema de detección.	20
Figura 5. Esquema de sistema de detección.	21
Figura 6. Esquema de sistema de detección.	21
Figura 7. Prestaciones de Tracción	22
Figura 8. Prestaciones de Frenado	22
Figura 9. Esquema de sistema de detección.	26
Figura 10. Potencia S.E. Zabalzana_ 15min_Nominal	27
Figura 11. Corriente S.E. Zabalzana_ 15min_Nominal	28
Figura 12. Potencia S.E. Bustinzuri_ 15min_Nominal	28
Figura 13. Corriente S.E. Bustinzuri_ 15min_Nominal	28

Figura 14. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 15min_Nominal	28	Figura 40. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 15min_ OPC02	37
Figura 15. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 15min_Nominal	29	Figura 41. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 15min_ OPC02	37
Figura 16. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 15min_Nominal	29	Figura 42. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 15min_ OPC02	37
Figura 17. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 15min_Nominal	29	Figura 43. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 15min_ OPC02	37
Figura 18. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 15min_Nominal	29	Figura 44. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 15min_ OPC02	38
Figura 19. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 15min_Nominal	30	Figura 45. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 15min_ OPC02	38
Figura 20. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 15min_Nominal	30	Figura 46. Potencia S.E. Zabalzana_ 15min_ OPC03	39
Figura 21. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 15min_Nominal	30	Figura 47. Corriente S.E. Zabalzana_ 15min_ OPC03	39
Figura 22. Potencia S.E. Zabalzana_ 15min_ OPC01	31	Figura 48. Potencia S.E. Bustinzuri_ 15min_ OPC03	40
Figura 23. Corriente S.E. Zabalzana_ 15min_ OPC01	31	Figura 49. Corriente S.E. Bustinzuri_ 15min_ OPC03	40
Figura 24. Potencia S.E. Bustinzuri_ 15min_ OPC01	32	Figura 50. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 15min_ OPC03	40
Figura 25. Corriente S.E. Bustinzuri_ 15min_ OPC01	32	Figura 51. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 15min_ OPC03	40
Figura 26. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 15min_ OPC01	32	Figura 52. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 15min_ OPC03	41
Figura 27. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 15min_ OPC01	32	Figura 53. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 15min_ OPC03	41
Figura 28. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 15min_ OPC01	33	Figura 54. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 15min_ OPC03	41
Figura 29. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 15min_ OPC01	33	Figura 55. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 15min_ OPC03	41
Figura 30. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 15min_ OPC01	33	Figura 56. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 15min_ OPC03	42
Figura 31. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 15min_ OPC01	33	Figura 57. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 15min_ OPC03	42
Figura 32. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 15min_ OPC01	34	Figura 58. Potencia S.E. Zabalzana_ 12min_Nominal	43
Figura 33. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 15min_ OPC01	34	Figura 59. Corriente S.E. Zabalzana_ 12min_Nominal	43
Figura 34. Potencia S.E. Zabalzana_ 15min_ OPC02	35	Figura 60. Potencia S.E. Bustinzuri_ 12min_Nominal	44
Figura 35. Corriente S.E. Zabalzana_ 15min_ OPC02	35	Figura 61. Corriente S.E. Bustinzuri_ 12min_Nominal	44
Figura 36. Potencia S.E. Bustinzuri_ 15min_ OPC02	36	Figura 62. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 12min_Nominal	44
Figura 37. Corriente S.E. Bustinzuri_ 15min_ OPC02	36	Figura 63. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 12min_Nominal	44
Figura 38. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 15min_ OPC02	36	Figura 64. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 12min_Nominal	45
Figura 39. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 15min_ OPC02	36	Figura 65. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 12min_Nominal	45

Figura 66. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 12min_Nominal	45	Figura 92. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 12min_ OPC02	53
Figura 67. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 12min_Nominal	45	Figura 93. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 12min_ OPC02	53
Figura 68. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 12min_Nominal	46	Figura 94. Potencia S.E. Zabalzana_ 12min_ OPC03	54
Figura 69. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 12min_Nominal	46	Figura 95. Corriente S.E. Zabalzana_ 12min_ OPC03	55
Figura 70. Potencia S.E. Zabalzana_ 12min_ OPC01	47	Figura 96. Potencia S.E. Bustinzuri_ 12min_ OPC03	55
Figura 71. Corriente S.E. Zabalzana_ 12min_ OPC01	47	Figura 97. Corriente S.E. Bustinzuri_ 12min_ OPC03	55
Figura 72. Potencia S.E. Bustinzuri_ 12min_ OPC01	47	Figura 98. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 12min_ OPC03	55
Figura 73. Corriente S.E. Bustinzuri_ 12min_ OPC01	48	Figura 99. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 12min_ OPC03	56
Figura 74. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 12min_ OPC01	48	Figura 100. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 12min_ OPC03	56
Figura 75. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 12min_ OPC01	48	Figura 101. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 12min_ OPC03	56
Figura 76. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 12min_ OPC01	48	Figura 102. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 12min_ OPC03	56
Figura 77. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 12min_ OPC01	49	Figura 103. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 12min_ OPC03	57
Figura 78. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 12min_ OPC01	49	Figura 104. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 12min_ OPC03	57
Figura 79. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 12min_ OPC01	49	Figura 105. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 12min_ OPC03	57
Figura 80. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia_ 12min_ OPC01	49		
Figura 81. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia_ 12min_ OPC01	50		
Figura 82. Potencia S.E. Zabalzana_ 12min_ OPC02	51		
Figura 83. Corriente S.E. Zabalzana_ 12min_ OPC02	51		
Figura 84. Potencia S.E. Bustinzuri_ 12min_ OPC02	51		
Figura 85. Corriente S.E. Bustinzuri_ 12min_ OPC02	51		
Figura 86. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina_ 12min_ OPC02	52		
Figura 87. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina_ 12min_ OPC02	52		
Figura 88. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri_ 12min_ OPC02	52		
Figura 89. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri_ 12min_ OPC2	52		
Figura 90. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina_ 12min_ OPC02	53		
Figura 91. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina_ 12min_ OPC02	53		
		<b>Índice de tablas</b>	
		Tabla 1. Separación de postes en curvas	17
		Tabla 2. Desnivel entre postes	17
		Tabla 3. Datos vehículo	21
		Tabla 4. Datos de potencia subestaciones	23
		Tabla 5. Parámetros eléctricos de subestación	23
		Tabla 6. Feeders de acompañamiento Abetxuko	23
		Tabla 7. Feeders de acompañamiento Lakua	24
		Tabla 8. Feeders de acompañamiento América Latina	24
		Tabla 9. Feeders de acompañamiento Angulema	24
		Tabla 10. Feeders de acompañamiento Salburua	24

Tabla 11. Feeders de acompañamiento Zabalgana	25
Tabla 12. Feeders de acompañamiento Bustinzuri	25
<i>Tabla 13. Tabla resumen 15mins_Nominal</i>	26
Tabla 14. Tabla resumen _ 15mins_Nominal	27
Tabla 15. Tabla tensiones _ 15mins_Nominal	27
Tabla 16. Tabla resumen _ 15mins_Caso1	31
Tabla 17. Tabla tensiones _ 15mins_Caso1	31
Tabla 18. Tabla resumen _ 15mins_Caso2	34
Tabla 19. Tabla tensiones _ 15mins_Caso2	35
Tabla 20. Tabla resumen _ 15mins_Caso3	38
Tabla 21. Tabla tensiones 15mins_Caso3	39
Tabla 22. Tabla resumen _ 12mins_Nominal	42
Tabla 23. Tabla tensiones _ Nominal	43
Tabla 24. Tabla resumen _ 12mins_Caso1	46
Tabla 25. Tabla tensiones _ 12mins_Caso1	47
Tabla 26. Tabla resumen _ 12mins_Caso2	50
Tabla 27. Tabla tensiones _ 12mins_Caso1	50
Tabla 28. Tabla resumen _ 12mins_Caso3	54
Tabla 29. Tabla tensiones _ 12mins_Caso1	54

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo describe los principios generales de los equipos e instalaciones necesarios para la explotación.

Para la explotación de las líneas de la extensión del tranvía a Zabalgana, objeto de este estudio, se utilizará el Centro de Control (CC) existente. Por tanto, será necesaria la conexión de todos los equipos con este centro a través de la canalización multitubular paralela a la traza del tranvía.

Todos los equipamientos descritos en el presente anejo siguen los mismos criterios generales que los actualmente instalados en la línea.

## 2. SISTEMA DE COMUNICACIONES

Este apartado establece el conjunto mínimo de requerimientos de los sistemas de comunicaciones necesarios para operar la extensión a Zabalgana del tranvía de Vitoria-Gasteiz, con un elevado nivel de seguridad y rendimiento.

### 2.1. INFRAESTRUCTURA DE FO

La red de comunicaciones IP del tranvía de Vitoria-Gasteiz se apoya en una infraestructura de fibra óptica monomodo según la recomendación ITU-T G.652. Esta infraestructura de fibra óptica también ha sido el soporte de la red de transmisión digital PDH, si bien esta última ha sido desmantelada durante la ejecución de las obras asociadas al proyecto de comunicaciones de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz hasta Universidad.

El tendido de fibra óptica existente consiste en una manguera del tipo PVP con 64 fibras ópticas agrupadas en 8 tubos de 8 fibras cada uno, tendida por la canalización dedicada a las comunicaciones (tritubo) paralela a la traza del tranvía.

En cada parada se dispone de un repartidor modular con mecánica de 19" y con capacidad para 64 fibras ópticas (empalmes y conectores FC/PC).

En el proyecto de extensión a Zabalgana se deberá realizar el tendido de una nueva manguera de 64 fibras óptica que dé continuidad a la infraestructura de fibra existente, se deberá dotar del correspondiente repartidor de fibra óptica en cada una de las paradas, así como definir el número de conectores y de empalmes en paso a ejecutar en cada uno de los repartidores.

Por otro lado, la instalación de fibra óptica actual está monitorizada por un sistema de supervisión de fibra óptica, por lo que en el proyecto de extensión a Zabalgana, se deberán definir las actuaciones necesarias para continuar con esta función de supervisión.

### 2.2. RED DE COMUNICACIONES IP

Actualmente en el tranvía de Vitoria-Gasteiz se encuentra en funcionamiento una red de comunicaciones multiservicio, basada en tecnología Gigabit Ethernet, con capacidad suficiente para la prestación de todos los servicios nativos IP identificados:

- ❖ Telefonía/Interfonía IP.
- ❖ Telemando de subestaciones de tracción.
- ❖ Telemando de elementos en parada.
- ❖ Sistema de información del tranvía.
- ❖ Sistema de expendición y cancelación.
- ❖ Telemando de señalización tranviaria.

La arquitectura de red se basa en la constitución de cuatro anillos independientes que se unen en dos conmutadores centrales de la red IP, proporcionando de este modo redundancia a la red frente a caída de enlaces:

- ❖ Anillo subestaciones.
- ❖ Anillo ramal Lakua.
- ❖ Anillo ramal Centro.
- ❖ Anillo ramal Abetxuko.

En el proyecto de extensión a Zabalgana se analizará la integración de las nuevas paradas en un nuevo anillo o en uno de los anillos existentes. En este sentido se ha de indicar que en el proyecto de ampliación a Universidad se previó la sustitución de los cuatro conmutadores centrales actuales por dos nuevos equipos capaces de manejar los cuatro anillos actuales más dos extras en un futuro.

Los nuevos switches que se tendrán que instalar, así como la configuración final de la red, deberán cumplir los requisitos ya vigentes en la instalación actual.

Además del suministro, instalación y configuración de los nuevos conmutadores, será necesario un armario rack de 19" en cada parada, reconfigurar la red para su adaptación a la nueva arquitectura, así como actualizar la herramienta de configuración y supervisión para la gestión de los nuevos equipos.

### 2.3. RED DE RADIOCOMUNICACIONES

El tranvía de Vitoria-Gasteiz cuenta con una red de comunicaciones móviles privada para la transmisión de voz (DMR) y datos (PMR) vía radio entre el Puesto de Mando y el material móvil a través de una estación repetidora, con dos objetivos:

- ❖ Establecer conversaciones de voz entre los operadores del Puesto de Mando ubicado en Landaverde y los conductores de los tranvías y viceversa.
- ❖ Intercambiar datos relacionados con la explotación (Sistema Gestión Tráfico) entre el equipamiento de los tranvías y el Puesto de Mando. Entre estos datos se contemplan la comunicación de la posición de cada uno de los tranvías en la línea y su progresión en la misma, los avisos de incidencias, órdenes, mensajes, etc.

La arquitectura de red PMR-DMR es la siguiente:

- ❖ Estación base: estación radioeléctrica fija explotada y operada directamente desde la unidad de control (Puesto de Mando del tranvía) para dar servicio de comunicaciones de voz, datos, mensajes, etc.
- ❖ Estación repetidora: estación fija que retransmite las señales recibidas permitiendo una mayor cobertura de servicio para el área proyectada. Está ubicada en lugar estratégico (Monte Castillo) a fin de que su capacidad de transmisión / recepción sea óptima, facilitando la movilidad de los usuarios y garantizando la calidad y disponibilidad del enlace.
- ❖ Terminales: estaciones móviles (embarcadas en las unidades móviles) o portátiles (de mano) que reciben las señales enviadas desde la estación repetidora y se comunican con la estación base a través de esta.

En el proyecto de extensión a Zabalzana se deberá realizar el estudio de cobertura práctico que confirme la disponibilidad de cobertura radio o identifique la necesidad de realizar actuaciones complementarias en el sistema radio actual.

## 3. SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN

### 3.1. SISTEMA DE INTERFONÍA

La red de telefonía/interfonía actual permite lo siguiente:

- ❖ La comunicación bidireccional entre los clientes del tranvía (desde cada andén de la línea y en modo manos libres) y el operador de Puesto de Mando.
- ❖ La comunicación telefónica desde el Puesto de Mando con el exterior.
- ❖ La comunicación telefónica interna entre el Puesto de Mando y las subestaciones.

- ❖ La comunicación telefónica interna entre el Puesto de Mando y las oficinas.
- ❖ La comunicación telefónica desde las oficinas con el exterior.

Para satisfacer esta demanda de servicios en el cuarto técnico del Puesto de Mando está instalada una centralita de telefonía automática con la configuración adecuada.

En las paradas el equipamiento instalado consiste en un interfono IP (en el interior de la MEAT o en un soporte) para la comunicación de los usuarios del tranvía con los operadores del Puesto de Mando en Landaverde.

A propósito de dar continuidad a la red de telefonía IP del tranvía, de la misma manera que se ha hecho para el resto de las subestaciones, se instalará un teléfono IP en cada una de las subestaciones de la ampliación a Zabalzana.

### 3.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL TRANVÍA (DOLPHIN)

El objetivo del Sistema de Información del tranvía es realizar la gestión y distribución de la información que debe aparecer en los distintos terminales de información al público en las paradas del tranvía, permitiendo la gestión centralizada de dicha información desde el Puesto de Mando.

La información se muestra de acuerdo al bilingüismo y criterios lingüísticos vigentes en la CAPV. Asimismo, la información que se muestra en las paradas del tranvía podrá emitirse por un sistema de voz, cuya activación se realice a demanda de un viajero con discapacidad visual mediante la pulsación del mando homologado de la ONCE o mediante sistema PassBlue, que permite la detección bluetooth del teléfono móvil del viajero con discapacidad visual.

La principal información al usuario del tranvía es aquella que le indica el tiempo restante y destino para el siguiente tranvía. Para ello, el sistema de información del tranvía necesita disponer de datos que le informen de la situación del tranvía en tiempo real, recibiendo estos datos a través del Sistema de Gestión de Tráfico (SGT).

Para la prestación de los servicios indicados anteriormente, el sistema está implementado en una arquitectura cliente-servidor, donde el servidor, en el que reside la aplicación y la base de datos asociada, están instalados en el Cuarto Técnico del Puesto de Mando del Tranvía en Landaverde y los clientes son el/los operadores y administradores del sistema y los propios terminales de información.

La comunicación entre el servidor Dolphin y los operadores/administradores de la aplicación se realiza a través de la red de comunicaciones IP del Puesto de Mando, mientras que la comunicación con los terminales de información se realiza a través de la red de comunicaciones IP disponible en las paradas.

En la extensión a Zabalgana, se deberán suministrar los terminales de información al viajero de las nuevas paradas e integrarlos en el sistema de información del tranvía existente.

### 3.3. SISTEMA DE CCTV

El tranvía de Vitoria-Gasteiz cuenta con un sistema de CCTV para la monitorización de puntos de interés tanto de ETS como para el Ayuntamiento. De la Sala de Tráfico de Agirrelanda al Puesto de Mando se transmiten un total de siete cámaras a través de fibra óptica. Por lo que respecta a las tres cámaras instaladas por ETS para su propio uso, sus imágenes se envían directamente al Puesto de Mando. Para ello, las imágenes de las tres cámaras se multiplexan mediante el transmisor de vídeo multiplexado instalado en la parada de Euskal Herria. Desde este equipo al Puesto de Mando las imágenes se envían a través de una única fibra de la manguera troncal.

En la extensión a Zabalgana se deberá analizar la necesidad de realizar actuaciones en el sistema de CCTV, monitorizando alguna cámara adicional de tráfico que resultara de interés o instalando alguna cámara adicional propia para ETS en caso de que así se determinase.

### 3.4. SISTEMA DE TICKETING

El sistema de ticketing del tranvía de Vitoria-Gasteiz se compone de máquinas de recarga y canceladoras en las paradas, así como del correspondiente sistema central que recoge todas las transacciones del sistema.

En cualquier caso, las nuevas paradas del tranvía correspondientes a la extensión a Zabalgana deberán contar con un equipamiento de ticketing similar al del resto de paradas del tranvía de Vitoria-Gasteiz.

## 4. PUESTO DE MANDO

El tranvía de Vitoria-Gasteiz cuenta con un Puesto de Mando ubicado en la calle Landaverde con dos espacios principales:

- ❖ Sala de servidores.
- ❖ Sala de operación.

En la sala de servidores están instalados los siguientes servidores y equipos:

- ❖ Servidores de telemando de energía.
- ❖ Servidores de señalización tranviaria.
- ❖ Servidores del sistema de gestión del tráfico (SGT).
- ❖ Servidor de Información del tranvía.

- ❖ Servidores de comunicaciones.
- ❖ Servidor de monitorización de la preferencia.
- ❖ Servidor de interfonía.
- ❖ Servidor de cronometría.
- ❖ Equipo de control de Videowall.
- ❖ Grabadores de vídeo y audio.
- ❖ Equipos de codificación de vídeo.

Adicionalmente en la sala de servidores se encuentran ubicados los conmutadores de puesto de mando y los conmutadores centrales.

Por otro lado, la sala de control cuenta con los puestos de operación, así como con un Videowall que permite visualizar la posición de los tranvías en servicio y monitorizar las cámaras de tráfico.

En la extensión a Zabalgana, será necesario actualizar los servidores centrales en la medida que se ven afectados por los cambios o las nuevas implantaciones realizadas en los elementos de línea.

## 5. SEÑALIZACIÓN TRANVIARIA

### 5.1. GENERALIDADES

Los sistemas, subsistemas y elementos que conforman las instalaciones de señalización tranviaria en el tranvía de Vitoria-Gasteiz son los siguientes:

- ❖ Telemando de señalización tranviaria (SIGMA).
- ❖ Sistema de Gestión del Tranvía (SGT).
- ❖ Subsistema de mando y control (enclavamientos).
- ❖ Subsistema de petición de itinerario.
- ❖ Subsistema de bloqueo de agujas.
- ❖ Subsistema de señales.
- ❖ Subsistema de accionamiento de agujas.
- ❖ Subsistema de calefacción de agujas.
- ❖ Subsistema TRAM-STOP.

## 5.2. TELEMANDO DE SEÑALIZACIÓN TRANVIARIA

Actualmente el tranvía de Vitoria-Gasteiz cuenta con un telemando de señalización tranviaria de ELECTRANS (SIGMA, Sistema Integral Gráfico para Mando de Automatismos) instalado en el Puesto de Mando de Landaverde que permite realizar un control y una supervisión de todos los elementos de campo de señalización tranviaria (discos, agujas, balizas, etc.). De esta forma, desde el Puesto de Mando del tranvía se pueden realizar actuaciones remotas en los elementos de señalización tranviaria que componen cada zona de maniobras:

- ❖ Control de la operación: se puede seleccionar y visualizar el funcionamiento de la zona de maniobra correspondiente.
- ❖ Gestión de alarmas: se pueden visualizar las alarmas producidas en los enclavamientos y suprimirlas una vez atendidas.
- ❖ Control de fallos: en caso de fallo, se pueden realizar las acciones oportunas para recuperar el sistema de señalización.
- ❖ Control de históricos: se pueden registrar eventos producidos en cada enclavamiento (función histórica).

Esto es posible debido a los enlaces de comunicaciones existentes entre el SIGMA y el enclavamiento instalado en cada una de las zonas de maniobra.

En el proyecto de extensión a Zabalgana se deberá incluir la ingeniería para el desarrollo software de la modificación del telemando de señalización tranviaria (SIGMA) para la integración de los nuevos enclavamientos que gobiernen las zonas de maniobra de la ampliación.

## 5.3. SISTEMA DE GESTIÓN DEL TRANVÍA (SGT)

Actualmente el tranvía de Vitoria-Gasteiz cuenta con un sistema de gestión de tranvías (SGT) de ELECTRANS instalado en el Puesto de Mando de Landaverde.

El objetivo principal del SGT es el de optimizar la explotación tranviaria, permitiendo disponer en tiempo real de información de la posición de las diferentes unidades de tranvía.

En el proyecto de extensión a Zabalgana se deberá incluir la ingeniería para el desarrollo software de la modificación SGT para la integración de las nuevas paradas de la ampliación.

## 5.4. SUBSISTEMA DE MANDO Y CONTROL

El subsistema de mando y control se constituye por los enclavamientos de cada zona de maniobras.

Actualmente el tranvía de Vitoria-Gasteiz cuenta con enclavamientos electrónicos SIL-3 modelo ENCETRANS-1 de ELECTRANS instalados en cada una de las zonas de maniobras.

La función principal de cada uno de los enclavamientos es la de establecer las condiciones de seguridad necesarias para la circulación de unidades tranviarias en las zonas de maniobras para lo cual recibe la información necesaria de los elementos de campo.

Los enclavamientos disponen de interfaces con los siguientes elementos:

- ❖ Con los elementos de campo de señalización tranviaria:
  - Discos tranviarios: encendido y comprobación del aspecto del disco.
  - Accionamientos de aguja: mando y comprobación del estado de las agujas.
  - Calefactores de aguja: encendido y comprobación del estado del calefactor
  - Circuitos de vía y contadores de ejes: señales que le permiten determinar la ocupación de un cantón y realizar el bloqueo de las agujas.
  - Balizas de petición de itinerario: reciben la petición de itinerario tras la correspondiente solicitud del conductor al paso del tranvía por la baliza.
  - Balizas TRAM-STOP: envían la información del estado de las señales del tranvía al equipamiento embarcado.
  - Caja de mando manual: reciben la petición de itinerario tras la correspondiente solicitud del personal autorizado.
- ❖ Con el telemando de señalización tranviaria
- ❖ Con el sistema de señalización viaria

En el proyecto de extensión a Zabalgana se deberá realizar el suministro e instalación de enclavamientos electrónicos SIL-3 que realicen el control y el mando de las nuevas zonas de maniobras que se diseñen, autorizando el movimiento seguro de los tranvías mediante el establecimiento de itinerarios y encendido del aspecto permisivo del disco tranviario correspondiente, de acuerdo al programa de explotación previsto.

## 5.5. SUBSISTEMA DE PETICIÓN DE ITINERARIO

Actualmente, en cada zona de maniobra, la realización de las peticiones de itinerario se puede realizar de cuatro modos diferentes y con diferente grado de automatización:

- ❖ Desde el Sistema del Gestión del Tranvía (SGT) se pueden realizar las peticiones de manera automática según el servicio que corresponda, a medida que el tranvía se acerca a la zona de maniobras.
- ❖ Desde el puesto de mando a través de SIGMA.

- ❖ Mediante un sistema de detección tranviaria consistente en una baliza de petición de itinerario colocada en la vía y un emisor que se dispone en el material móvil. La petición la realiza el conductor a su paso por encima de la baliza, la cual está señalizada de algún modo para que sea visible, a través de unos mandos que se disponen en el panel del material móvil.
- ❖ Manualmente mediante una caja de mando manual, situada a pie de señal, y sólo accesible a través de una llave específica. Esto se realiza en la línea como última opción, ya que requiere que el conductor baje de la unidad.

En el proyecto de extensión a Zabalgana se especificarán las cajas de mando manual que permitan al conductor realizar la petición de itinerario para las situaciones en las que lo pudiera requerir. Estas cajas de mando manual se conectarán al correspondiente módulo de entradas y salidas del enclavamiento.

Asimismo, se deberá instalar las balizas de petición de itinerario para la recepción de órdenes e informaciones desde el tranvía utilizando como medio de comunicación el sistema inductivo empleado en el resto de red tranviaria de Vitoria.

Estas balizas de petición de itinerario permitirán al conductor realizar la solicitud del itinerario a través de los mandos que dispone en el material móvil. Para los casos en los que la petición de itinerario se tenga que realizar con el tranvía estacionado, se añadirá un lazo a dicha baliza con el objetivo ampliar el alcance de recepción de la baliza.

Las informaciones que recibirá la baliza serán las solicitudes de petición de itinerario e informaciones del tranvía como su número, el servicio, etc.

Cada baliza se conectará por medio de cable coaxial con el correspondiente módulo electrónico de recepción que se instalará en el enclavamiento correspondiente. Este módulo de recepción decodificará los telegramas recibidos de las balizas, interpretará la petición de itinerario realizada desde el tranvía y se la enviará al enclavamiento.

### 5.6. SUBSISTEMA DE BLOQUEO DE AGUJAS

Actualmente en el tranvía de Vitoria-Gasteiz se utilizan circuitos de vía de tipo tranviarios específicamente adaptados para la detección del material móvil. A través de las secuencias de ocupado/desocupado de los diferentes circuitos de vía asociados a cada uno de los itinerarios, el enclavamiento no permite que se ejecuten aquellos que son incompatibles.

Durante el paso del tranvía por una de las agujas, el enclavamiento bloquea dicha aguja hasta que se libera todo el itinerario.

Los circuitos de vía tranviarios combinan la detección a través del “shunt” entre carriles con la detección de masa metálica. Están compuestos por un condensador central, dos elementos para utilizar como emisor / receptor y dos conexiones físicas entre carriles.

En la zona donde se instalan los circuitos de vía es preciso que los carriles de la vía no estén en contacto, por lo que disponen de riostras aislantes y mallazo de fibra.

Los circuitos de vía tranviarios deberán estar conectados mediante cable Twinaxial a los módulos electrónicos interiores que estarán instalados en un armario exterior tipo tráfico o en el propio armario del enclavamiento correspondiente.

En el proyecto de extensión a Zabalgana, se realizará el diseño de circuitos de vía de las zonas de maniobra que se definan.

### 5.7. SUBSISTEMA DE SEÑALES

En el tranvía de Vitoria-Gasteiz, se utilizan señales adaptadas a la funcionalidad del sistema para la transmisión de información al conductor del tranvía, estando estas formadas por dos focos de Leds de 200 mm de diámetro con óptica de Leds blancos. El foco inferior tiene una orla de Leds y un triángulo, mientras que el superior dispone la misma orla y una barra horizontal y vertical y/o inclinada, según las necesidades de la funcionalidad de la zona de maniobras.

En el proyecto de extensión a Zabalgana, se realizará el diseño de señales de las zonas de maniobra que se definan de acuerdo al programa de explotación que esté previsto.

### 5.8. SUBSISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE AGUJAS

En el tranvía de Vitoria-Gasteiz se utilizan accionamientos electrohidráulicos alimentados en trifásica (380/400 VAC) desde el bastidor de distribución y conexiones del enclavamiento.

En el proyecto de extensión a Zabalgana, se deberán prever accionamientos equivalentes a los del resto de la línea que deberán garantizar la función de encerrojamiento en las dos posiciones de la aguja, así como la función de comprobación de su posición.

### 5.9. SUBSISTEMA DE CALEFACCIÓN DE AGUJAS

El tranvía de Vitoria-Gasteiz dispone de un sistema de calefacción de agujas implantado por ELECTRANS, que está integrado con el enclavamiento y la aplicación de telemando de señalización tranviaria.

En las últimas ampliaciones de la red tranviaria, se ha previsto la instalación de un sistema de caldeo de agujas basado en tecnología por hilo flexible.

En el proyecto de extensión a Zabalzana, se deberá realizar el diseño detallado de la solución de caldeo. En cualquier caso, y con el objetivo de obtener un caldeo óptimo, el adjudicatario deberá realizar un replanteo de detalle en campo que permita tomar mediciones de los resbalones, del espacio entre ellos, de las distancias entre los tacos del desvío, del espacio para la colocación de tubos interiores, etc.

Este sistema de caldeo deberá integrarse con el enclavamiento a través del grupo de mando y potencia y se podrá monitorizar en la aplicación de telemando de señalización tranviaria.

### 5.10. SUBSISTEMA TRAM-STOP

Este subsistema recibe la información del estado de las señales. Esta información se transmite al equipo embarcado a través de la baliza instalada en tierra. Dicha información es analizada por el equipo embarcado que activa el freno de emergencia en caso necesario.

En el proyecto de extensión a Zabalzana se deberá analizar la necesidad de disponer nuevas balizas TRAM-STOP.

## 6. SEÑALIZACION VIARIA

La extensión del tranvía a Zabalzana supone un nuevo flujo dentro de la circulación. Del mismo modo que en el resto de los tramos, el tranvía tendrá el objetivo de mantener una frecuencia de paso constante en el tiempo, minimizando las penalizaciones de tiempo a lo largo de su recorrido. Para ello, será necesario dotar al tranvía de prioridad de paso en los cruces con vehículos y/o peatones.

Actualmente, en cada uno de los reguladores de los cruces que se ven afectados por el paso del tranvía, se ha instalado un software que modifica el diagrama de fases del cruce para permitir el paso prioritario del tranvía, cuando se realiza una petición al regulador que indica la llegada al cruce de un tranvía. Esta modificación de los diagramas de fase permite asegurar un tiempo mínimo de paso seguro del tranvía en el cruce, respetando unos tiempos mínimos de verde para los movimientos incompatibles con el del tranvía.

El sistema de señalización viaria actual dispone de una serie de funcionalidades que se deberán mantener en la ampliación a Zabalzana:

- ❖ Prioridad de paso del tranvía frente al resto de vehículos en cada uno de los cruces atravesados, minimizando la afección sobre el tráfico.
- ❖ Monitorización de la preferencia del tranvía, pudiendo visualizar en tiempo real la situación de los detectores y reguladores asociados al paso del tranvía. Esta aplicación permite la creación de informes y estadísticas para el control y la mejora de la explotación.
- ❖ Fiabilidad ante fallos, de forma que, si uno de los detectores de la señalización viaria falla y no se activa con el paso del tranvía, el sistema dispone de la lógica necesaria para desencadenar la prioridad del tranvía en el cruce con el mínimo retardo posible.

Con todo esto se consigue implantar el tranvía minimizando el impacto del mismo en los cruces que atraviesa y garantizando una velocidad de marcha y una frecuencia de explotación.

El presente proyecto incluirá lo siguiente:

- ❖ Adaptación de todos los cruces afectados por el paso del tranvía.
- ❖ Implantación del sistema de detección de paso del tranvía que permita dotar a este de prioridad de paso en cada uno de los cruces que atraviesa.
- ❖ Adaptación del sistema central de tráfico urbano actualmente implantado en Vitoria-Gasteiz.
- ❖ Adaptación del sistema de monitorización de la preferencia del tranvía.

La ejecución de estas actividades se deberá desarrollar en coordinación con el resto de proyectos, que permitan la coordinación de las obras y eviten retrasos o demora en la ejecución de las mismas, así como incoherencias de ejecución.

### 6.1. CRUCES VIARIOS

Los cruces viarios considerados en el corredor de Zabalzana se pueden ver en los planos 09.01 y en el plano 10.01 se encuentran los cruces del ramal de conexión a cocheras. A lo largo del recorrido del trazado se tienen un total de 19 cruces viarios y el ramal de cocheras tiene un total 4 intersecciones.

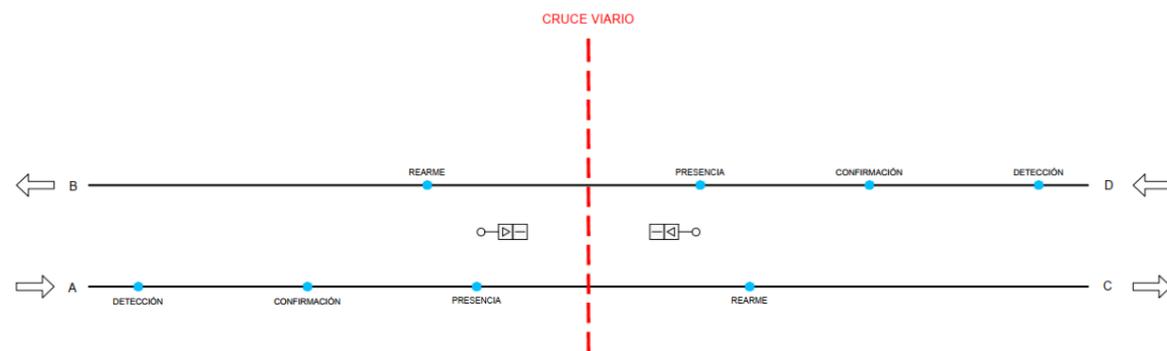


Figura 1. Esquema de cruces viarios

## 6.2. ELEMENTOS PARA LA SEÑALIZACIÓN VIARIA PARA TRANVÍAS

### 6.2.1. SEÑALES VIARIAS DEL TRANVÍA

La función principal de estas señales es indicar claramente las órdenes transmitidas por el regulador de cruce a los tranvías.

Las señales viarias del tranvía presentarán en todo momento a los maquinistas, en el punto de riesgo, una indicación clara y positiva, cuya interpretación garantice la seguridad incluso frente a situaciones degradadas.

Estas señales indicarán a los vehículos tranviarios, en cada cruce, si deben o no frenar o parar, así como la detección de los mismos, según las órdenes del regulador de cruce, el cual asignará prioridad a los vehículos tranviarios respecto al tráfico vial. Todas las indicaciones de las señales deberán ser claras y sin lugar a confusión.

Las indicaciones que pueden mostrarse son las siguientes:

- ❖ Barra horizontal luminosa en un color blanco.
  - Este aspecto de la señal indica al conductor del vehículo tranviario que el cruce está cerrado. El vehículo tranviario debe parar ante el paso.
- ❖ Barra vertical luminosa en un color blanco:
  - Este aspecto de la señal indica al conductor del vehículo tranviario que el cruce está libre. Circulación libre por el paso para el tranvía.
- ❖ Barra vertical luminosa en un color blanco intermitente:
  - Este aspecto de la señal indica al conductor del vehículo tranviario “anuncio de cierre del cruce”.
- ❖ Triángulo hueco en un color blanco sobre negro vertical:
  - Este aspecto de la señal avisa al conductor del vehículo tranviario que el sistema de detección de tranvías está operativo.

La secuencia lógica de los distintos aspectos de la señal viaria del tranvía es la que se indica en el gráfico:

1. Situación de reposo (no hay vehículo tranviario detectado por el sistema).
2. Se ha detectado vehículo tranviario. El aspecto de la señal viaria de tranvía pasa al estado de “Sistema activo. Prohibido el paso”.
3. Se ha detectado vehículo tranviario y se le permite el paso, el estado de la señal viaria del tranvía será la de “Sistema activo. Paso libre”, durante un tiempo suficiente para que rebese la intersección con seguridad.
4. Cuando ya no quede tiempo de paso suficiente para que el tranvía atraviese el cruce con seguridad, se le dejará de conceder el paso al vehículo tranviario, tras lo cual, se pasará al estado 1 (Sistema en reposo).

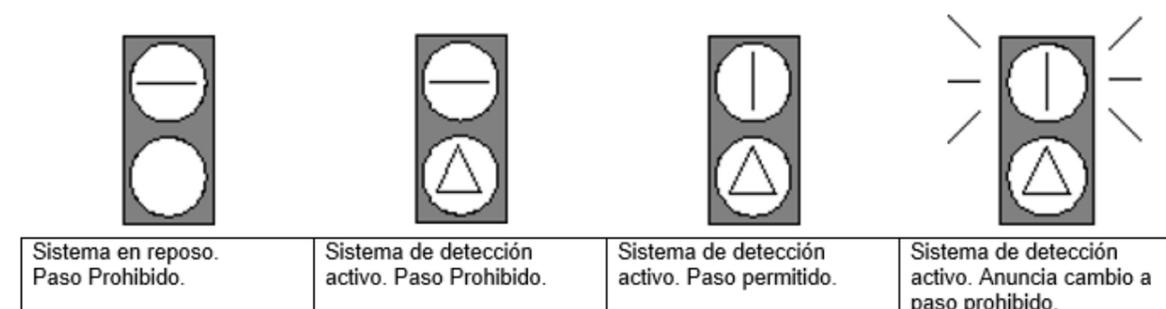


Figura 2. Secuencia de señales viarias

### 6.2.2. ACTIVACIÓN Y REGULACIÓN DE SEÑALIZACIÓN SEMAFÓRICA

Como ya se ha indicado es necesario que se realice una petición de paso desde el tranvía al sistema de regulación del tráfico en el cruce. Para poder realizar esta petición, se instalarán unos detectores en diferentes puntos de la plataforma tranviaria. De esta forma, se tratará de que la distancia entre estas detecciones a la velocidad media de recorrido del tranvía implique un tiempo que sea suficiente para que el regulador de tráfico pueda darle paso libre cuando el tranvía llegue a las inmediaciones del cruce.

En el tramo de extensión a Zabalgana, el tranvía circulará por plataforma exclusiva, por lo que, para su detección, se utilizarán espiras inductivas de detección de masa metálica. Las dimensiones de la espira vienen determinadas por la propia vía, ya que el ancho máximo de la misma es de un metro. Las espiras se conectarán al regulador a través de un detector electromagnético instalado en el propio regulador de cruce, que tendrá la capacidad para conectarse hasta cuatro espiras inductivas.

Tres de los puntos de detección se situarán antes de la intersección y otro una vez rebasada la misma.

De manera esquemática podemos ver la ubicación de cada uno de ellos:

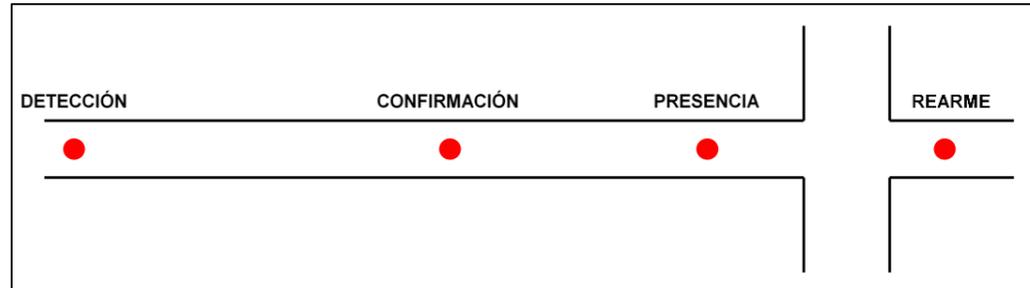


Figura 3. Esquema de sistema de detección.

## 7. BLOQUES TÉCNICOS

### 7.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el equipamiento técnico necesario de cada necesario se alberga en el Bloque técnico.

### 7.2. BLOQUES TÉCNICOS DE PARADA

El diseño de los bloques técnicos a instalar en las paradas se ve totalmente limitado por el espacio necesario para la ubicación de todo el equipamiento a colocar en las paradas.

La forma final de estos bloques consiste en un prisma rectangular de acero inoxidable que queda dentro de la marquesina de la parada y en la parte superior un tótem para albergar el reloj de la parada.

A continuación, se enumeran los elementos que debe albergar en una parada:

- ❖ Equipos de comunicaciones.
- ❖ Transformador de 600 V a 400 V.
- ❖ Interruptores de protección eléctrica de la acometida y del resto de equipos.
- ❖ Elementos para la expendición y validación de billetes.
- ❖ Reloj.
- ❖ Equipos de señalización tranviaria (en caso de tener una zona de maniobra asociado).
- ❖ Elementos para el telemando del aparellaje eléctrico.

## 8. ELECTRIFICACIÓN

### 8.1. CATENARIA

El presente apartado tiene como objeto describir las características de la línea aérea de contacto necesaria para la captura de la energía de tracción por el pantógrafo de las unidades del tranvía.

#### 8.1.1. GENERALIDADES

La catenaria sirve para transportar la energía desde los puestos rectificadores hasta las unidades y asegurar el intercambio de potencia entre unidades durante los frenazos eléctricos. El interfaz con el material rodante se realiza a nivel de contacto entre el pantógrafo y el hilo de contacto.

Para asegurar un buen funcionamiento de la instalación el contacto debe ser permanente. Esto implica un cierto número de restricciones sobre el pantógrafo y sobre la catenaria.

Para el pantógrafo, los valores importantes son:

- ❖ Las alturas de captura mínima y máxima.
- ❖ La presión de contacto ejercitada sobre el hilo.
- ❖ Las dimensiones útiles de la banda de frotamiento de la ballesta.
- ❖ La corriente máxima absorbida o restituida por la unidad.

Para cada línea de contacto los valores importantes son:

- ❖ La velocidad máxima de paso de la unidad.
- ❖ La flecha de los hilos entre dos puntos de suspensión.
- ❖ La variación de altura del hilo de contacto entre 2 puntos de suspensión.
- ❖ Los desvíos del hilo respecto al eje de la vía.

#### 8.1.2. ENTORNO OPERACIONAL

##### 8.1.2.1. MATERIAL RODANTE

La altura del hilo de contacto con respecto al plano de rodadura, compatible con los límites de captura de un material rodante estándar, está comprendido entre 4,20 m y 6,50 m. El hilo está desalineado para repartir el desgaste de la banda de frotamiento de la ballesta del pantógrafo y debe mantenerse dentro de los límites de desplazamiento horizontal de este último en curva.

##### 8.1.2.2. ALIMENTACIÓN EN ENERGÍA DE TRACCIÓN

La tensión nominal de la red es de 750 V en continua con variaciones admisibles comprendidas entre 500 V y 900 V.

### 8.1.2.3. VÍAS FÉRREAS

La separación máxima de los carriles entre caras activas es de 1,000 m. La distancia entre los ejes de las vías en línea recta es de 2,85 m como mínimo (soportes laterales).

### 8.1.2.4. ALIMENTACIÓN

La energía de tracción en línea es proporcionada por los puestos rectificadores de las subestaciones existentes de Lakua, América Latina, Arriaga, Angulema, y Salburua. Además, se han previsto dos nuevas subestaciones en el presente estudio, una en el parque de Bustinzuri y la otra entre las Paradas de Zabalgana y Derechos Humanos, para poder asegurar la energía que necesitaría esta ampliación.

### 8.1.2.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El rango de temperatura a tener en consideración para la catenaria de contacto es de -10 °C a +50 °C.

### 8.1.3. DATOS BASE

Las dificultades habituales asociadas a la colocación de un conducto descubierto en la ciudad son:

#### 8.1.3.1. PUESTA FUERA DE ALCANCE

En los lugares en los que pueda haber personas, las partes activas deben estar fuera del alcance de las mismas.

Esta puesta fuera de alcance puede ser realizada mediante el simple alejamiento, o mediante la interposición de obstáculos eficaces, o mediante aislamiento.

#### 8.1.3.2. DISTANCIA DE SEPARACIÓN

La distancia mínima  $D$  a respetar entre los hilos conductores descubiertos o partes descubiertas de una obra de tensión nominal  $U$  y el suelo o una instalación cualquiera es igual a la suma:

- ❖ De una distancia  $b$  llamada «distancia de base».
- ❖ De una distancia  $t$  llamada «distancia de tensión».

$$t = 0,0075 \times U = 0,005625 \text{ m}$$

Siendo  $< 0,1 \text{ m}$ ,  $t$  no se tiene en cuenta.

#### 8.1.3.3. RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS OBRAS

Las presiones debidas al viento para las líneas aéreas BT son las de las líneas AT, multiplicadas por 0,75.

#### 8.1.3.4. DISTANCIA SOBRE EL SUELO

La distancia de base sobre el suelo para los hilos conductores descubiertos:  $b = 6 \text{ m}$ .

En los cruces o en los desplomes de los itinerarios de carretera designados para ser adaptados a los transportes de gran altura la distancia  $b$  no debe ser inferior a la altura máxima  $h$  (en metros) de la carga admitida para el itinerario, aumentada en 1 metro, es decir  $b = h + 1 \text{ m}$ .

#### 8.1.3.5. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS SOBRE LAS REDES BT

Para que el material no conlleve masa, debe tener un aislamiento doble o estar reforzado por construcción o por instalación.

#### 8.1.3.6. PROXIMIDAD A LOS EDIFICIOS

La distancia de base de los hilos conductores descubiertos de las líneas aéreas BT de cara a los edificios es:

- ❖  $b = 1 \text{ m}$ , respecto a los planos verticales de las fachadas.
- ❖  $b = 2 \text{ m}$ , respecto a los tejados con pendiente inferior a 1/1.

#### 8.1.3.7. APARATOS DE ALUMBRADO SITUADOS SOBRE SOPORTES DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS

Los aparatos eléctricos y sus accesorios, cuando están situados sobre soportes de líneas eléctricas aéreas BT con hilos descubiertos, deben situarse al menos a 1 metro de esos conductores.

En caso de que se considere fijar sobre los soportes de la línea aérea tranviaria (LAT) otros equipos (p. ej. CCTV, alumbrado, etc.) estos deberán cumplir un grado doble de aislamiento. Este criterio va en línea de procurar un grado de protección eléctrica a dicho equipamiento en caso de cortocircuito en la LAT.

Las principales implicaciones prácticas de cara a la seguridad son las siguientes:

- ❖ Doble aislamiento, o aislamiento reforzado, del material utilizado para el armamento.
- ❖ Puesta a tierra de los postes y pórticos.
- ❖ Colocación sobre los hilos de contactos que pasan bajo las obras accesibles a las personas, de obstáculos horizontales eficaces (viseras o placas en material aislante) si la puesta fuera de alcance por alejamiento no puede ser realizada.
- ❖ Colocación de obstáculos verticales eficaces entre los hilos de contacto y los edificios accesibles por las personas, si la puesta fuera de alcance por alejamiento no puede ser realizada.

- ❖ Colocación de paneles reglamentarios indicando la limitación de altura bajo los hilos de contacto y la presencia de tensión, en un lado y otro de las obras y de los cruces cuando la distancia de base por encima del suelo ( $b = 6 \text{ m}$  o  $b = h + 1 \text{ m}$ ) no puede ser obtenida.

#### 8.1.3.8. NORMAS

Tanto las normas españolas como las europeas referentes a las instalaciones eléctricas y las de los distintos subconjuntos que intervienen en la constitución de líneas: postes, consolas, tirantes de fijación, hilos de contacto, etc., constituyen los datos de base para la realización y explotación de las líneas aéreas.

### 8.1.4. PRINCIPIOS DE IMPLANTACIÓN

#### 8.1.4.1. FLECHA ENTRE DOS PUNTOS DE SUSPENSIÓN

La velocidad de paso de la unidad y la presión del pantógrafo permiten calcular la flecha máxima de los hilos para conservar un contacto correcto.

Para un tranvía cuya velocidad máxima es del orden de 60 km/h, para conservar un buen contacto entre los hilos y el pantógrafo, el valor máximo de la flecha no debe sobrepasar los 30 cm.

#### 8.1.4.2. SEPARACIÓN EN ALINEAMIENTO EN PLANTA Y PERFIL

La flecha se utiliza para calcular la separación máxima en alineamiento entre 2 puntos en suspensión mediante la relación:

$$a^2 = 8 T f / p$$

Donde:

- ❖  $f$  = flecha (en m)
- ❖  $p$  = masa lineal del hilo de contacto (kg/m)
- ❖  $a$  = separación (en m)
- ❖  $T$  = tensión mecánica (en daN) del hilo de contacto.

Para una línea regularizada,  $T$  es igual al esfuerzo ejercido por los contrapesos para el rango de temperaturas definido.

Para una línea no regularizada o parcialmente regularizada, la tensión se calcula en función del rango de temperaturas y de la ecuación de cambios de estado del hilo.

El valor máximo de separación puede ser reducido si otras restricciones del proyecto son más restrictivas (trazado en curva, falta de alumbrado público si el soporte no es común, etc.).

#### 8.1.4.3. DESCENTRADO

En alineamiento, para evitar un desgaste localizado de la banda de frotamiento de la arcada del pantógrafo, el hilo de contacto puede ser descentrado en cada soporte o cada 2 soportes alternativamente de un lado y del otro del eje de la vía.

El valor del descentrado se determina en función de las características del pantógrafo (anchura de la banda de frotamiento, balanceo) y de la unidad (balanceo). Un valor típico máximo es  $\pm 20 \text{ cm}$  en relación con el eje de la vía.

La elección del descentrado en cada soporte o cada 2 soportes se realiza teniendo en cuenta el tipo de línea y la exposición al viento. En las curvas, los puntos de enganche son enviados hacia el exterior de la curva. Los valores de las separaciones y el descentrado en el medio de la separación son función de las características del material rodante.

#### 8.1.4.4. SEPARACIONES EN CURVA VISTAS SOBRE PLANO

En las curvas, la separación está igualmente limitada por el descentrado máximo del hilo.

Con los valores de descentrado indicados precedentemente las separaciones máximas en función del radio de la curva (dados a título de ejemplo) son los siguientes:

Radios (m)	Separación (m)
25	8,95
30	9,80
40	11,30
50	12,65
70	15,00
100	17,90
200	25,30
300	31,00
400	35,80
500	40,00
600	43,80
700	47,30
800	50,60
900	53,70

Tabla 1. Separación de postes en curvas

A la salida de la curva, la variación de la separación se realiza en progresión geométrica a razón de 1,5.

- ❖  $a_n = a_{n-1} \times 1,5$
- ❖  $a_{n+1} = a_n \times 1,5$

hasta alcanzar la separación máxima si la longitud del alineamiento recto lo permite.

En caso de haber en un vano más de un hilo de contacto (p. ej. seccionamientos, agujas, etc.) se procurará que estos se encuentren en recta. En caso de que deban instalarse en curva se procurará que sea en la de mayor radio de curvatura posible. En este caso la separación máxima entre postes deberá tener en cuenta la distancia (calle) entre los hilos de contacto que se solapan de tal forma que esa distancia entre postes será significativamente menor a la de la tabla definida anteriormente.

#### 8.1.4.5. DESNIVEL ENTRE SOPORTES

Es preferible que la altura del hilo de contacto por encima del raíl (o de la carretera) sea la misma en cada soporte. Si, debido a condiciones locales (paso bajo obras, etc.), una variación de altura se impone, hay que realizarla con una pendiente tanto más pequeña cuanto más importante sea la velocidad del material rodante y, en cualquier caso, no se deben sobrepasar los valores indicados en la tabla siguiente, en función de la velocidad.

Se recomienda interponer, al comienzo y al final, una separación de transición que tenga una pendiente media.

Velocidad (km/h)	Pendiente máxima
10	4%
30	2%
60	1%

Tabla 2. Desnivel entre postes

## 8.2. ENERGÍA

El objeto del presente apartado es definir los equipos de alimentación de energía necesarios para la explotación y el funcionamiento de la línea del tranvía.

Estos equipos son los siguientes:

- ❖ De distribución de energía de tracción.
  - Desde la subestación existentes: Lakua, Arriaga, América Latina, Angulema y Salburua.
  - Futuras: dos en la presente extensión, 1 en la parte común (Parque Bustinzuri) y otra en el tramo que va hacia Mariturri (entre las paradas Zabalgana y Derechos Humanos).
- ❖ De distribución baja tensión mediante línea de 600 V corriente alterna a las paradas.
  - Desde la subestación existentes: Lakua, Arriaga, América Latina, Angulema y Salburua.
  - Futuras: dos en la presente extensión, 1 en la parte común (Parque Bustinzuri) y otra el tramo que va hacia Mariturri (entre las paradas Zabalgana y Derechos Humanos).

La tensión nominal de la red de media tensión es de 30 kV. La de la red de tracción es de 750 V en corriente continua. Las tensiones mínimas y máximas admisibles en la línea para ser compatible con las características del material móvil son respectivamente de 500 V y 900 V en continua. La baja tensión incluye las tensiones de 400, 230 y 600 V en corriente alterna.

Las paradas integran los equipos necesarios para su alimentación de energía.

La red de alimentación de energía del tranvía está concebida para ser administrada a partir de un puesto de mando y de controles centralizados de energía, esto implica que un determinado número de accionamientos principales de la red sean manejados a través de telemando. No obstante, para paliar una avería del sistema de gestión centralizada o del sistema de transmisión, los aparatos pueden ser manejados localmente. En lo que se refiere al control de las instalaciones, la posición de los accionamientos principales es remitida al PCM con el fin

de permitir al regulador de energía tener una vista sintética de la red de alimentación para poder reaccionar rápidamente en caso de incidente.

La concepción de la red de alimentación se ha realizado según los siguientes objetivos:

- ❖ Proporcionar una buena continuidad y servicio para restringir al máximo las perturbaciones en la circulación de las unidades.
- ❖ Proporcionar una completa seguridad para los viajeros y el personal.
- ❖ Optimizar el coste general del sistema.

### 8.2.1. ESTUDIO ENERGÉTICO

El objeto de este apartado es analizar y estudiar la necesidad de dos nuevas subestaciones de tracción para el correcto funcionamiento del tranvía de Vitoria dentro del Estudio informativo de la extensión del Tranvía de Vitoria-Gasteiz a Zabalzana.

Para realizar el estudio de cada caso se ha tenido en cuenta la geometría de la línea actual y futura (paradas, alzado, planta, etc.), la ficha técnica de la unidad del Tranvía Serie 600 de 7 coches y el esquema unifilar de tracción, así como las características de las subestaciones existentes de Lakua, América latina, Arriaga, Angulema, Salburua y las 2 nuevas en la extensión a Zabalzana.

### 8.2.2. NORMATIVAS DE APLICACIÓN

EN 50119 Aplicaciones ferroviarias – Instalaciones fijas – Líneas de contacto aéreo de tracción eléctrica.

EN 50122-1 Aplicaciones ferroviarias – Instalaciones fijas – Seguridad eléctrica, puesta a tierra y el circuito de retorno – Parte 1: Disposiciones de protección contra descargas eléctricas.

EN 50122-2 Aplicaciones ferroviarias – Instalaciones fijas – Seguridad eléctrica, puesta a tierra y el circuito de retorno – Parte 2: Disposiciones contra los efectos de corrientes parásitas causadas por sistemas de tracción en corriente continua.

EN 50163 Aplicaciones ferroviarias – Tensiones de alimentación de sistemas de tracción.

EN 50328 Aplicaciones ferroviarias – Instalaciones fijas – Convertidores electrónicos de potencia para subestaciones.

EN 50329 Aplicaciones ferroviarias – Instalaciones fijas – Transformadores de tracción.

EN 50388 Aplicaciones ferroviarias – Suministro de energía y material rodante – Criterios técnicos para la coordinación entre el suministro de energía (subestación) y el material rodante para lograr la interoperabilidad.

IEC 60228 Conductores de cables aislados.

IEC 62128-2 Aplicaciones ferroviarias – Instalaciones fijas – Parte 2: Disposiciones de protección contra los efectos de corrientes parásitas causadas por sistemas de tracción en corriente continua.

IEC 60850 Aplicaciones ferroviarias – Tensiones de alimentación de sistemas de tracción.

### 8.2.3. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

La simulación de la potencia de tracción se realiza utilizando herramientas de simulación propietarias de CAF, Itiner y Railneos. Estas herramientas permiten al usuario determinar el consumo de energía por tren y por subestacion, así como las corrientes y consumos de energía en cada nivel de la red.

#### 8.2.3.1. ITINER

El grupo CAF ha desarrollado la herramienta de simulación ITINER, que permite al usuario generar modelos y realizar simulaciones para obtener el consumo del vehículo de manera precisa y con estrategias de conducción optimizadas en términos de energía, cumpliendo con los objetivos de tiempo generalmente establecidos por el operador en una infraestructura determinada. Este simulador solo simula un tren individual, del cual se obtienen los datos necesarios para ingresarlos en el simulador descrito más adelante, que se utiliza para el dimensionamiento de toda la red eléctrica necesaria para el correcto funcionamiento de las instalaciones.

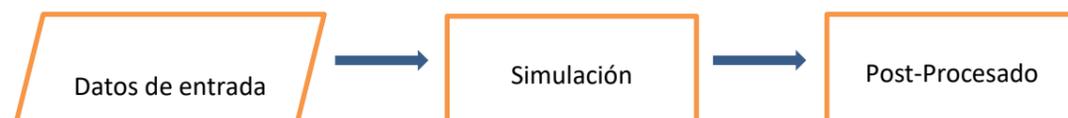
Las principales funcionalidades del software son:

- ❖ Estimación del tiempo mínimo de recorrido de un vehículo según las características del vehículo (peso, curvas de rendimiento, aceleración, etc.) y las características de la vía (pendientes, curvas, restricciones de velocidad, etc.).
- ❖ Cálculo de perfiles de conducción energéticamente eficientes considerando tanto las características del vehículo y la vía como las condiciones operativas.
- ❖ Dimensionamiento del equipo de tren de potencia.
- ❖ Dimensionamiento de sistemas de almacenamiento de energía a bordo, si es necesario.
- ❖ Cálculos de consumo de energía.
- ❖ Cálculos térmicos de los discos de freno, si es necesario.

Una de las principales ventajas de la herramienta es su flexibilidad y la capacidad de representar una caracterización muy detallada del modelo de eficiencia del tren de potencia. Por ejemplo, las pérdidas del motor eléctrico se representan mediante un mapa de eficiencia dependiente de la velocidad y el par aplicado en cada punto de operación.

La principal característica de ITINER es que se basa en la resolución de ecuaciones analíticas, que determinan el aumento en tiempo y espacio necesario para pasar de una velocidad inicial conocida, "VI", a una velocidad final, "VF". El cálculo se realiza aplicando la máxima tracción o esfuerzo de frenado disponible según el rendimiento del vehículo.

Hay tres (3) fases diferentes:



Es la entrada de datos donde se asignan los diferentes datos de entrada a las variables. Las principales variables a determinar son las siguientes, algunas de las cuales dependen del punto kilométrico (PK) de la ruta:

- ❖ Características del vehículo.
- ❖ Características de la ruta.
- ❖ Modo de conducción definido por el usuario.

Así, la entrada de todos estos datos se distribuye en tres (3) archivos. El principal será el archivo "Simulación", donde se determinará el escenario a analizar y el alcance de los cálculos de la simulación. El archivo "Ruta" contiene información sobre los diferentes puntos kilométricos: el perfil vertical y horizontal, las estaciones en la ruta, los límites de velocidad, la velocidad máxima de frenado, la limitación de rendimiento, las derivas introducidas, el modo de conducción y el consumo auxiliar. Finalmente, está el archivo "Vehículo", donde se determinan las características generales del vehículo.

Los datos principales que más afectan el consumo y los tiempos del tren, y que se utilizan al realizar una simulación son los siguientes:

- ❖ Masa del tren.
- ❖ Masas rotativas debido a las inercias de rotación de los bogies.
- ❖ Longitud del tren.

- ❖ Radio de la rueda.
- ❖ Aceleración no compensada.
- ❖ Ancho de vía.
- ❖ Jerk máximo.
- ❖ Arquitectura de tracción de la Unidad.
- ❖ Receptividad de la catenaria (en caso de que sea receptiva).
- ❖ Voltaje de catenaria en tracción.
- ❖ Voltaje de catenaria en el freno.
- ❖ Resistencia al avance.

Basado en la fórmula:

$$R_{avance} [kN] = W * (a + b * v + c * v^2) + (A + B * v + C * v^2)$$

Donde:

- ❖ **W** es la masa del tren en toneladas (Tn).
- ❖ **V** es la velocidad instantánea del tren en km/h.

Y los coeficientes son:

- ❖ **a** kN/TnkN/TnkN/Tn
- ❖ **b** kN/(Tn\*km/h)kN/(Tn\*km/h)kN/(Tn\*km/h)
- ❖ **c** [kN/(Tn\*km/h)2^22]
- ❖ **A** kN
- ❖ **B** kN/(km/h)
- ❖ **C** [kN/(km/h)2]

Los siguientes modos de conducción están disponibles:

- **All Out:** Se aplica el máximo esfuerzo de tracción y frenado para cumplir con las restricciones de velocidad.
- **Coasting:** El tren aprovecha las pendientes negativas del terreno para acelerar y las pendientes positivas para desacelerar.

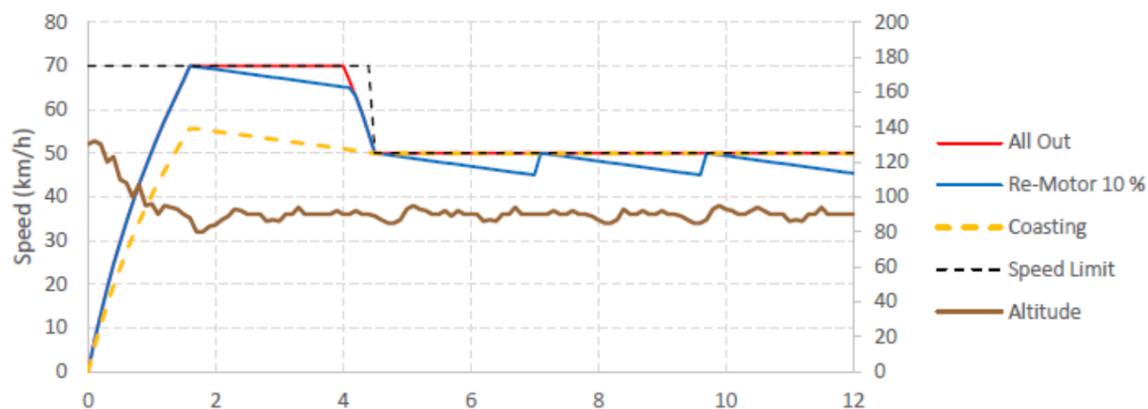


Figura 4. Esquema de sistema de detección.

Una vez que se han insertado todos los datos, se lleva a cabo el proceso de simulación y post-procesamiento.

**Procesado**

Esta es la fase en la que se calcula el perfil de velocidad a lo largo del trayecto especificado en Matlab. Se pueden modificar diferentes variables para ajustar el perfil de velocidad. Entre estas variables a determinar se encuentran las derivas o re-motores (usando el porcentaje de histéresis), el modo de conducción, la velocidad máxima de frenado o la tracción, el freno eléctrico y el rendimiento total del frenado. ITINER, a su vez, permite el ajuste automático de los tiempos, modificando los límites de cada inter-estación hasta obtener, si es posible, un perfil de velocidad que cumpla con el tiempo establecido.

**Post-procesado**

Después de obtener el perfil de velocidad, el post-procesamiento consiste en dos partes, ambas opcionales:

1. Representación de los resultados en función de un intervalo definido de tiempo o velocidad.
2. Cálculo del consumo y las pérdidas a lo largo de la cadena de tracción.

**8.2.3.2. RAILNEOS**

El correcto diseño y dimensionado de la red de tracción ha tenido un impacto significativo en el coste global del sistema, pero también en la operación y mantenimiento del mismo. Por ello, el Grupo CAF ha concebido y desarrollado una herramienta de simulación de infraestructuras denominada RAILNEOS destinada al diseño y planificación de la red de tracción.

Las principales funcionalidades del software son:

- ❖ Dimensionado de la red de tracción.
- ❖ Optimización energética de la red existente.
- ❖ Estimación del consumo energético.

La herramienta permite analizar y comparar fácilmente diferentes topologías (como en el caso de las OHW diferentes disposiciones) para seleccionar la más conveniente.

La herramienta emplea un modelo preciso del sistema, permitiendo incluir, a saber:

- ❖ Subestaciones de tracción y subestaciones reversible
- ❖ Acumulación de energía en las subestaciones de tracción.
- ❖ Configuraciones PI y T de las subestaciones de tracción.
- ❖ Secciones OCS sin OLE (Overhead Line Equipment).
- ❖ Configuraciones en Y, Circular y de vía única.
- ❖ Puntos de recarga de vehículos.
- ❖ Diferentes modelos de vehículos en la misma red.
- ❖ Acumulación de energía a bordo.
- ❖ Circuito de retorno aislado y puesto a tierra.
- ❖ Alimentación de energía de alta tensión.

**8.2.3.2.1. MOTOR DE CÁLCULO**

El software utiliza un motor de cálculo de potencia versátil y robusto, que permite considerar componentes no lineales como subestaciones de tracción no reversibles y controles de trenes, lo que permite incorporar protecciones contra sobrecorriente y sobretensión. Cuando la tensión de línea está en el extremo inferior del rango de operación, la potencia demandada por el tren se limita para garantizar que la tensión no caiga por debajo del límite requerido, y cuando la tensión de línea alcanza el extremo superior, la energía adicional se quema en las resistencias de frenado.

El sistema se basa en un circuito de red de CC y modela la red de distribución de CA con un nodo de holgura equivalente de CC de Thevenin, al que están conectadas todas las subestaciones. La Figura 5 muestra el modelo de CC equivalente de una subestación.



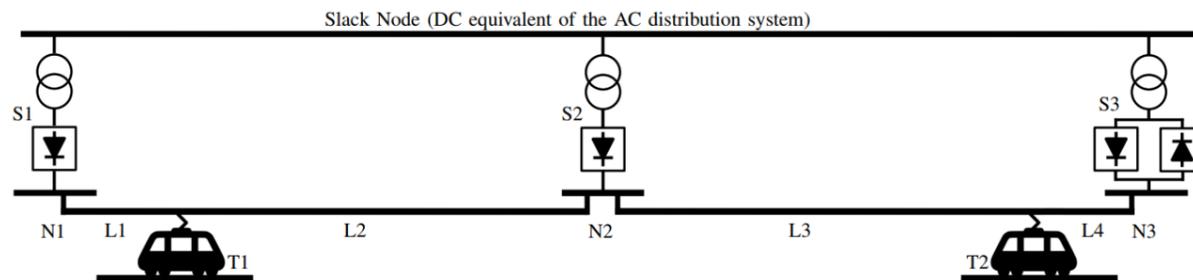


Figura 5. Esquema de sistema de detección.

El motor de cálculo utiliza un modelo agregado para la catenaria y el conductor de retorno. El modelo de línea simplificado utiliza una resistencia equivalente de los alimentadores positivo y negativo. En el posprocesamiento, la tensión de tierra se estima utilizando la corriente de inyección y la matriz de conductancia de la red de tierra basada en el modelo real. La longitud del negativo (retorno) se divide en pequeñas partes definidas por un parámetro de distancia a tierra.

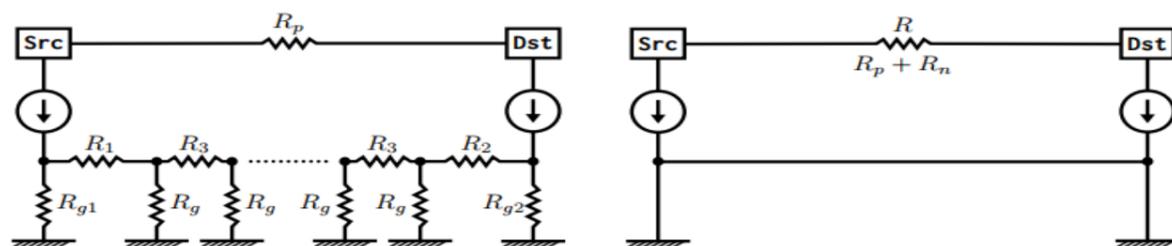


Figura 6. Esquema de sistema de detección.

### 8.2.3.2.2. MODELO DE SIMULACIÓN

La simulación considera los siguientes parámetros para modelar la red de tracción:

- ❖ Parámetros eléctricos de la subestación eléctrica, incluyendo resistencia equivalente y capacidad de reversibilidad.
- ❖ Configuración de la red, incluyendo distancias y resistencia lineal de los circuitos positivo y negativo.
- ❖ Rutas y horarios de los trenes, incluyendo número de trenes por ruta, modelo y frecuencia.
- ❖ Parámetros de los trenes, incluyendo protecciones de los trenes y perfil de potencia para cada ruta y cada modelo.

### 8.2.3.2.3. RESULTADOS DE SIMULACIÓN

La simulación produce un conjunto de resultados que se utilizan para validar la arquitectura de la red de tracción, incluyendo:

Perfil de potencia y corriente en cada subestación eléctrica.

- ❖ Consumo de energía en cada subestación.
- ❖ Tensión de carril y de hilo de contacto.
- ❖ Perfil de corriente en los puntos de inyección.
- ❖ Balance energético de la red de tracción.
- ❖ Coeficiente de receptividad de línea para el frenado regenerativo.
- ❖ Diagrama de funcionamiento del tren

### 8.2.4. PARAMETROS DEL MATERIAL RODANTE

#### 8.2.4.1. DATOS DEL VEHÍCULO

Los datos asociados a los vehículos se han obtenido directamente del área de vehículos de CAF, obteniendo los datos más precisos. En la siguiente tabla se incluyen los datos más característicos del material rodante.

Masa (Tn)	75.615
Masas Rotativas (Tn)	5.156
Longitud (m)	44.211
Velocidad Máxima (km/h)	80
Diametro de Rueda (mm)	550
Aceleración no compensada (m/s <sup>2</sup> )	0.68
Ancho de vía (mm)	1435
Jerk (m/s <sup>3</sup> )	1.2
Receptividad de la Catenaria (%)	100
Tension de Tracción (V)	750
Tensión de Frenado (V)	900

Tabla 3. Datos vehículo

Los datos de las prestaciones de la cadena de tracción igualmente se han obtenido del departamento de vehículos de CAF y a continuación se muestran gráficamente los datos de tracción y frenado:

8.2.4.2. PRESTACIONES DE TRACCIÓN Y FRENO

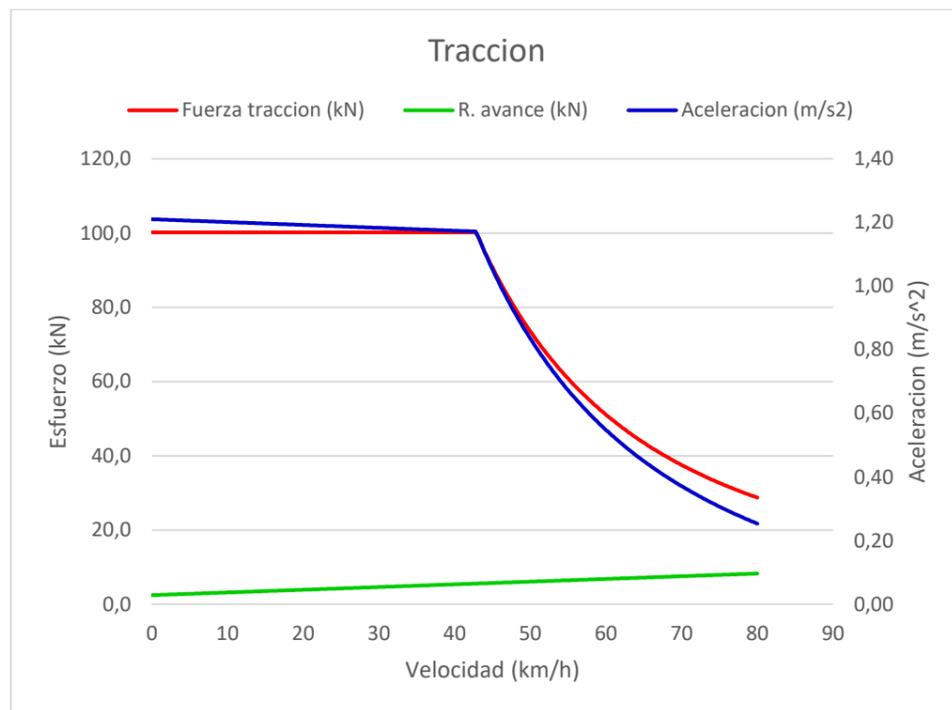


Figura 7. Prestaciones de Tracción

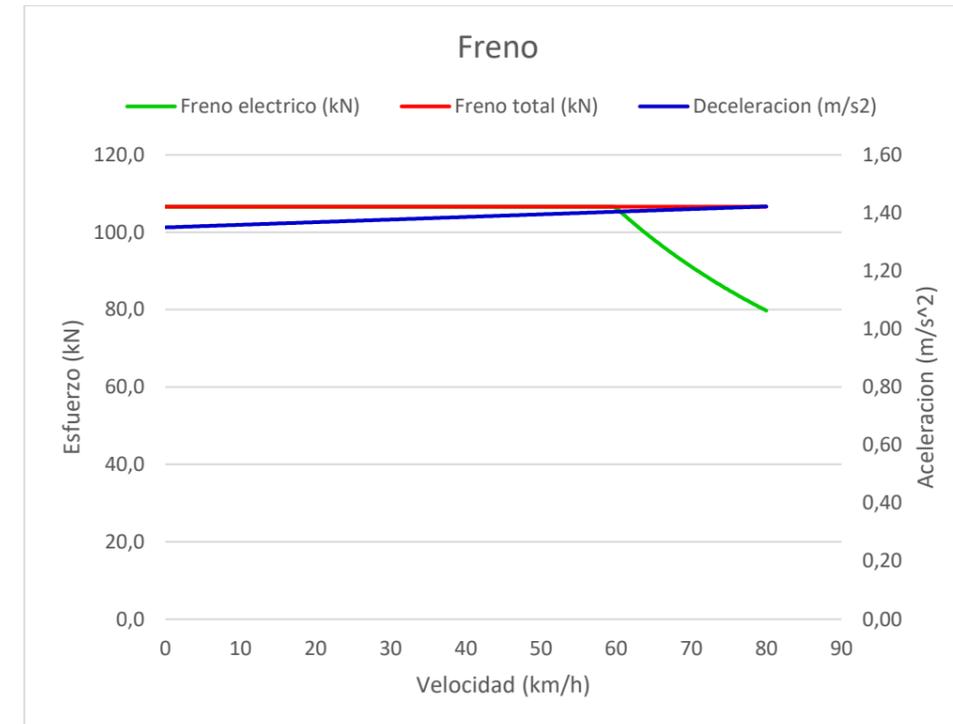


Figura 8. Prestaciones de Frenado

8.2.5. PARAMETROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Un diseño óptimo en cuanto a la aparamenta eléctrica es fundamental para el correcto funcionamiento de todo el sistema eléctrico. A continuación, se describen los equipos principales que componen todo el sistema destacando entre ellos las subestaciones con sus grupos rectificadores, la catenaria, las inyecciones de corriente desde la subestación...

8.2.5.1. SUBESTACIONES DE TRACCIÓN

Las subestaciones de tracción son las encargadas de suministrar toda la potencia necesaria a los vehículos para que circulen sin ningún tipo de falla a lo largo de los diferentes recorridos de la red. Por un lado, existen 5 subestaciones en funcionamiento hoy en día, y como objeto de estudio de este documento se añadirán otras 2 (S.E Zabalzana y S.E. Bustinzuri) ambas de las mismas características para poder suministrar energía al nuevo ramal de Zabalzana.

Subestación	Codificación	Número de Grupos	Potencia por grupo (kW)	Potencia total (kW)
S.E. Abetxuko (Zadorra)	TPS01	2	900	1800
S.E. Lakua	TPS02	2	900	1800

Subestación	Codificación	Número de Grupos	Potencia por grupo (kW)	Potencia total (kW)
S.E. América Latina	TPS03	3	900	2700
S.E. Angulema	TPS04	2	900	1800
S.E. Salburua	TPS05	2	900	1800
S.E. Zabalzana	TPS06	2	900	1800
S.E. Bustinzuri	TPS07	2	900	1800

Tabla 4. Datos de potencia subestaciones

#### GRUPOS RECTIFICADORES

La Unidad Rectificadora (Transformador + Rectificador) cumplirá plenamente con las normas de referencia: IEC 60146-1-1 (clase VI), IEC 60747, EN 50328.

En el estudio se evaluarán las demandas de cada subestación y de la red para abastecerlas para el escenario Normal y todas las Subestaciones N-1.

La evaluación de la demanda del rectificador se proporciona en la evaluación de calificación del sistema de tracción de acuerdo con BS EN 50328:2003. Los rectificadores están clasificados como de Clase VI para sistemas de tren ligero con unas sobrecargas permitidas de:

- a) Carga continua de 1,0 pu
- b) 1,5 pu 2 horas de carga después de (a)
- c) 3,0 pu 1 min de carga después de (a)

El resumen de los parámetros eléctricos referidos a la subestación se muestra en la siguiente tabla:

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Tensión Nominal Rectificador	$V_n$	V	750
Tensión Vacío Rectificador	$V_0$	V	820
Corriente Nominal Rectificador	$I_n$	A	1333.33
Potencia del Transformador	S	kVA	1000

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Impedancia de Línea	$R_{line}$	mΩ	1
Resistencia equivalente	$R_{eq}$	mΩ	58

Tabla 5. Parámetros eléctricos de subestación

#### 8.2.5.2. CATENARIA

Todos los datos técnicos relacionados con la catenaria se referencian en el apartado “8.1 Catenaria” de este documento.

Añadir que para la simulación se ha considerado un desgaste del Hilo de contacto del 30%, lo aumenta su resistividad.

#### 8.2.5.3. FEEDERS

La alimentación eléctrica desde las subestaciones de tracción a la catenaria se realiza a través de los feeders de inyección, los cuales se componen de cables de Aluminio. Para calcular la resistividad de los feeders se a considerado una temperatura de 80 °C.

No existen a lo largo de la traza feeders de acompañamiento, solamente son feeders de alimentación a catenaria directamente. Los puntos de inyección desde cada subestación son los siguientes:

Subestación	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
Abetxuko	1	Abetxuko	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	2+858
	2	Abetxuko	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	2+858
	1	Abetxuko	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	1+448
	2	Abetxuko	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	1+448
	1	Abetxuko	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	1+375
	2	Abetxuko	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	1+375
	1	Común	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	0+819
	2	Común	1 x 240 mm <sup>2</sup> Al	0+819

Tabla 6. Feeders de acompañamiento Abetxuko

Subestación	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
Lakua	1	Lakua	2 x 240 mm2 Al	2+305
	2	Lakua	2 x 240 mm2 Al	2+305
	1	Lakua	1 x 240 mm2 Al	1+632
	2	Lakua	1 x 240 mm2 Al	1+632

Tabla 7. Feeders de acompañamiento Lakua

	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
América Latina	1	Lakua	1 x 240 mm2 Al	1+460
	2	Lakua	1 x 240 mm2 Al	1+460
	1	Lakua	2 x 240 mm2 Al	0+354
	2	Lakua	2 x 240 mm2 Al	0+354
	1	Abetxuko	1 x 240 mm2 Al	0+784
	2	Abetxuko	1 x 240 mm2 Al	0+784
	1	Abetxuko	2 x 240 mm2 Al	0+064
	2	Abetxuko	2 x 240 mm2 Al	0+064
	1	Común	1 x 240 mm2 Al	1+167
	2	Común	1 x 240 mm2 Al	1+167
	1	Común	2 x 240 mm2 Al	0+068
	2	Común	2 x 240 mm2 Al	0+068

Tabla 8. Feeders de acompañamiento América Latina

Subestación	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
Angulema	1	Común	1 x 240 mm2 Al	1+258
	2	Común	1 x 240 mm2 Al	1+258

Subestación	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
	1	Común	2 x 240 mm2 Al	2+304
	2	Común	2 x 240 mm2 Al	2+304
	1	Común	2 x 240 mm2 Al	2+429
	2	Común	2 x 240 mm2 Al	2+429
	1	Unibertsitatea	2 x 240 mm2 Al	1+338
	2	Unibertsitatea	2 x 240 mm2 Al	1+362
	1	Unibertsitatea	2 x 240 mm2 Al	1+849
	2	Unibertsitatea	2 x 240 mm2 Al	1+849
	1	Unibertsitatea	4 x 240 mm2 Al	2+315
	2	Unibertsitatea	4 x 240 mm2 Al	2+315
	1	Salburua	1 x 240 mm2 Al	0+728
	2	Salburua	1 x 240 mm2 Al	0+728

Tabla 9. Feeders de acompañamiento Angulema

Subestación	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
Salburua	1	Salburua	1 x 240 mm2	0+930
	2	Salburua	1 x 240 mm2	0+930
	1	Salburua	2 x 240 mm2	2+181
	2	Salburua	2 x 240 mm2	2+181
	1	Salburua	2 x 240 mm2	2+357
	2	Salburua	2 x 240 mm2	2+357

Tabla 10. Feeders de acompañamiento Salburua

Subestación	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
Zabalgana	1	Mariturri	2 x 240 mm2	4+505

	2	Mariturri	2 x 240 mm <sup>2</sup>	4+505
	1	Mariturri	2 x 240 mm <sup>2</sup>	3+75
	2	Mariturri	2 x 240 mm <sup>2</sup>	3+75
	1	Zabalgana común	2 x 240 mm <sup>2</sup>	2+352
	2	Zabalgana común	2 x 240 mm <sup>2</sup>	2+352

Tabla 11. Feeders de acompañamiento Zabalgana

Subestación	Vía	Ramal	Numero de cables y sección	Punto de alimentación (Punto kilométrico)
Bustinzuri	1	Zabalgana común	2 x 240 mm <sup>2</sup>	0+605
	2	Zabalgana común	2 x 240 mm <sup>2</sup>	0+605
	1	Zabalgana común	2 x 240 mm <sup>2</sup>	2+211
	2	Zabalgana común	2 x 240 mm <sup>2</sup>	2+211
	1	Aldaia	2 x 240 mm <sup>2</sup>	2+620
	2	Aldaia	2 x 240 mm <sup>2</sup>	2+620
	1	Aldaia	2 x 240 mm <sup>2</sup>	3+350
	2	Aldaia	2 x 240 mm <sup>2</sup>	3+350

Tabla 12. Feeders de acompañamiento Bustinzuri

#### 8.2.5.4. RETORNO

En la mayoría de los sistemas de tranvías, los rieles metálicos en los que se desplaza el vehículo se utilizan como conductores de retorno. La electricidad que ha pasado por los sistemas del tranvía regresa a la subestación a través de estos rieles.

En el caso de la red a estudio, los rieles de ambas vías están conectados a lo largo de toda la línea, y desde estos rieles a través de unos feeder de retorno de 4x240 mm<sup>2</sup> Al, se conecta a cada subestación para completar el circuito eléctrico.

#### 8.2.6. CONDICIONES DE SIMULACIÓN

Para un correcto dimensionado de la infraestructura eléctrica se ha tomado como base un caso muy desfavorable para todo el sistema eléctrico. Con ello se puede asegurar que en el momento de máxima demanda energética el Sistema es más que capaz de soportar dicha demanda y cumplir con todos los estándares de seguridad. Además, como se puede observar en el apartado 8.2.9 “Escenarios de simulación” se han tenido en cuenta escenarios donde las subestaciones no funcionan con todos los grupos rectificadores.

- ❖ Modo de conducción: All-Out lo que significa que tanto las prestaciones de tracción (aceleración) como de frenada (desaceleración) están a máxima capacidad.
- ❖ Peso: EL4 Todas las plazas ocupadas + 4 pax/m<sup>2</sup>.
- ❖ Carga Auxiliar: 89 kW. Todos los equipos del vehículo encendidos.
- ❖ Tiempo de permanencia en paradas 20 segundos.
- ❖ Desgaste OCS 30% y desgaste carril 15%
- ❖ Unidades de 7 coches

#### 8.2.7. CONDICIONES DE OPERACIÓN

En cuanto a la operación, se ha realizado considerando los recorridos existentes como el nuevo ramal de Zabalgana, el cual se subdivide en 2 ramales, por un lado, con terminación en Aldaia y por otro lado con terminación en Mariturri. Para ello y en base a los tiempos en AllOut de todas las líneas y sentidos se realizarán las simulaciones en las cuales los trenes comenzarán el recorrido en sus respectivas cabeceras y saldrán con unas frecuencias de 15 minutos (Operativa 1) y de 12 minutos (Operativa 2). A su vez, en la zona común de tanto el ramal de Zabalgana como de los recorridos existentes, se ajustará la operativa para que los vehículos mantengan una frecuencia entre recorridos de 7.5 minutos (Operativa 1) y 6 minutos (Operativa 2).

Aunque la operación de las nuevas líneas se estima que sea con una frecuencia máxima de 15 minutos, se han realizado las simulaciones también para la frecuencia de 12 minutos para comprobar si el diseño de la infraestructura eléctrica tiene capacidad suficiente por si en futuro se replanteasen las condiciones de explotación.

A continuación, se muestra un gráfico resumen de todas las frecuencias analizadas:

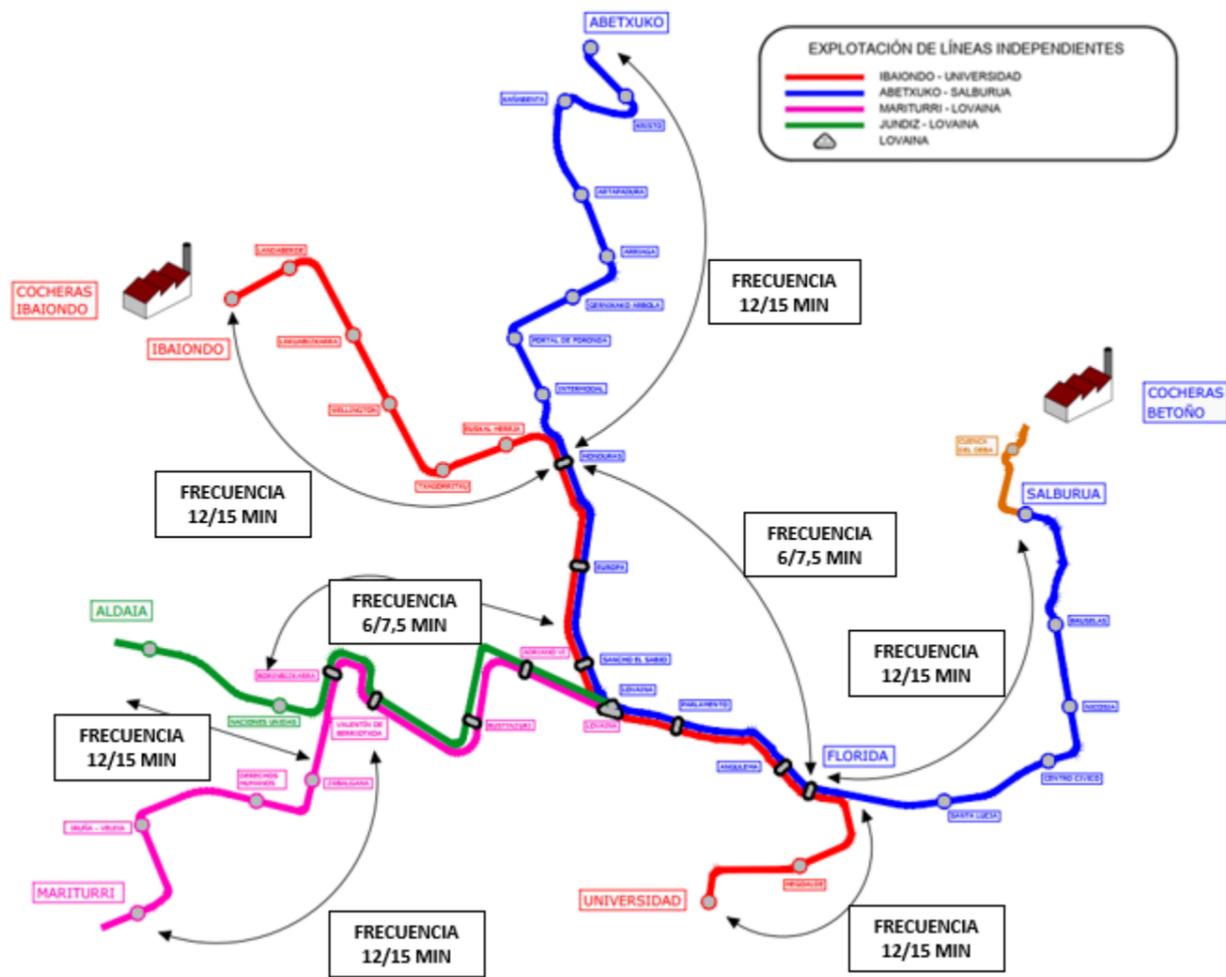


Figura 9. Esquema de sistema de detección.

**8.2.8. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN**

Para certificar que el dimensionamiento de la red completa (incluyendo las nuevas subestaciones propuestas) es correcto, además de confirmar que existe la redundancia eléctrica en caso de falla en alguna subestación se van a realizar 4 simulaciones diferentes.

- ❖ Nominal: Esta simulación se basa en un escenario donde todas las subestaciones tienen en funcionamiento la totalidad de los grupos rectificadores.
- ❖ Caso1: En este caso las subestaciones de Lakua, Angulema y Zabalzana están trabajando solamente con un grupo rectificador, mientras las subestaciones de Abetxuko, América Latina, Salburua y Bustinzuri trabajarían con todos los grupos funcionando correctamente en paralelo.

- ❖ Caso 2: En este caso las subestaciones de Abetxuko y Bustinzuri están trabajando solamente con un grupo rectificador, mientras las subestaciones de Lakua, América Latina, Angulema, Salburua y Zabalzana trabajarían con todos los grupos funcionando correctamente en paralelo.
- ❖ Caso 3: En este caso se considera la pérdida de 2 de los 3 grupos rectificadores que componen la subestación de América Latina, la subestación de Salburua trabajaría con un grupo solamente y las subestaciones de Abetxuko, Lakua, Angulema, Zabalzana y Bustinzuri trabajarían con todos los grupos funcionando correctamente en paralelo.

A continuación, se muestra una tabla resumen mostrando la potencia de cada subestación en cada caso.

	Abetxuko	Lakua	América Latina	Angulema	Salburua	Zabalzana	Bustinzuri
NOMINAL	2 x 900 kW	2 x 900 kW	3 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW
CASO 1	2 x 900 kW	1 x 900 kW	3 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW
CASO 2	1 x 900 kW	2 x 900 kW	3 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW
CASO 3	2 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW

Tabla 13. Tabla resumen 15mins\_Nominal

**8.2.9. RESULTADOS**

Los resultados se muestran en modo tabla en la cual se especifican los valores más característicos referidos a todas las subestaciones. Además, se incluyen también los valores de caída de tensión máxima y de tensión de carril máxima para cada uno de los recorridos del nuevo ramal a estudio, incluyendo tanto la desviación hacia Mariturrei como la desviación hacia Aldaia.

En cuanto a los gráficos, se muestran los referidos a las 2 subestaciones nuevas a estudio además de los gráficos referidos a los trenes que fluyen por el nuevo ramal y sus desviaciones.

Mencionar que los resultados de corriente, gráficamente se muestran en modo negativo ya que nuestro simulador está preparado para tener corriente en positivo cuando las subestaciones son reversibles e inyectarían a la red la corriente regenerada. En este caso al ser toda la corriente demandada por los trenes, se muestra en negativo.

8.2.9.1. MALLA DE OPERACIÓN CADA 15 MINUTOS (OPERATIVA 1)

ESCENARIO NOMINAL

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E. Abetxuko	S.E. Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E. Salburua	S.E. Zabalgana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	2 x 900 kW	2 x 900 kW	3 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	1308.57	1388.66	1515.10	1517.71	1365.29	2158.58	1953.93
Potencia media (kW)	154.71	115.10	253.59	248.40	152.72	347.27	264.95
Corriente Máxima (A)	1595.82	1693.49	1847.68	1852.09	1664.99	2632.41	2382.84
Corriente RMS 2h (A)	344.34	318.52	489.72	451.83	347.00	703.65	511.63

Tabla 14. Tabla resumen\_ 15mins\_Nominal

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Mariturri-Lovaina (V)	551.68	Tensión máxima Rail Mariturri-Lovaina (V)	18.40

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Lovaina-Mariturri (V)	559.59	Tensión máxima Rail Lovaina-Mariturri (V)	18.33
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	563.34	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	17.07
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	566.21	Tensión máxima Rail Lovaina-Aldaia (V)	16.38

Tabla 15. Tabla tensiones\_ 15mins\_Nominal

Gráficos Subestación

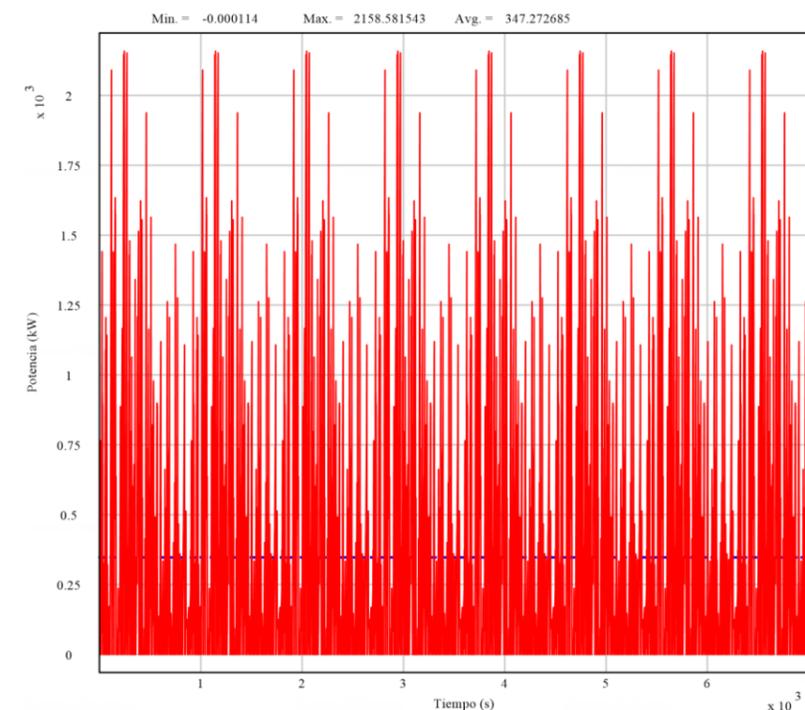


Figura 10. Potencia S.E. Zabalgana\_ 15min\_Nominal

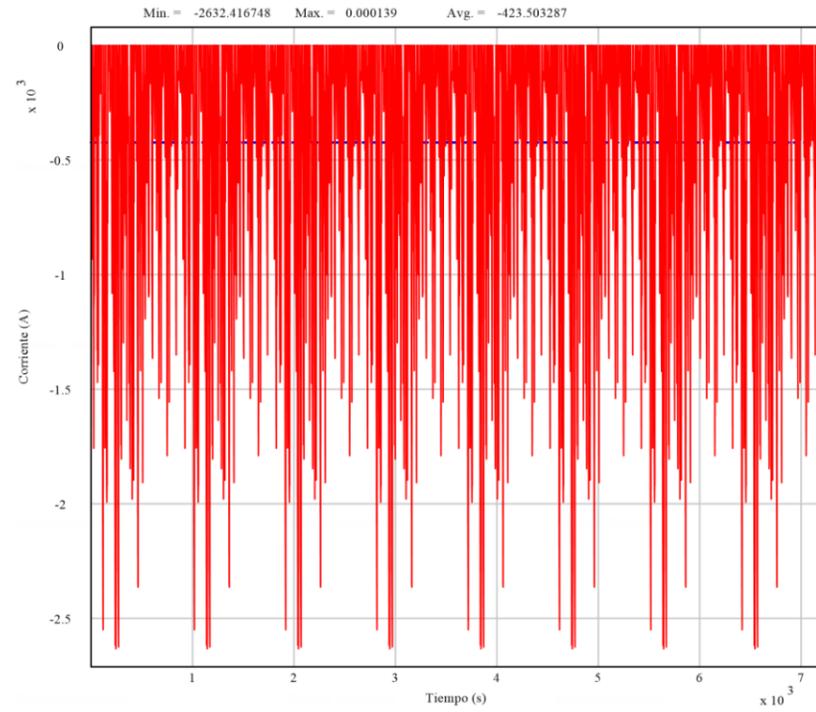


Figura 11. Corriente S.E. Zabalgana\_15min\_Nominal

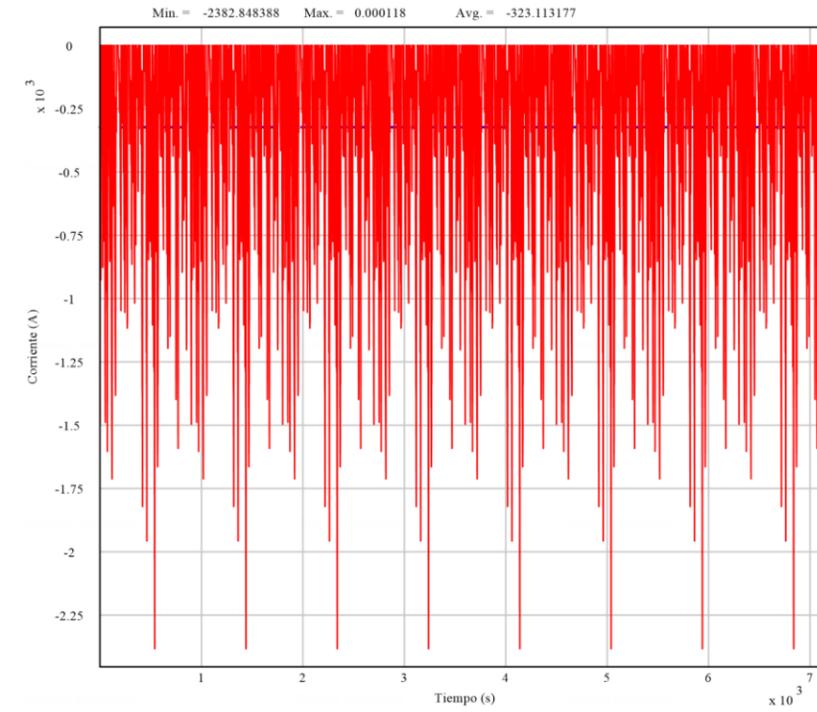


Figura 13. Corriente S.E. Bustinzuri\_15min\_Nominal

Gráficos de Vehículo

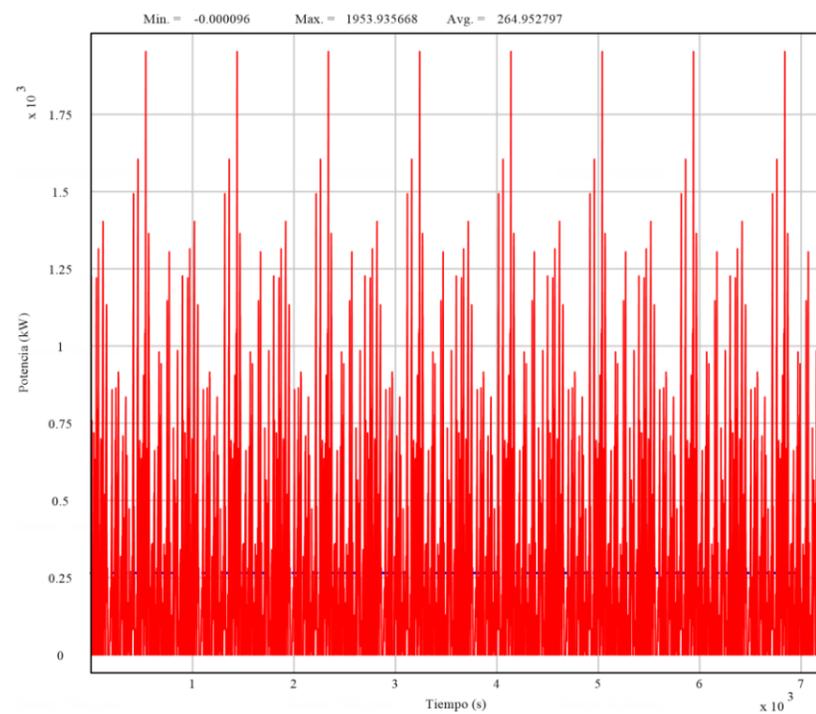


Figura 12. Potencia S.E. Bustinzuri\_15min\_Nominal

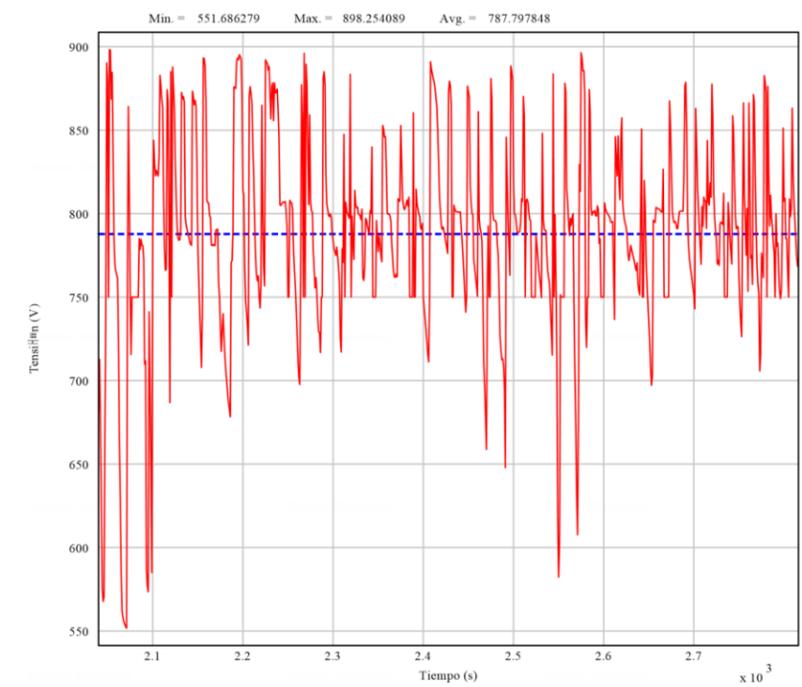


Figura 14. Tensión Pantógrafa Marriturri-Lovaina\_15min\_Nominal

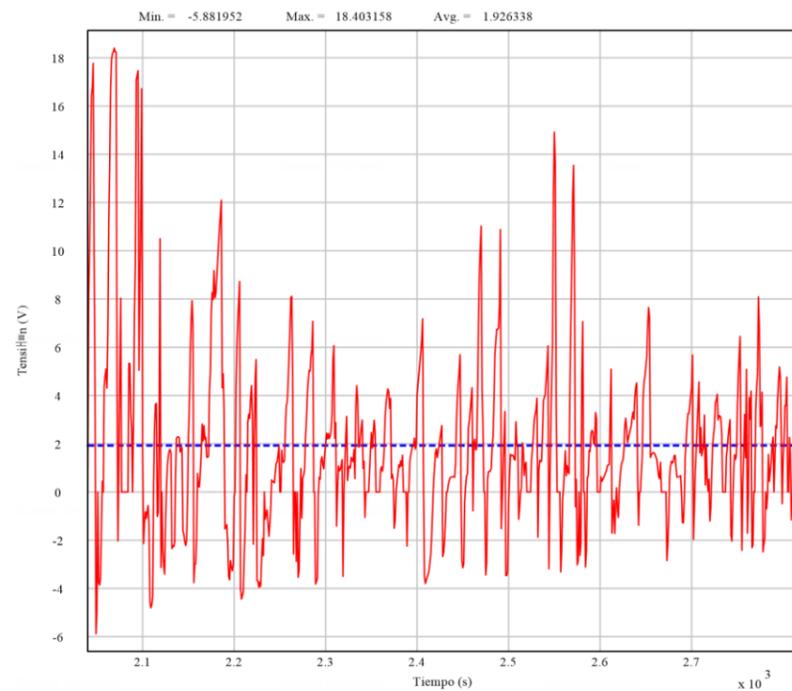


Figura 15. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_15min\_Nominal

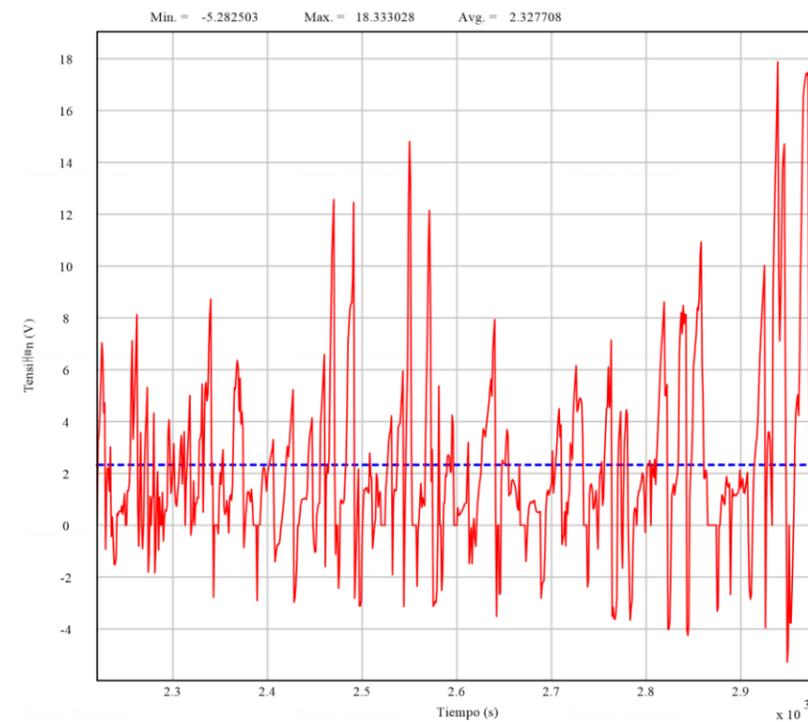


Figura 17. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri\_15min\_Nominal

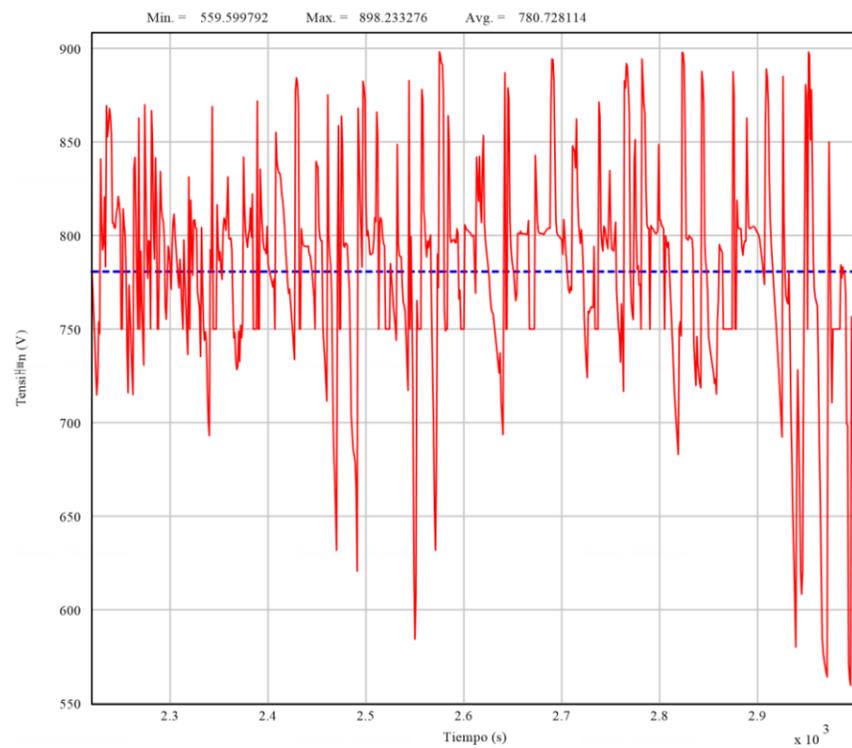


Figura 16. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri\_15min\_Nominal

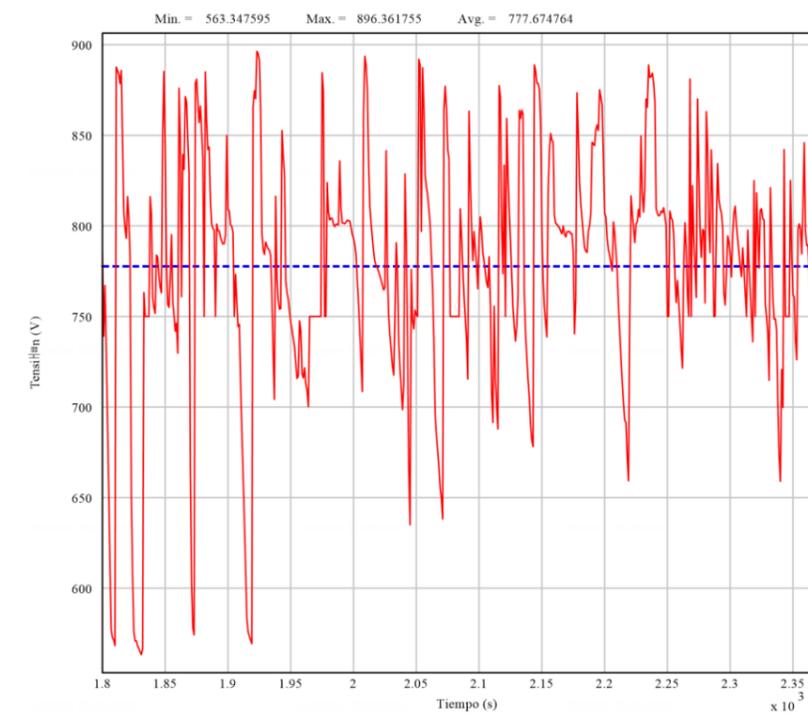


Figura 18. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_15min\_Nominal

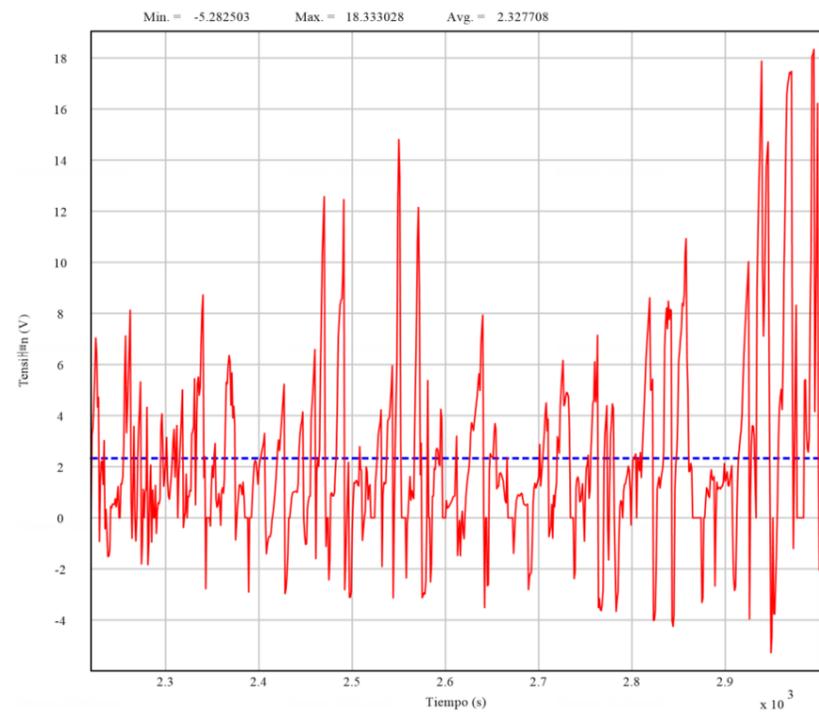


Figura 19. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_15min\_Nominal

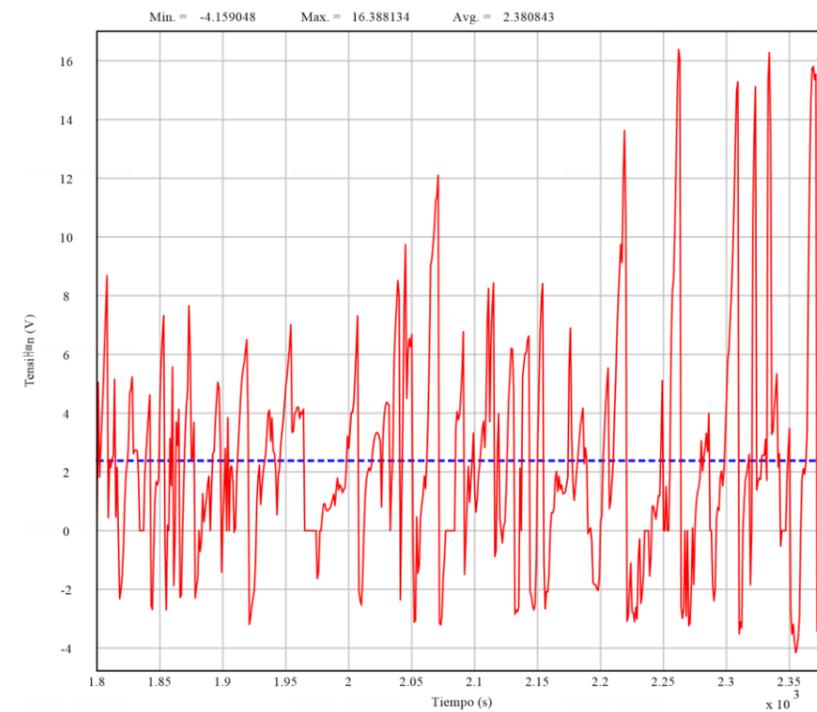


Figura 21. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_15min\_Nominal

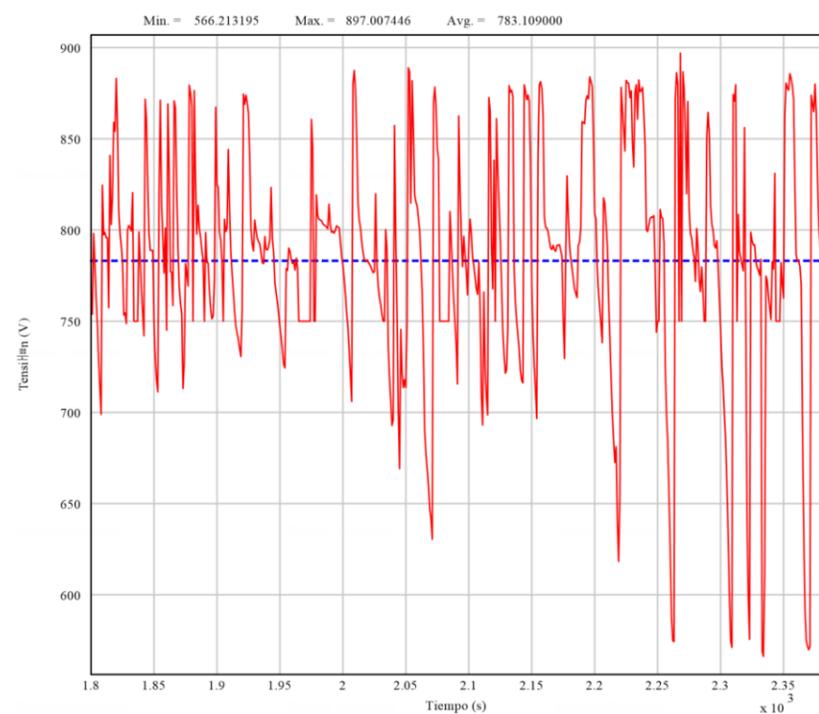


Figura 20. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_15min\_Nominal

MODO DEGRADADO, CASO 1

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E Abetxuko	S.E Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E Salburua	S.E Zabalzana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	2 x 900 kW	1 x 900 kW	3 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	1500.46	1366.41	1492.50	803.85	1391.07	2100.91	2176.26

	S.E. Abetxuko	S.E. Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E. Salburua	S.E. Zabalzana	S.E. Bustinzuri
Potencia media (kW)	153.67	108.30	292.63	183.96	156.60	322.21	290.36
Corriente Máxima (A)	1829.83	1666.35	1820.12	980.31	1696.43	2562.09	2653.97
Corriente RMS 2h (A)	349.99	305.33	539.07	323.31	346.76	638.29	543.25

Tabla 16. Tabla resumen \_ 15mins\_Caso1

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Mariturre-Lovaina (V)	514.96	Tensión máxima Rail Mariturre-Lovaina (V)	21.08
Tensión mínima Lovaina-Mariturre (V)	523.20	Tensión máxima Rail Lovaina-Mariturre (V)	21.00
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	527.60	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	19.31
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	530.83	Tensión máxima Rail Lovaina-Aldaia (V)	18.47

Tabla 17. Tabla tensiones \_ 15mins\_Caso1

Gráficos Subestación

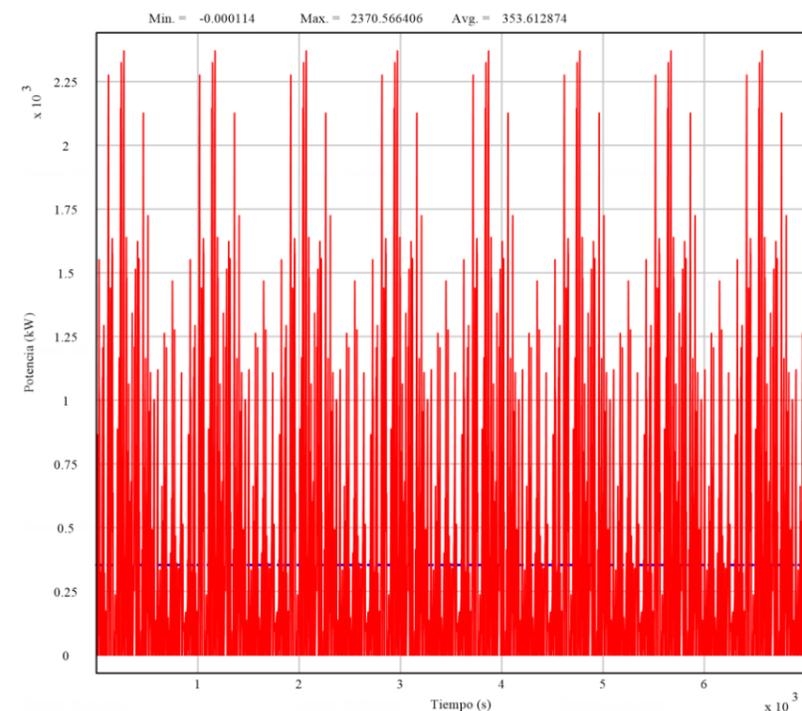


Figura 22. Potencia S.E. Zabalzana\_ 15min\_OPC01

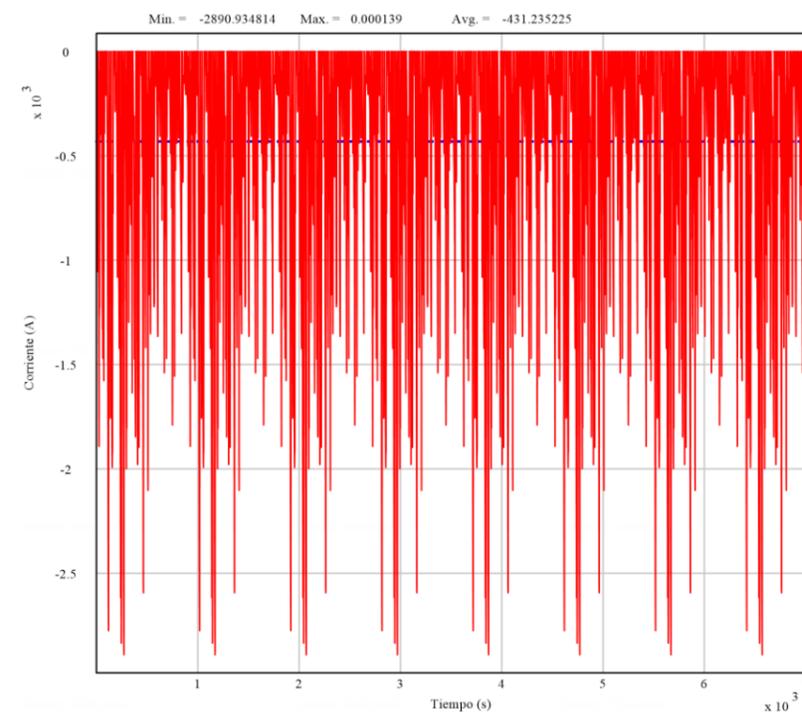


Figura 23. Corriente S.E. Zabalzana\_ 15min\_OPC01

Gráficos de Vehículo

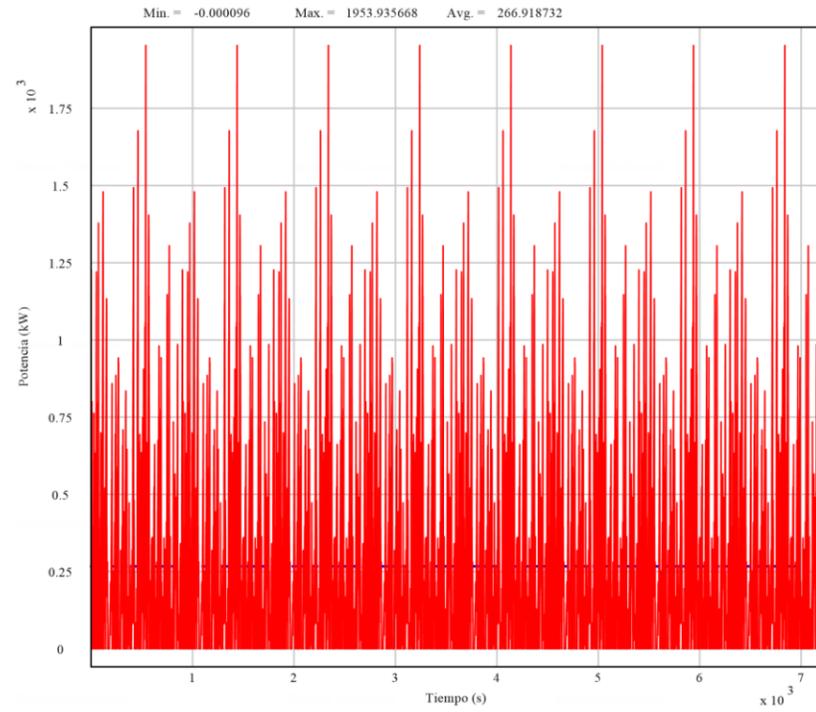


Figura 24. Potencia S.E. Bustinzuri\_15min OPC01

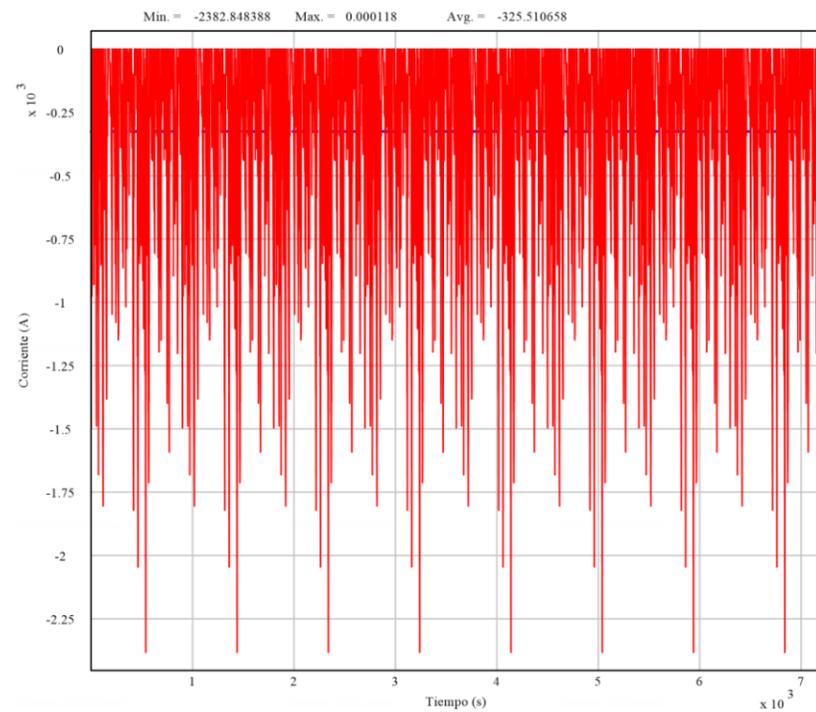


Figura 25. Corriente S.E. Bustinzuri\_15min OPC01

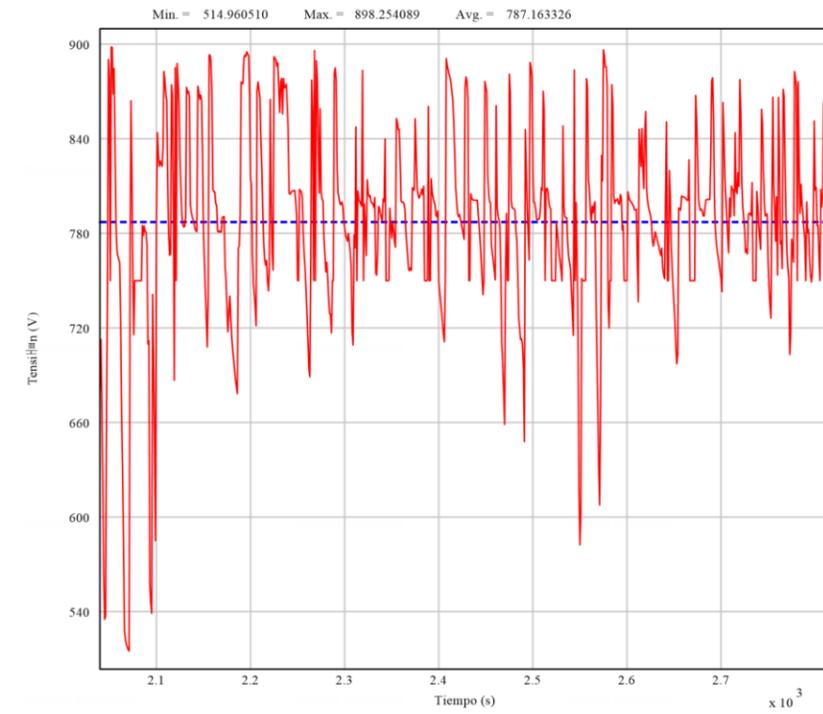


Figura 26. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina\_15min OPC01

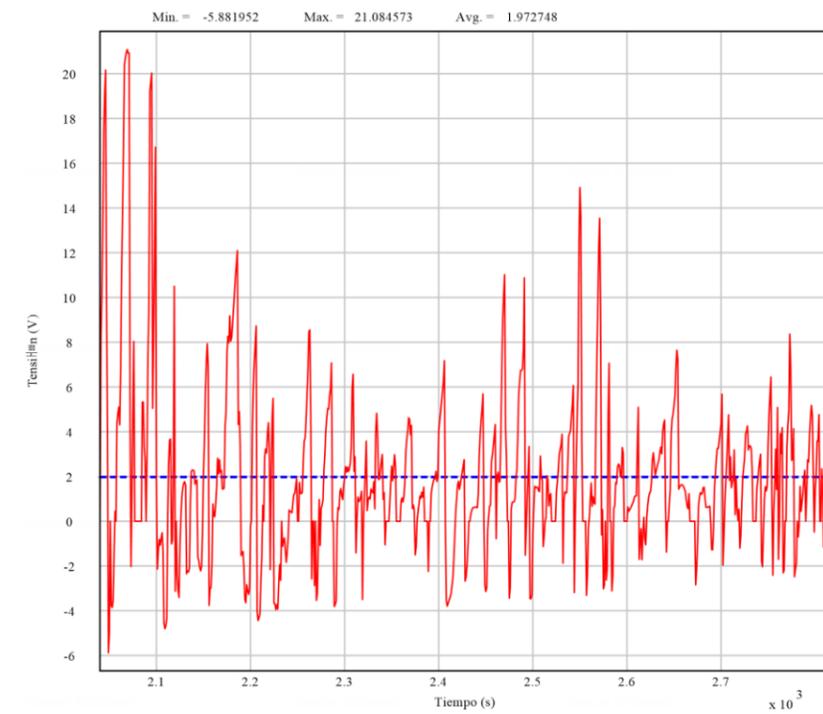


Figura 27. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_15min OPC01

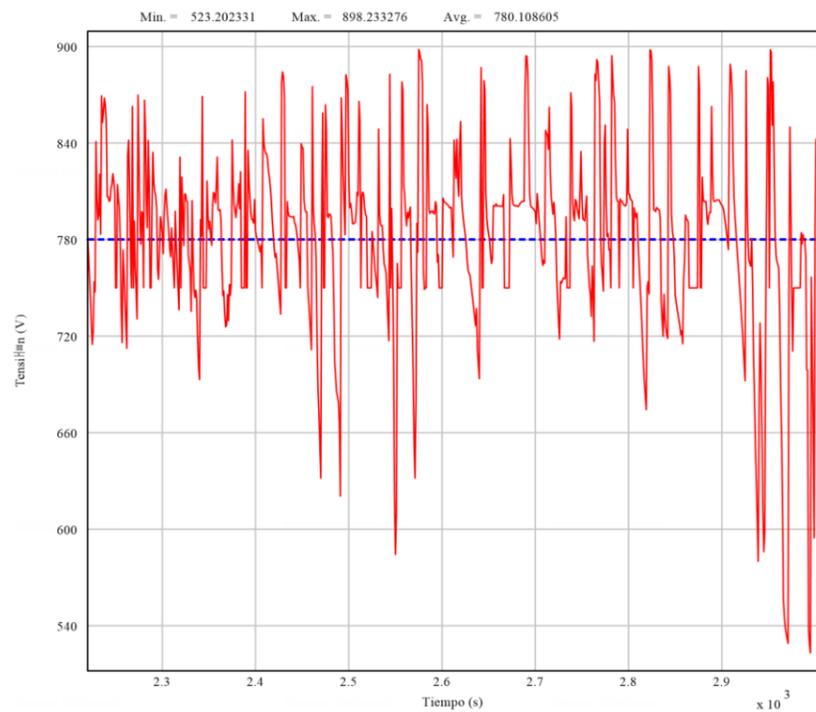


Figura 28. Tensión Pantógrafo Lovaina-Marituri\_15min\_OPC01

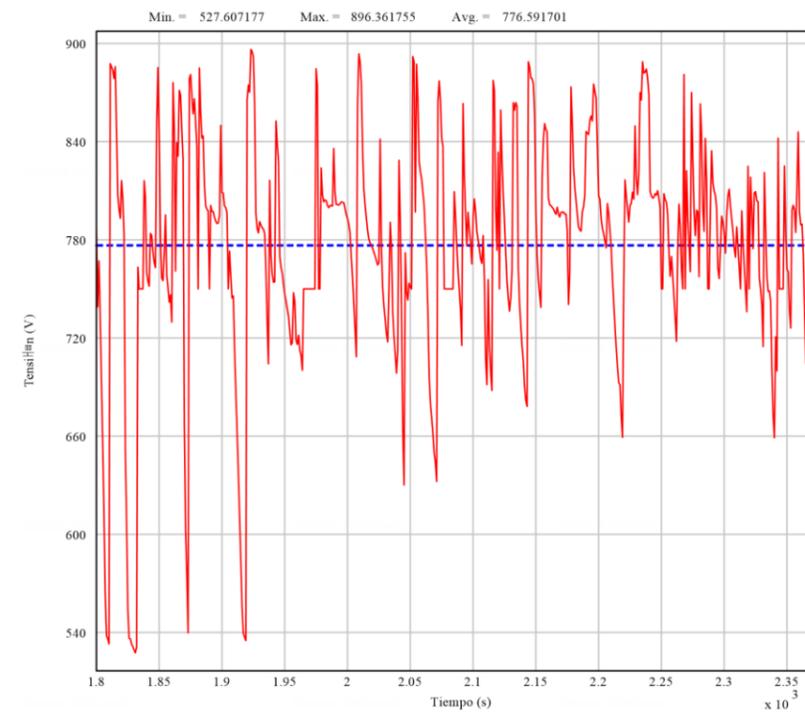


Figura 30. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_15min\_OPC01

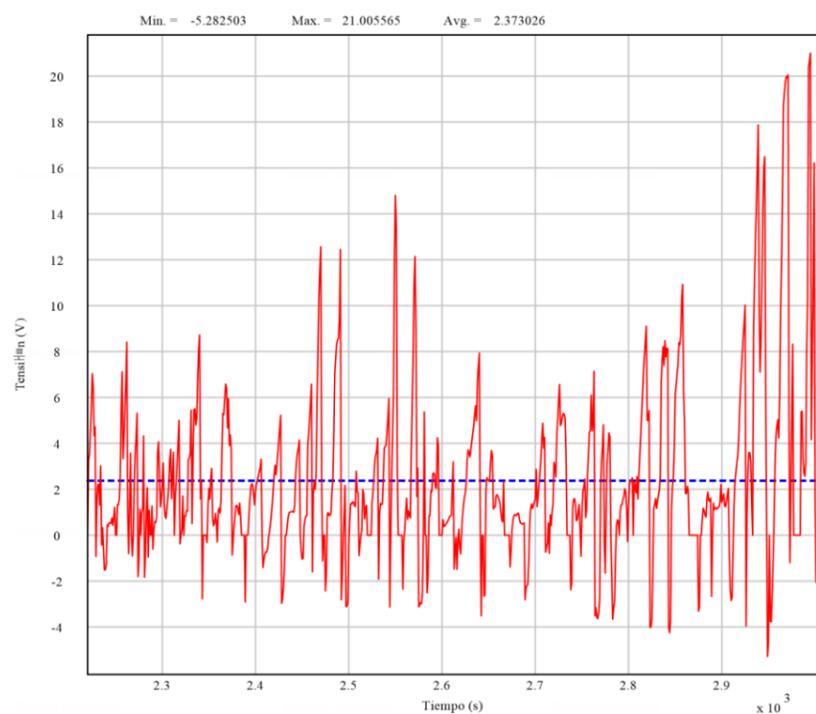


Figura 29. Tensión Rail tierra Lovaina-Marituri\_15min\_OPC01

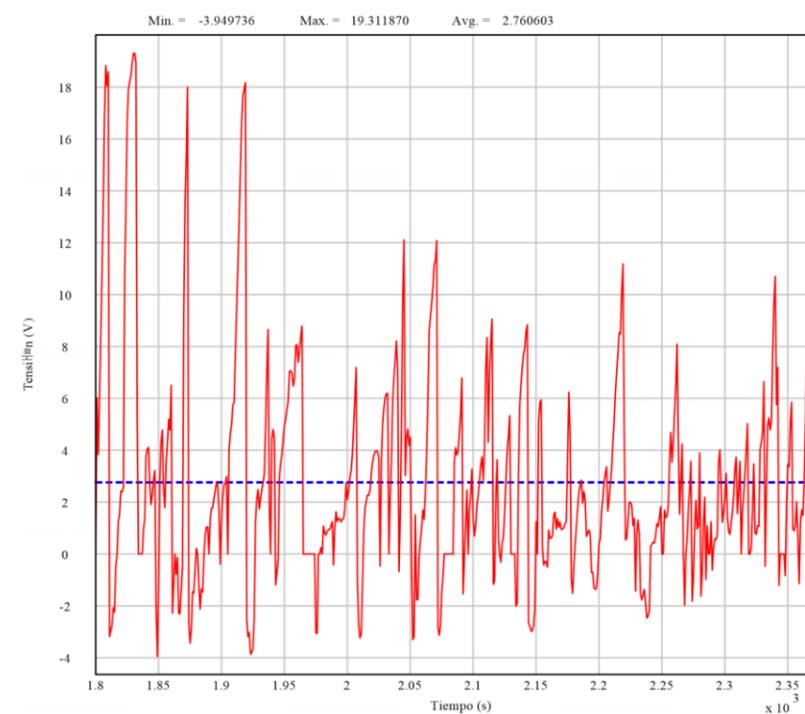


Figura 31. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_15min\_OPC01

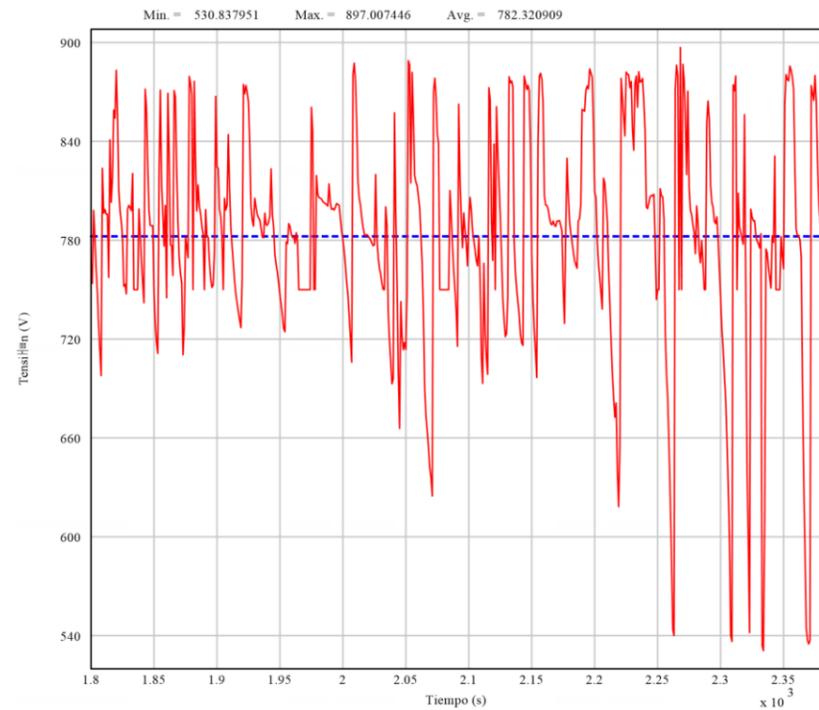


Figura 32. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_ 15min\_ OPC01

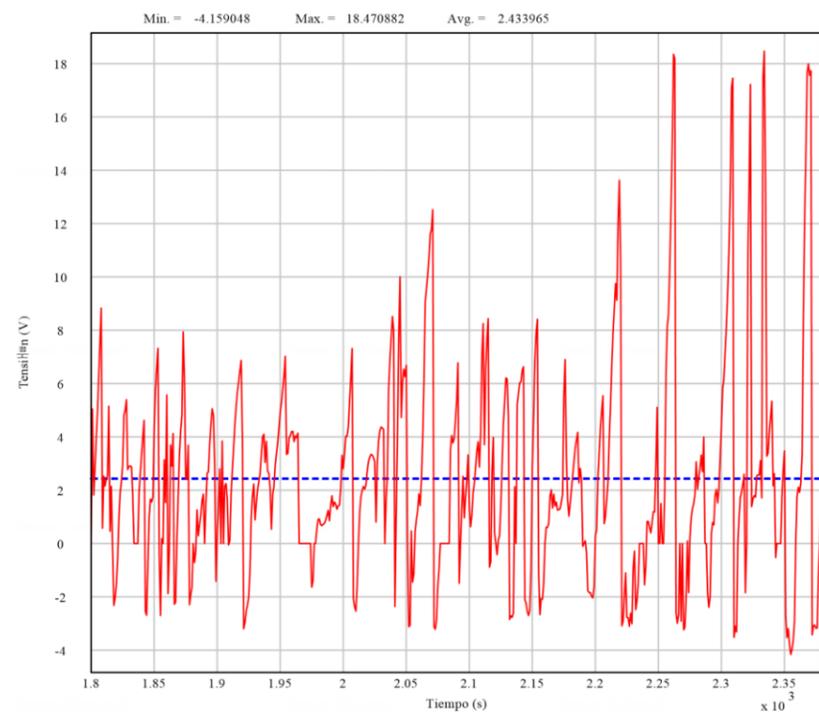


Figura 33. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_ 15min\_ OPC01

MODO DEGRADADO CASO 2

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E Abetxuko	S.E Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E Salburua	S.E Zabalgana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	1 x 900 kW	2 x 900 kW	3 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	1401.81	1388.66	1579.62	1518.71	1365.29	2282.98	1953.93
Potencia media (kW)	154.92	115.18	253.81	249.05	152.99	351.21	266.18
Corriente Máxima (A)	1709.53	1693.49	1926.36	1852.09	1644.99	2784.12	2382.84
Corriente RMS 2h (A)	345.43	318.90	490.23	453.46	347.47	716.22	514.54

Tabla 18. Tabla resumen \_ 15mins\_Caso2

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Mariturri-Lovaina (V)	529.68	Tensión máxima Rail Mariturri-Lovaina (V)	20.00
Tensión mínima Lovaina-Mariturri (V)	537.81	Tensión máxima Rail Lovaina-Mariturri (V)	19.93
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	541.95	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	18.41
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	545.04	Tensión máxima Rail Lovaina-Aldaia (V)	17.66

Tabla 19. Tabla tensiones\_15mins\_Caso2

Gráficos Subestación

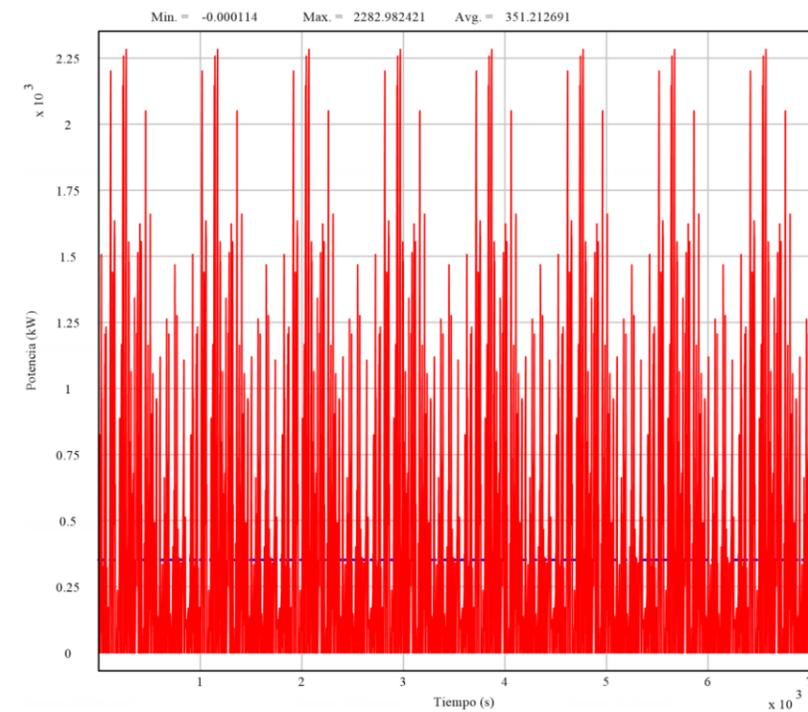


Figura 34. Potencia S.E. Zabalgana\_15min\_OPC02

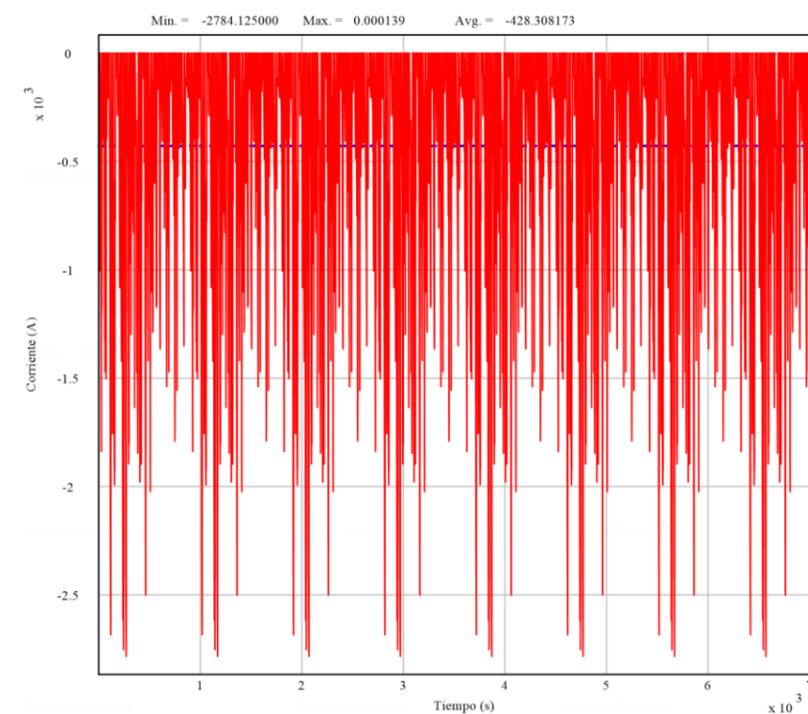


Figura 35. Corriente S.E. Zabalgana\_15min\_OPC02

Gráficos de Vehículo

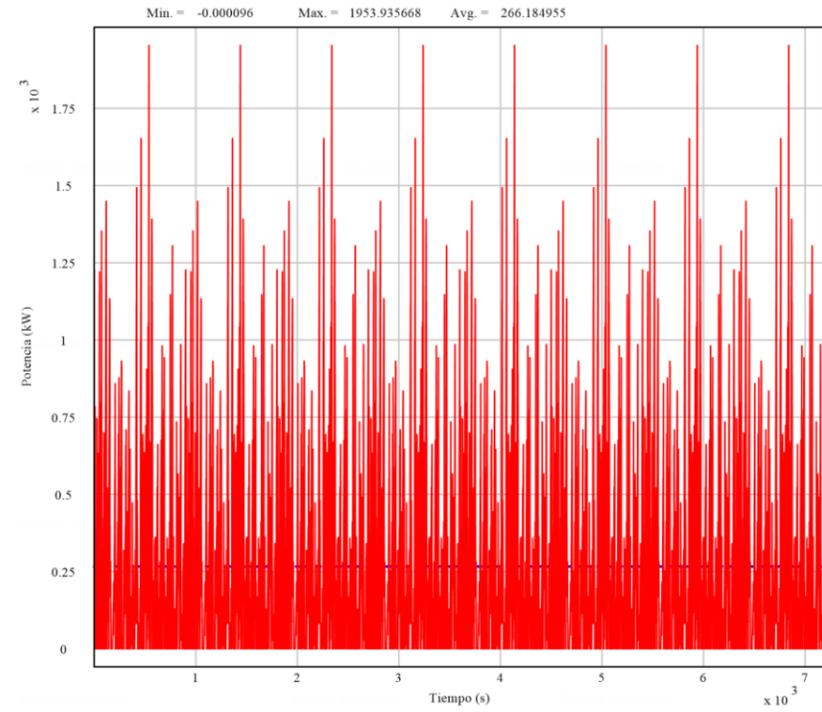


Figura 36. Potencia S.E. Bustinzuri\_15min OPC02

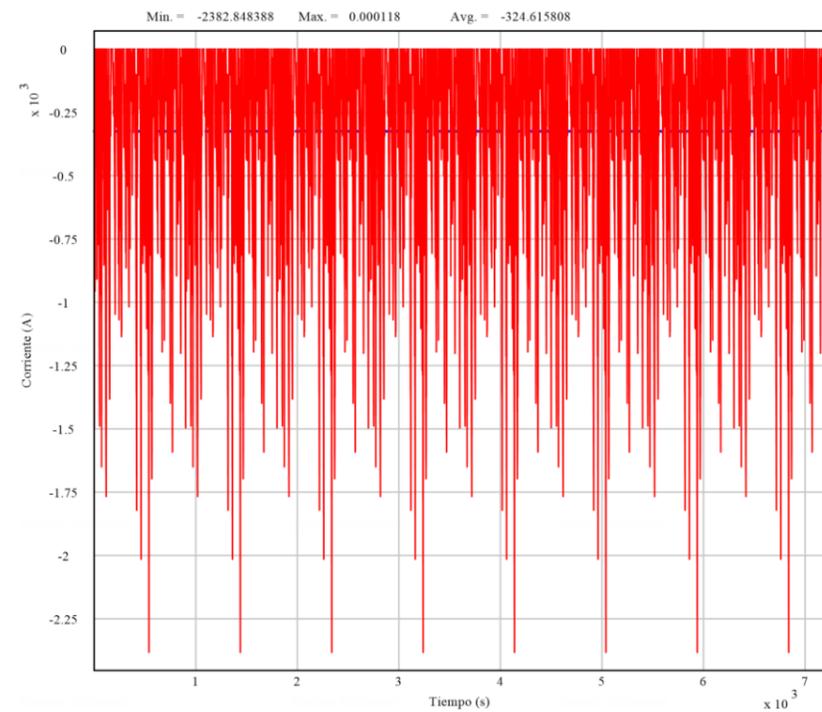


Figura 37. Corriente S.E. Bustinzuri\_15min OPC02

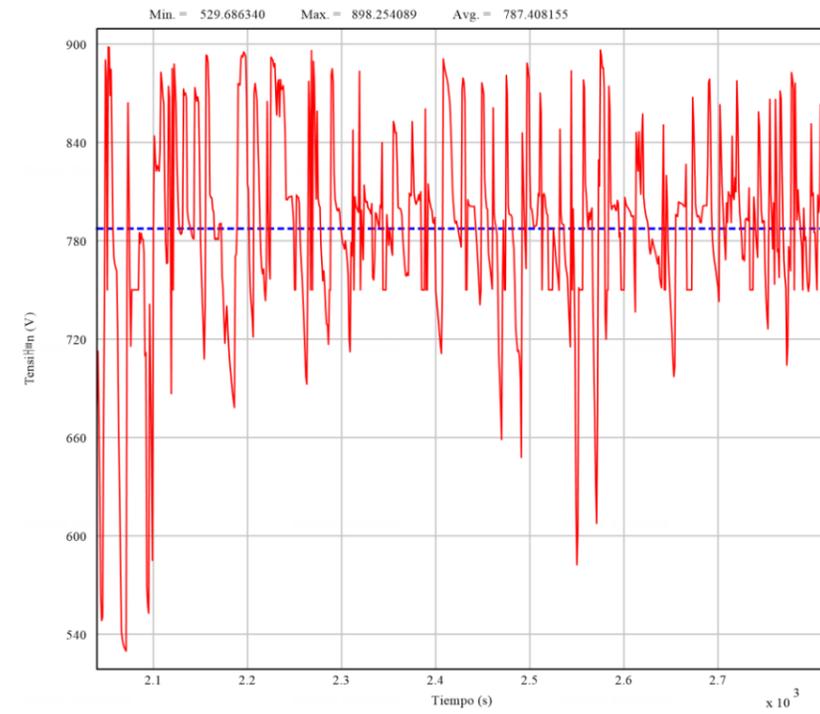


Figura 38. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina\_15min OPC02

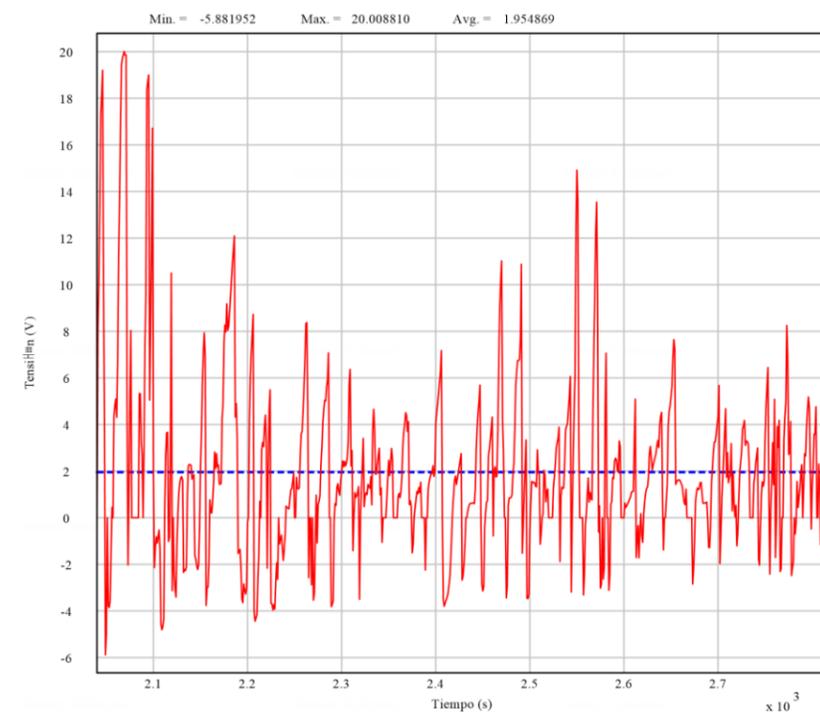


Figura 39. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_15min OPC02

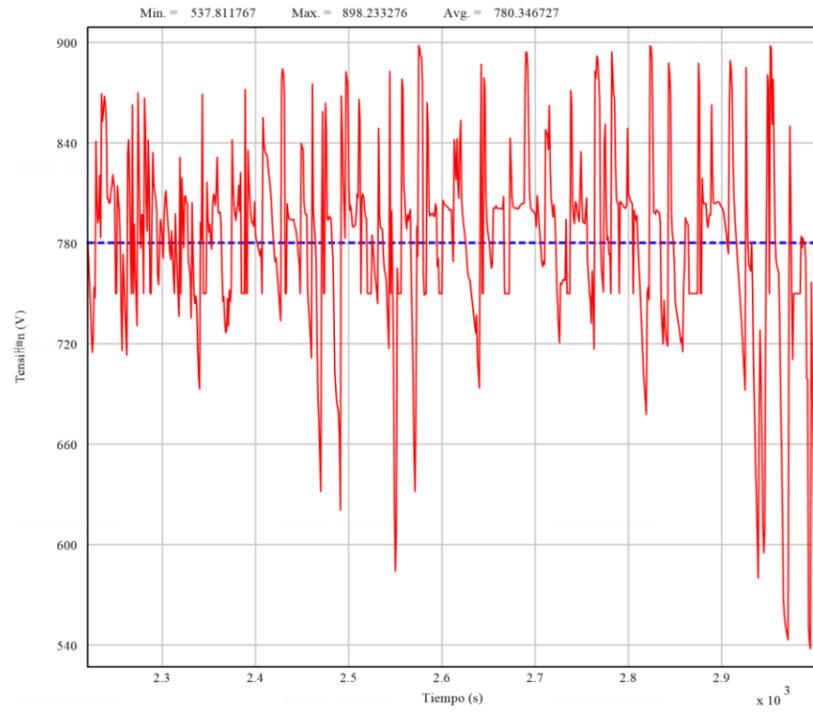


Figura 40. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri\_15min\_OPC02

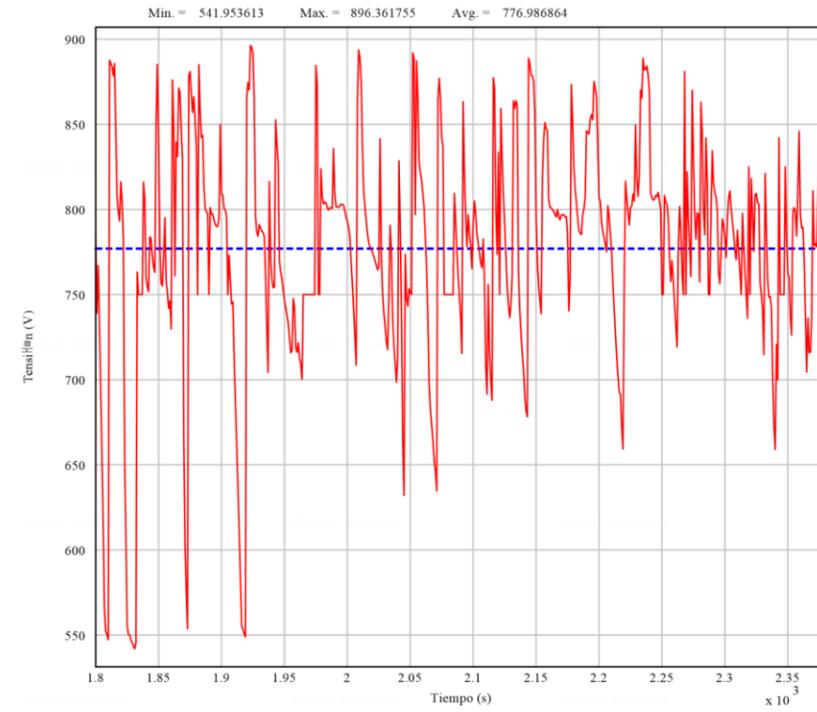


Figura 42. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_15min\_OPC02

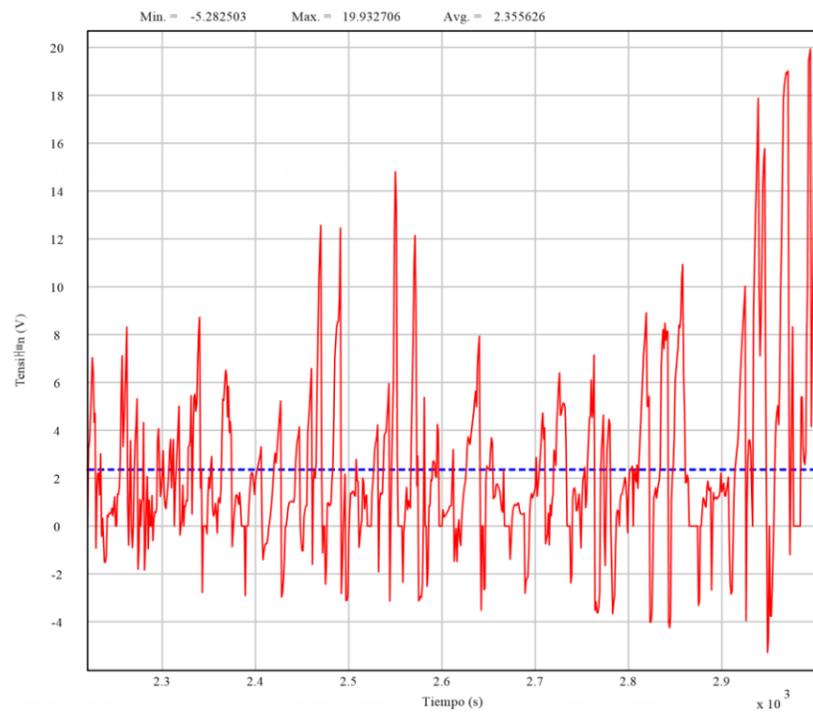


Figura 41. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri\_15min\_OPC02

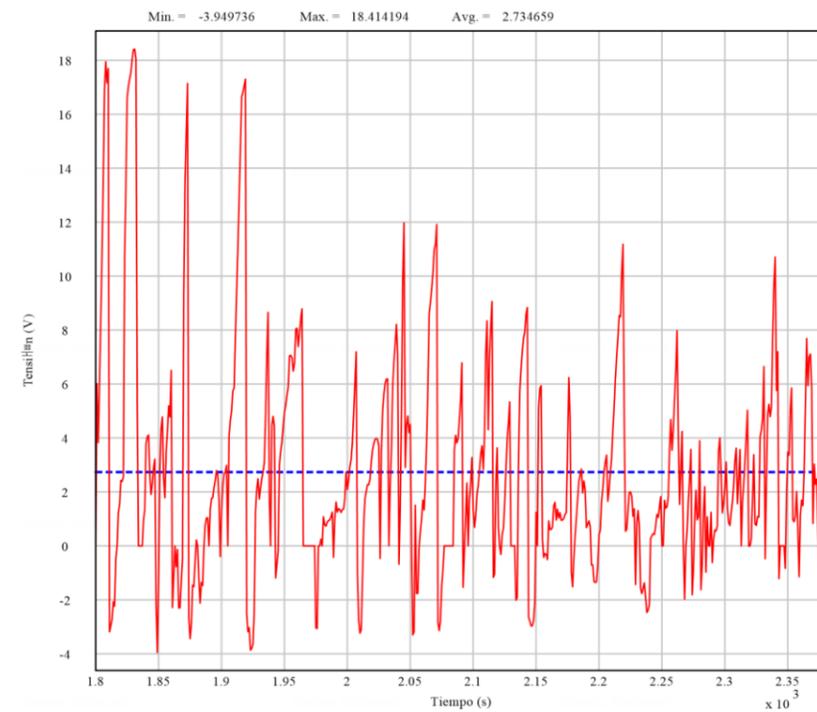


Figura 43. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_15min\_OPC02

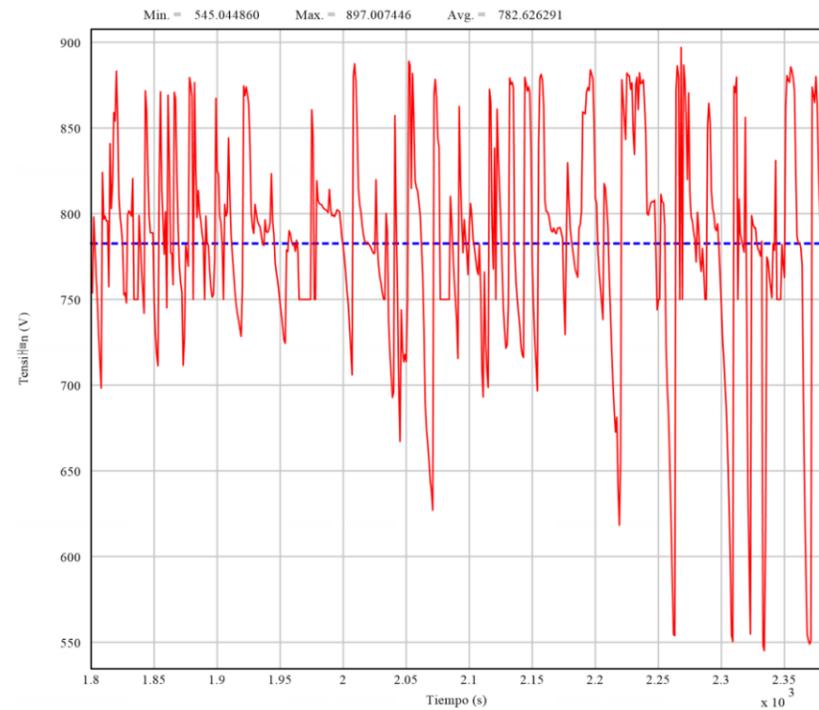


Figura 44. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_ 15min\_ OPC02

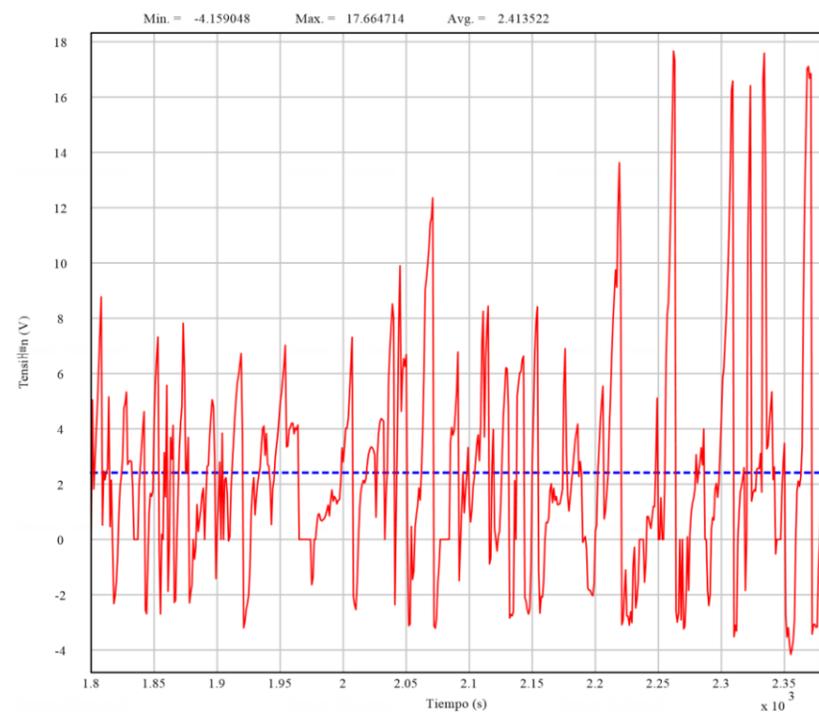


Figura 45. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_ 15min\_ OPC02

MODO DEGRADADO CASO 3

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E Abetxuko	S.E Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E Salburua	S.E Zabalgana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	2 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	1311.16	1388.66	1532.73	1518.71	1365.29	2174.99	1953.93
Potencia media (kW)	154.75	115.12	253.64	248.51	152.77	347.95	265.16
Corriente Máxima (A)	1598.97	1693.49	1869.19	1852.09	1664.99	2652.42	2382.84
Corriente RMS 2h (A)	344.54	318.60	489.81	452.08	347.06	705.72	512.09

Tabla 20. Tabla resumen \_ 15mins\_Caso3

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Mariturre-Lovaina (V)	548.02	Tensión máxima Rail Mariturre-Lovaina (V)	18.67
Tensión mínima Lovaina-Mariturre (V)	555.97	Tensión máxima Rail Lovaina-Mariturre (V)	18.59
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	559.79	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	17.29
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	562.69	Tensión máxima Rail Lovaina-Aldaia (V)	16.59

Tabla 21. Tabla tensiones 15mins\_Caso3

Gráficos Subestación

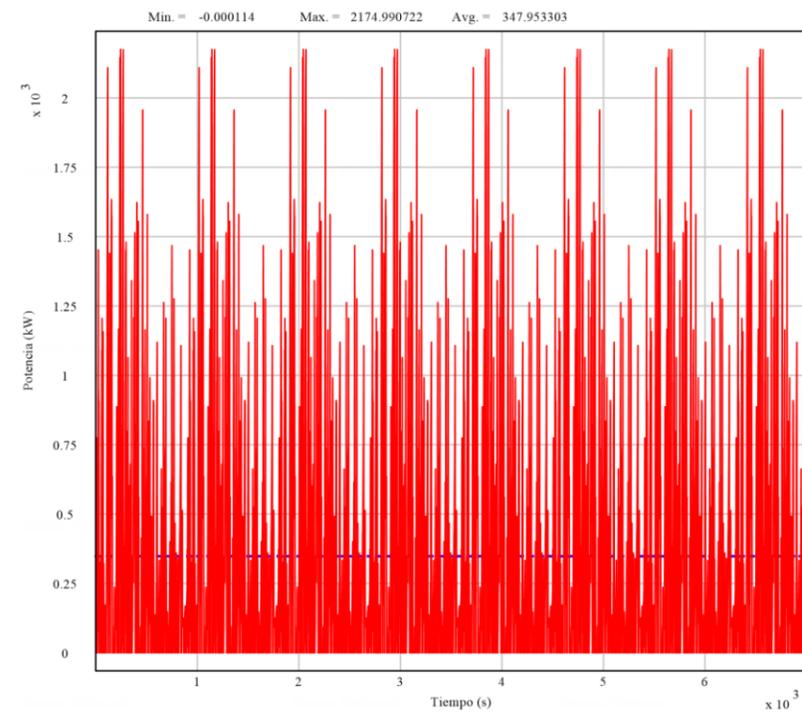


Figura 46. Potencia S.E. Zabalzana\_ 15min\_OPC03

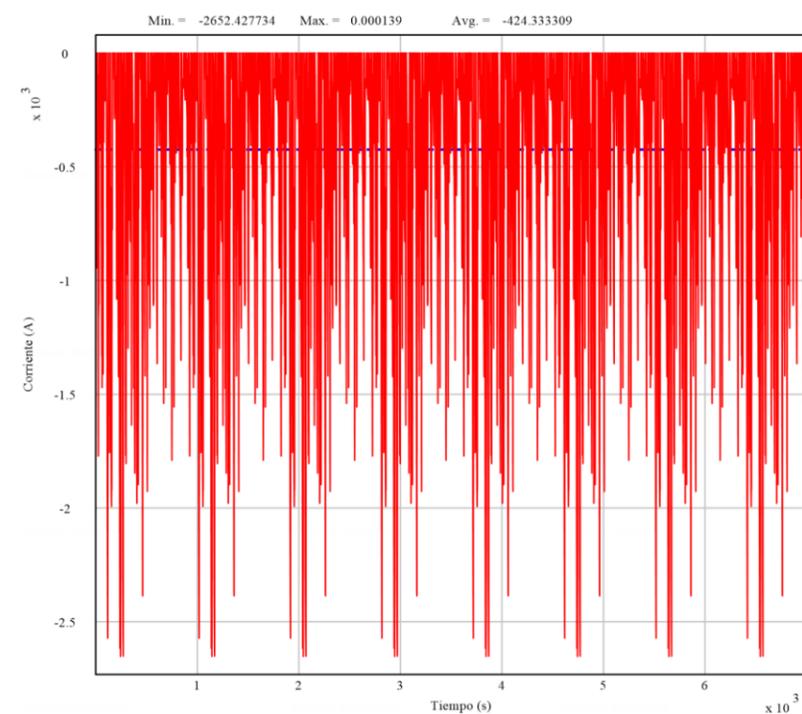


Figura 47. Corriente S.E. Zabalzana\_ 15min\_OPC03

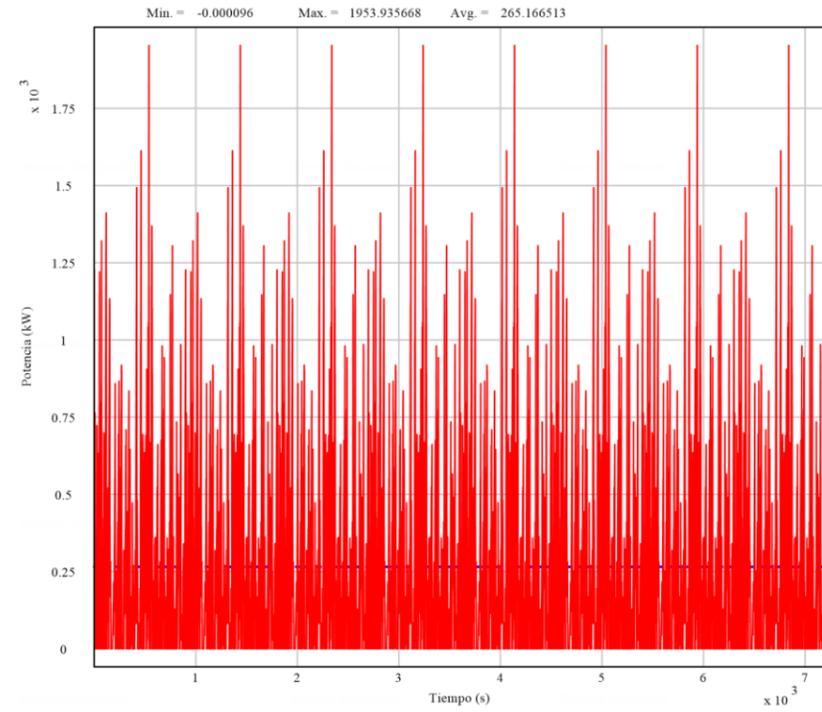


Figura 48. Potencia S.E. Bustinzuri\_15min OPC03

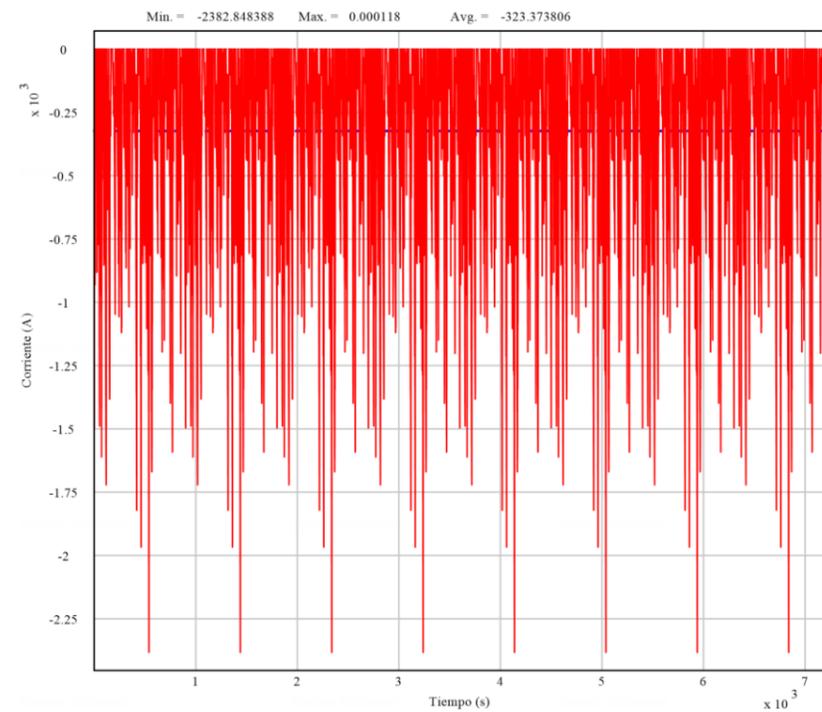


Figura 49. Corriente S.E. Bustinzuri\_15min OPC03

Gráficos de Vehículo

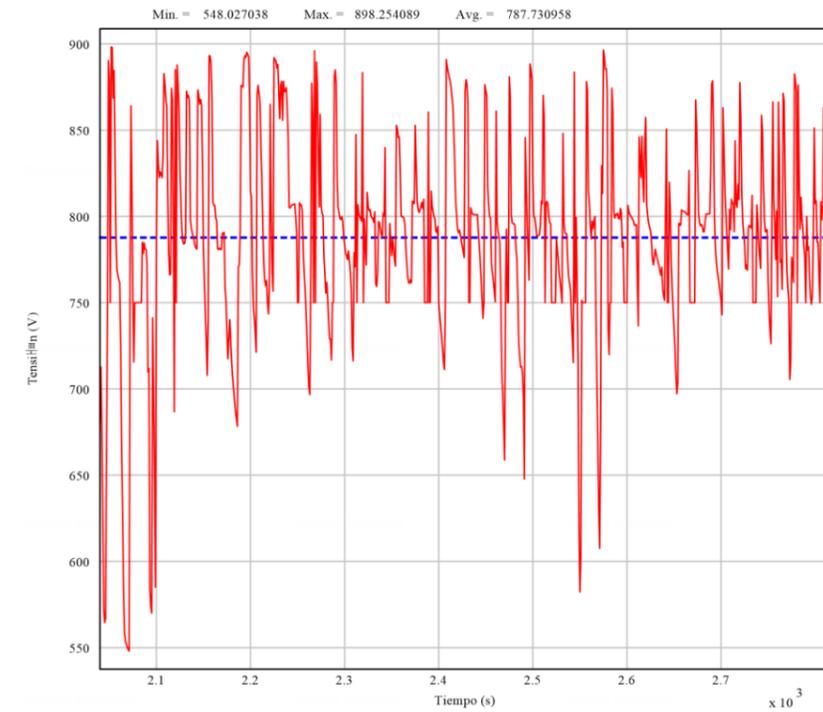


Figura 50. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina\_15min OPC03

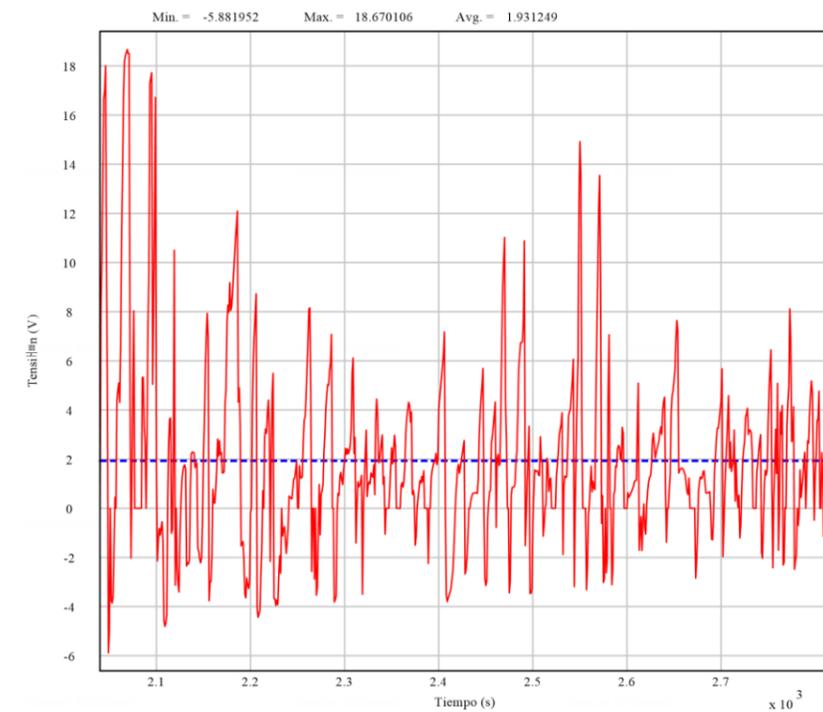


Figura 51. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_15min OPC03

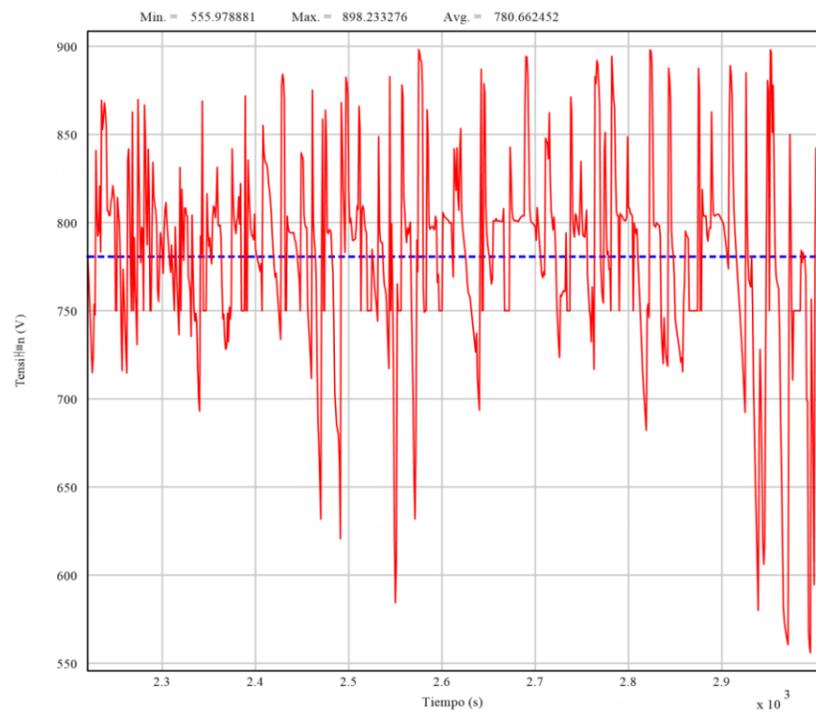


Figura 52. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri\_15min\_OPC03

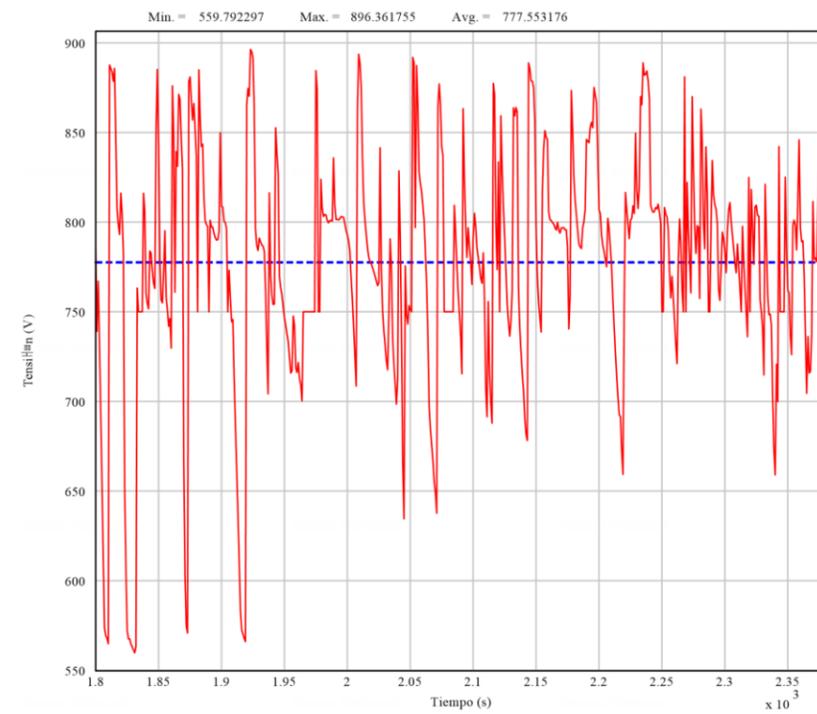


Figura 54. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_15min\_OPC03

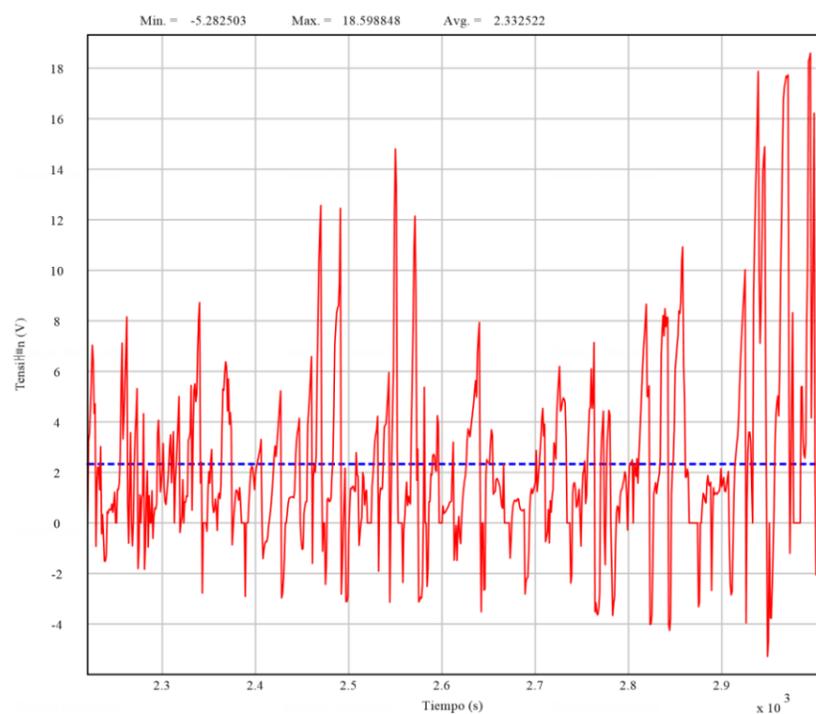


Figura 53. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri\_15min\_OPC03

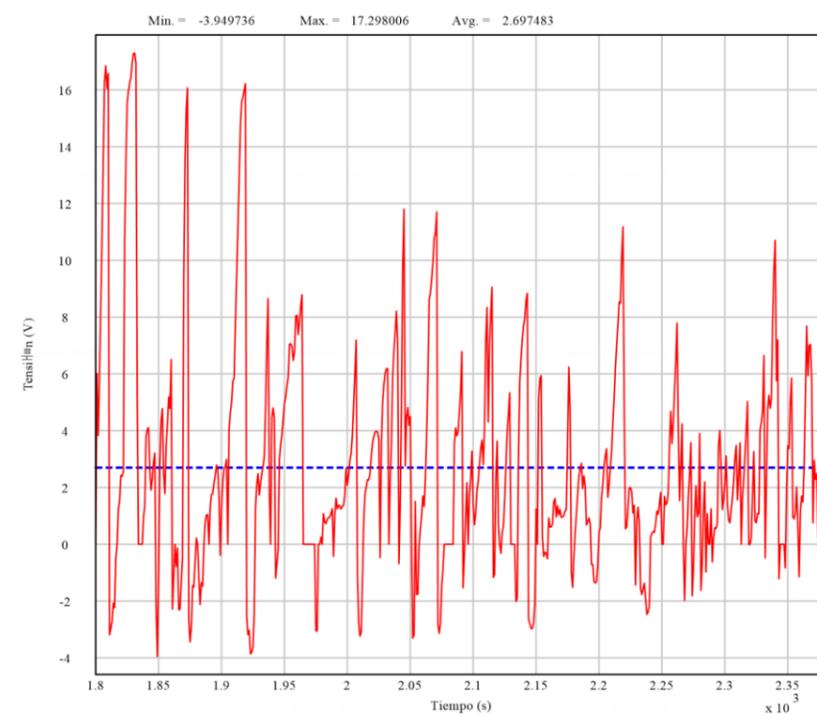


Figura 55. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_15min\_OPC03

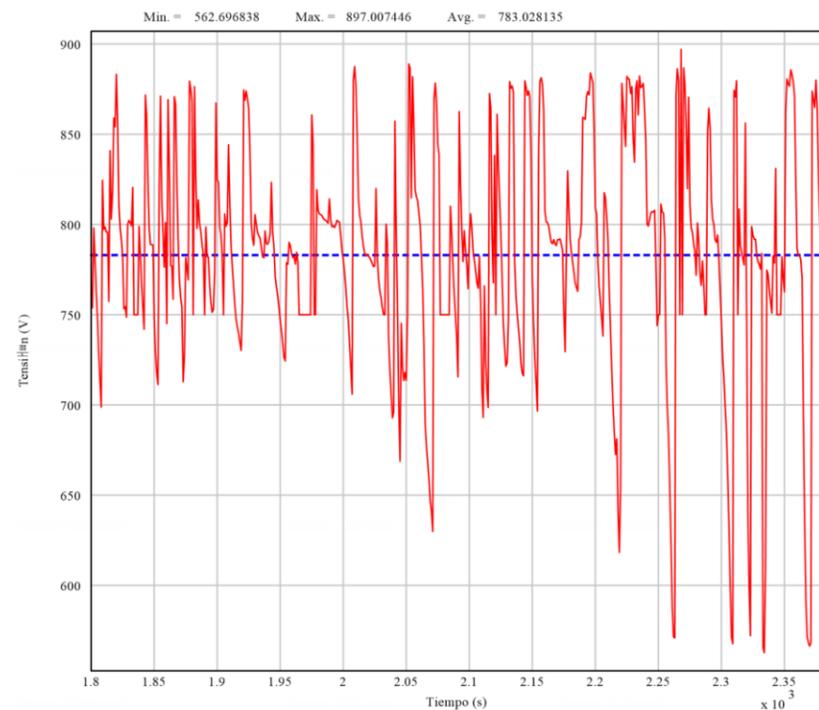


Figura 56. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_ 15min\_ OPC03

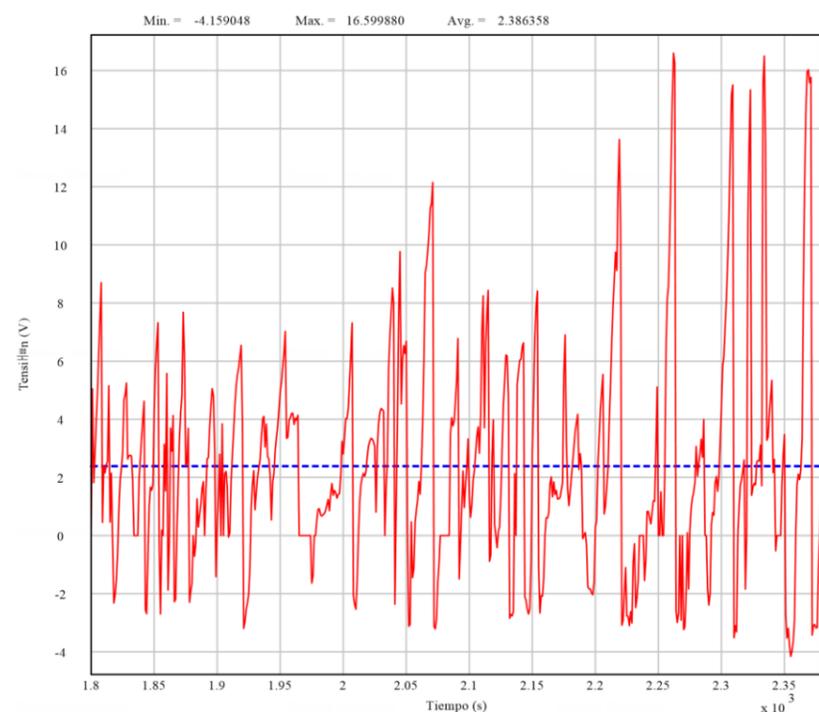


Figura 57. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_ 15min\_ OPC03

8.2.9.2. MALLA DE OPERACIÓN CADA 12 MINUTOS (OPERATIVA 2)

ESCENARIO NOMINAL

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E. Abetxuko	S.E. Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E. Salburua	S.E. Zabalzana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	2 x 900 kW	2 x 900 kW	3 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	2156.54	1891.97	1679.44	1837.10	1428.50	2820.64	2330.32
Potencia media (kW)	192.12	142.85	312.77	302.53	186.34	426.68	317.25
Corriente Máxima (A)	2629.93	2307.28	2048.09	2240.36	1742.08	3439.81	2841.86
Corriente RMS 2h (A)	436.42	403.67	574.32	526.82	405.19	830.73	586.40

Tabla 22. Tabla resumen\_ 12mins\_ Nominal

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Mariturri-Lovaina (V)	561.40	Tensión máxima Rail Mariturri-Lovaina (V)	20.26
Tensión mínima Lovaina-Mariturri (V)	563.70	Tensión máxima Rail Lovaina-Mariturri (V)	18.22
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	548.08	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	17.60
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	544.06	Tensión máxima Rail Lovaina-Aldaia (V)	17.87

Tabla 23. Tabla tensiones\_Nominal

Gráficos Subestación

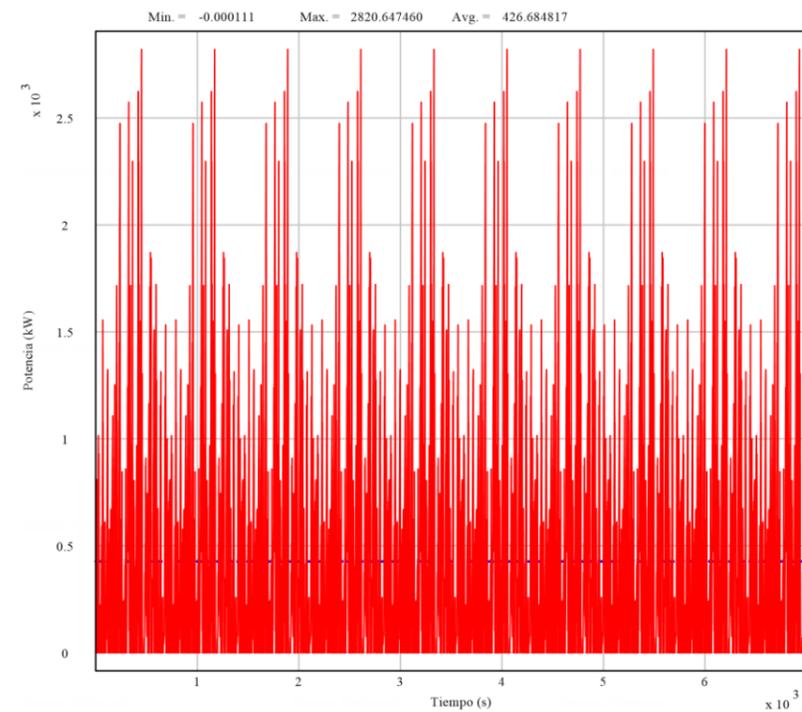


Figura 58. Potencia S.E. Zabalgana\_12min\_Nominal

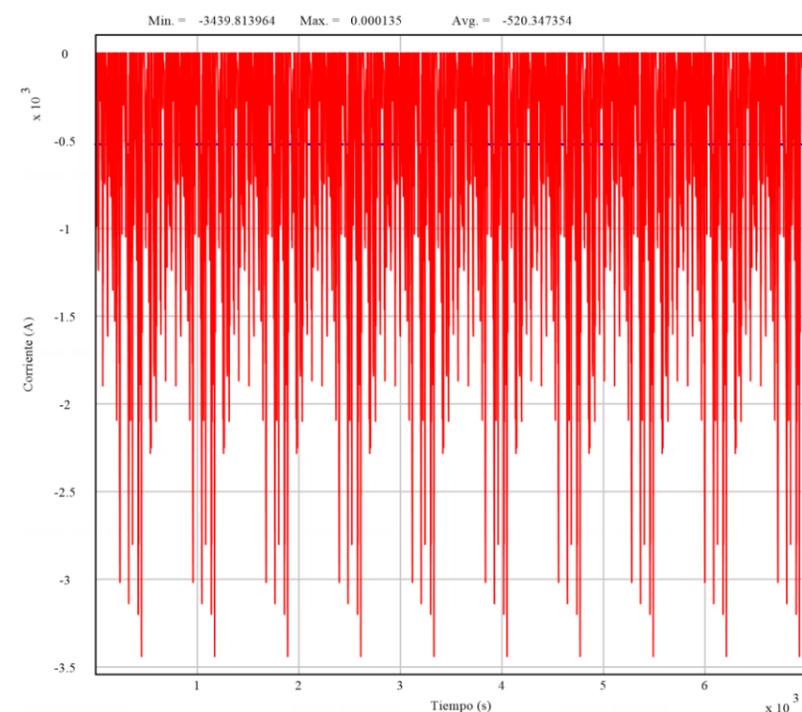


Figura 59. Corriente S.E. Zabalgana\_12min\_Nominal

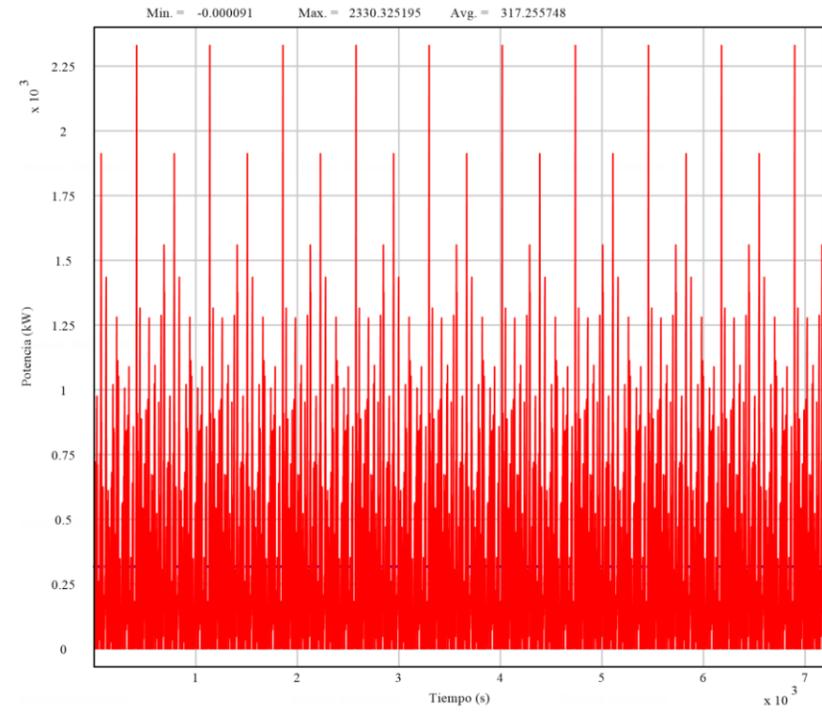


Figura 60. Potencia S.E. Bustinzuri\_12min\_Nominal

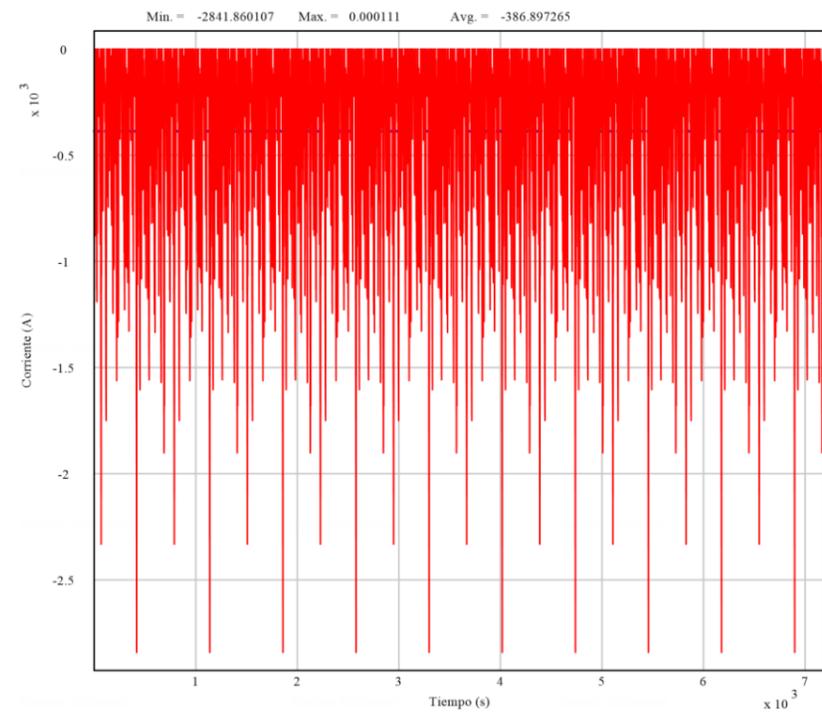


Figura 61. Corriente S.E. Bustinzuri\_12min\_Nominal

Gráficos de Vehículo

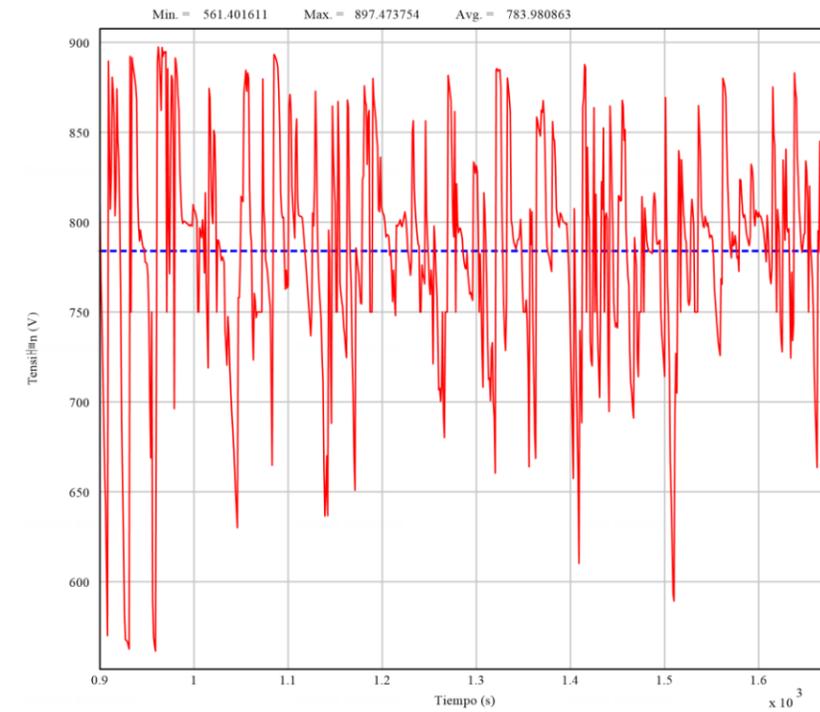


Figura 62. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina\_12min\_Nominal

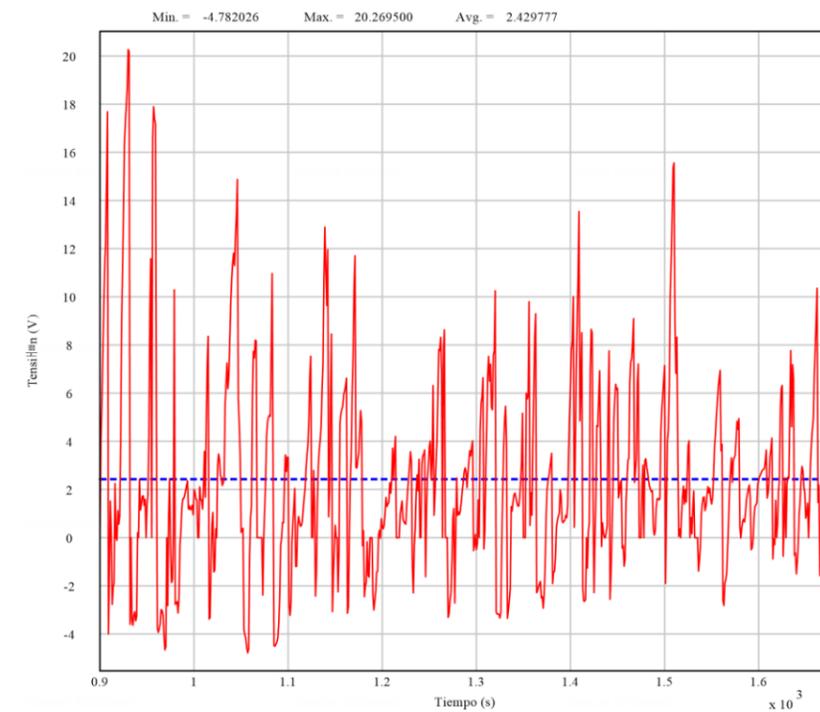


Figura 63. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_12min\_Nominal

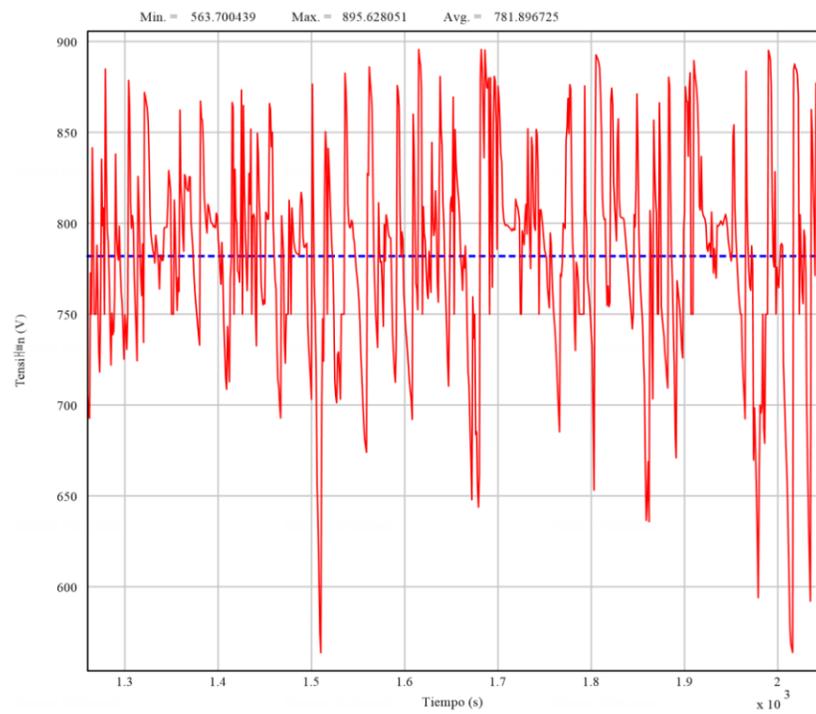


Figura 64. Tensión Pantógrafo Lovaina-Marituri\_12min\_Nominal

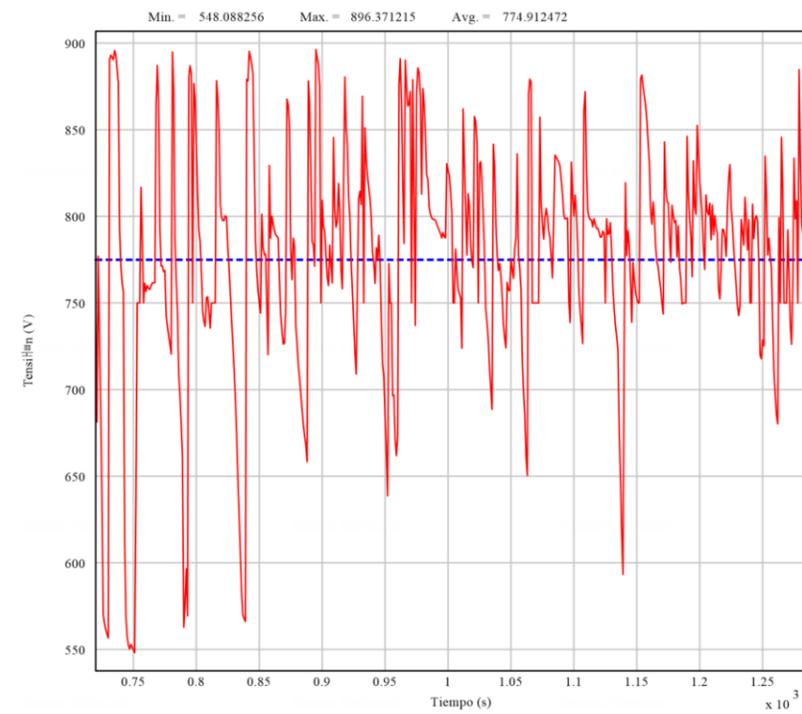


Figura 66. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_12min\_Nominal

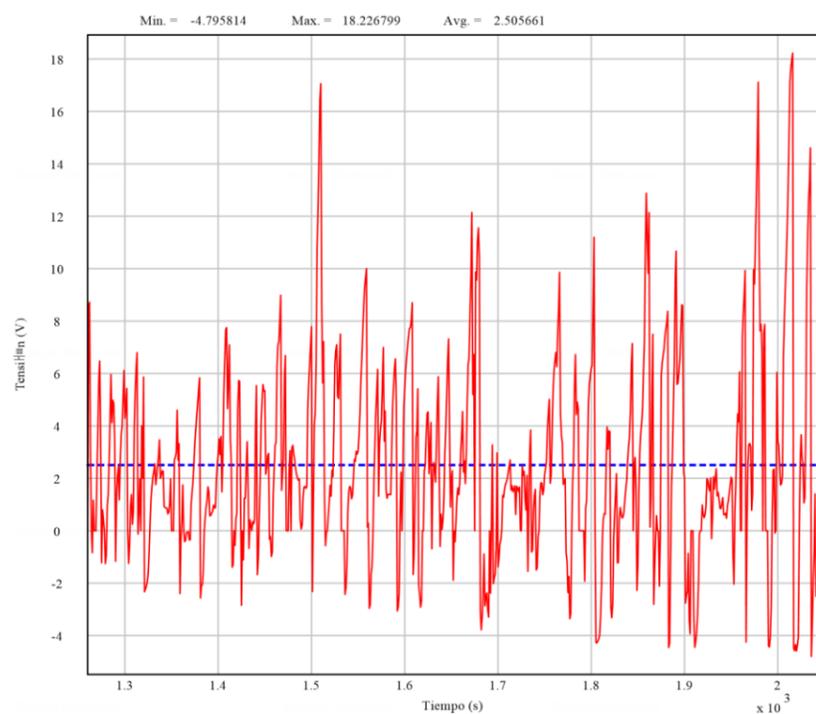


Figura 65. Tensión Rail tierra Lovaina-Marituri\_12min\_Nominal

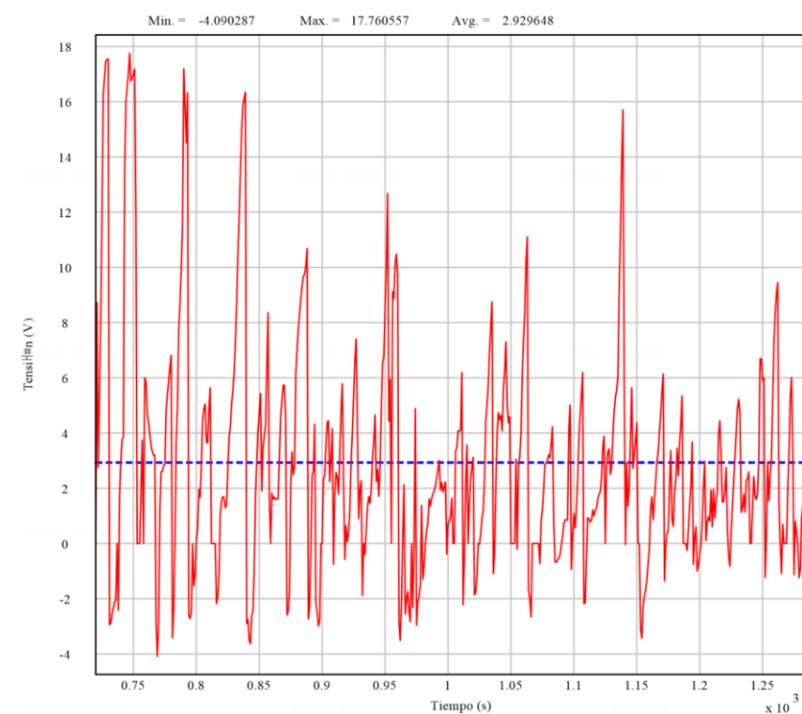


Figura 67. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_12min\_Nominal

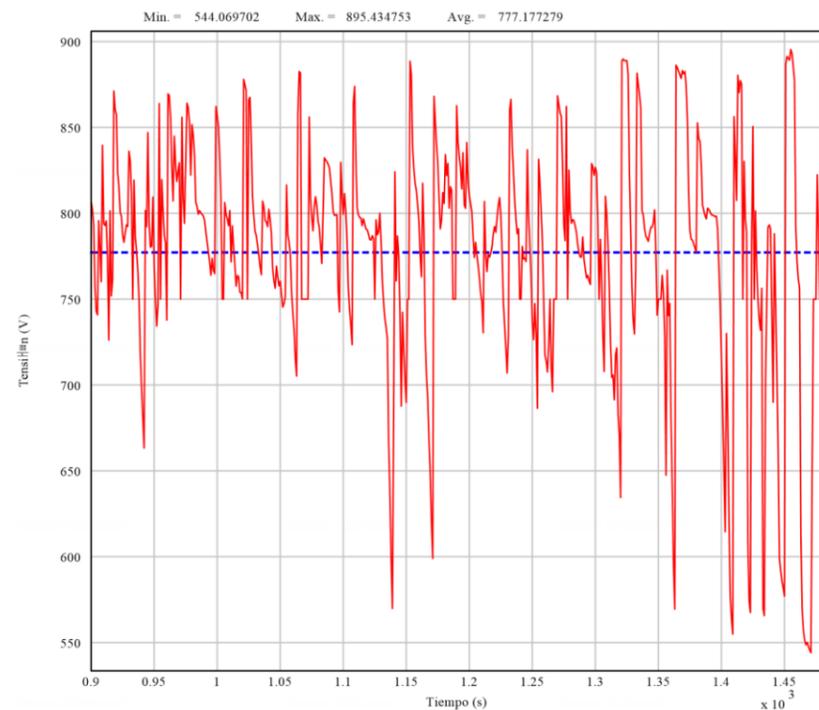


Figura 68. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_12min\_Nominal

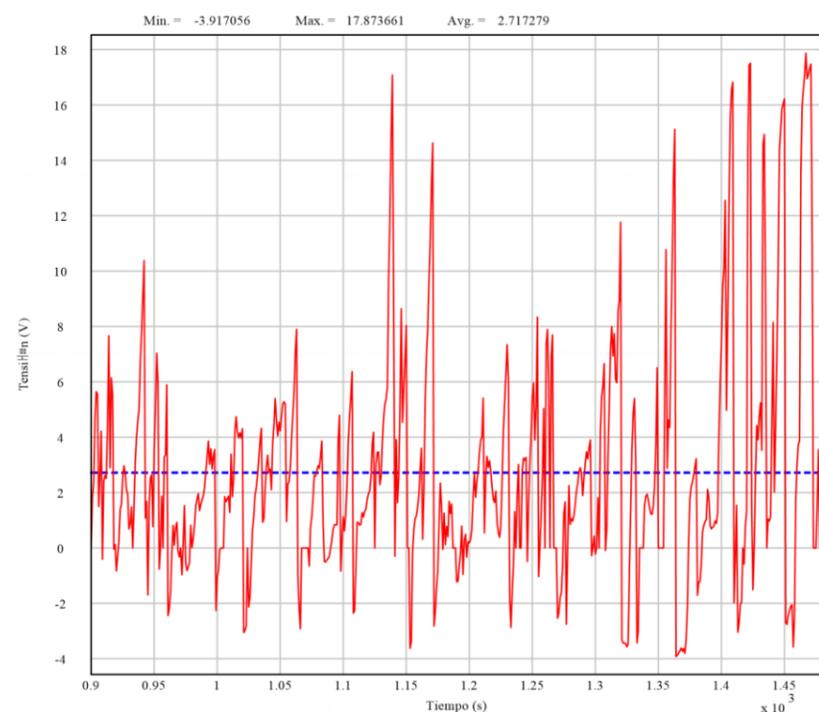


Figura 69. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_12min\_Nominal

MODO DEGRADADO, CASO 1

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E Abetxuko	S.E Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E Salburua	S.E Zabalzana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	2 x 900 kW	1 x 900 kW	3 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	2157.66	1750.48	1744.71	1590.91	1507.64	2937.98	2673.16
Potencia media (kW)	195.11	135.38	340.05	255.88	205.99	405.42	375.53
Corriente Máxima (A)	2631.30	2134.73	2127.69	1940.14	1838.59	3582.90	3259.96
Corriente RMS 2h (A)	439.35	384.13	617.73	445.74	434.87	802.29	679.72

Tabla 24. Tabla resumen\_12mins\_Caso1

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Mariturre-Lovaina (V)	521.27	Tensión máxima Rail Mariturre-Lovaina (V)	21.87

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Lovaina-Mariturri (V)	527.36	Tensión máxima Rail Lovaina-Mariturri (V)	20.33
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	516.21	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	19.37
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	513.81	Tensión máxima Rail Lovaina- Aldaia (V)	19.49

Tabla 25. Tabla tensiones\_ 12mins\_Caso1

Gráficos Subestación

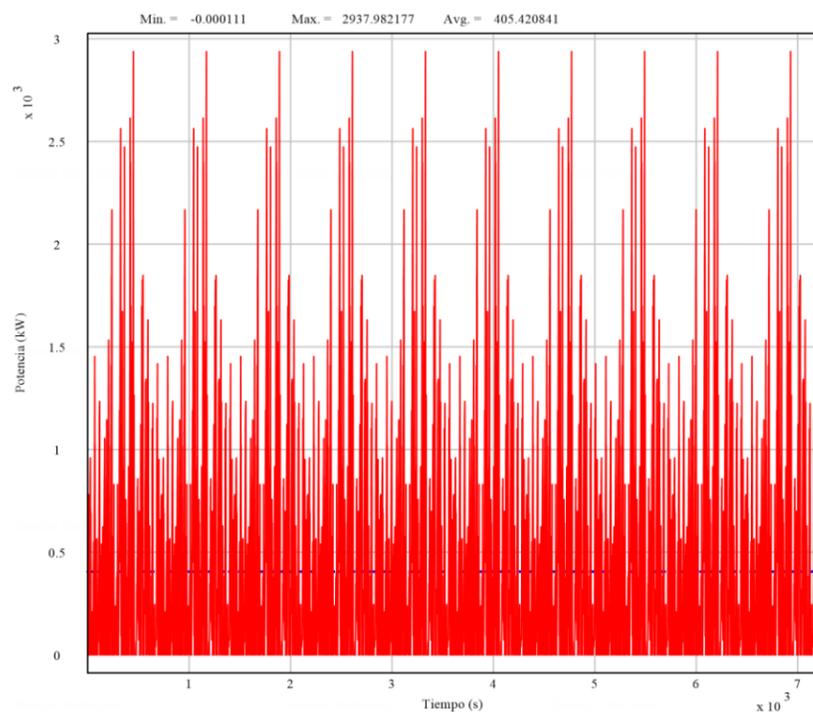


Figura 70. Potencia S.E. Zabalzana\_ 12min OPC01

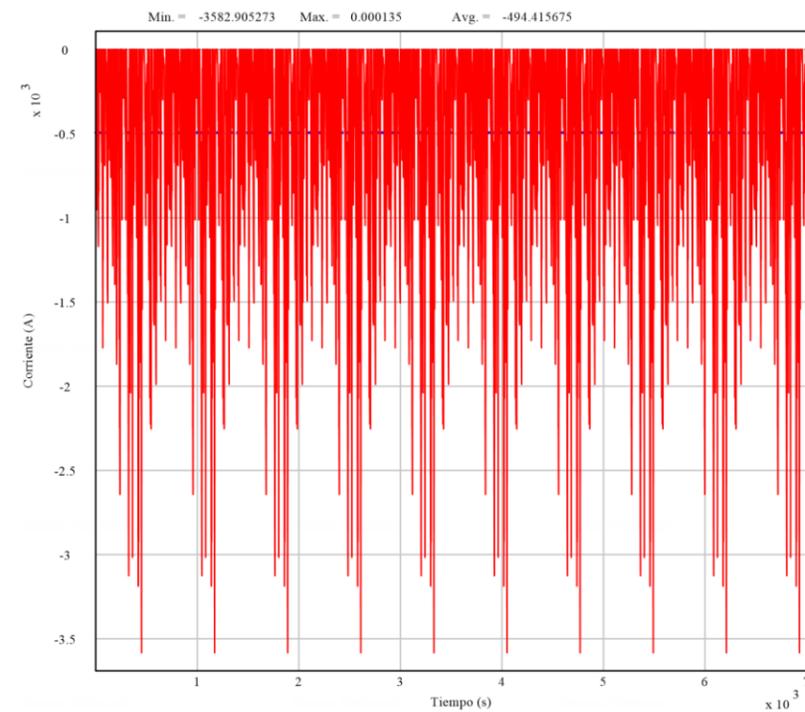


Figura 71. Corriente S.E. Zabalzana\_ 12min OPC01

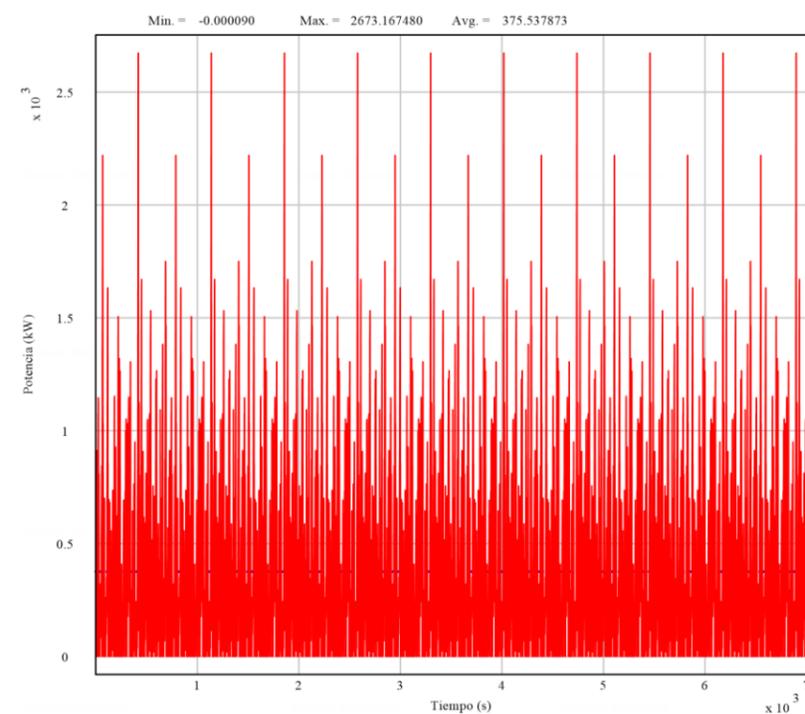


Figura 72. Potencia S.E. Bustinzuri\_ 12min OPC01

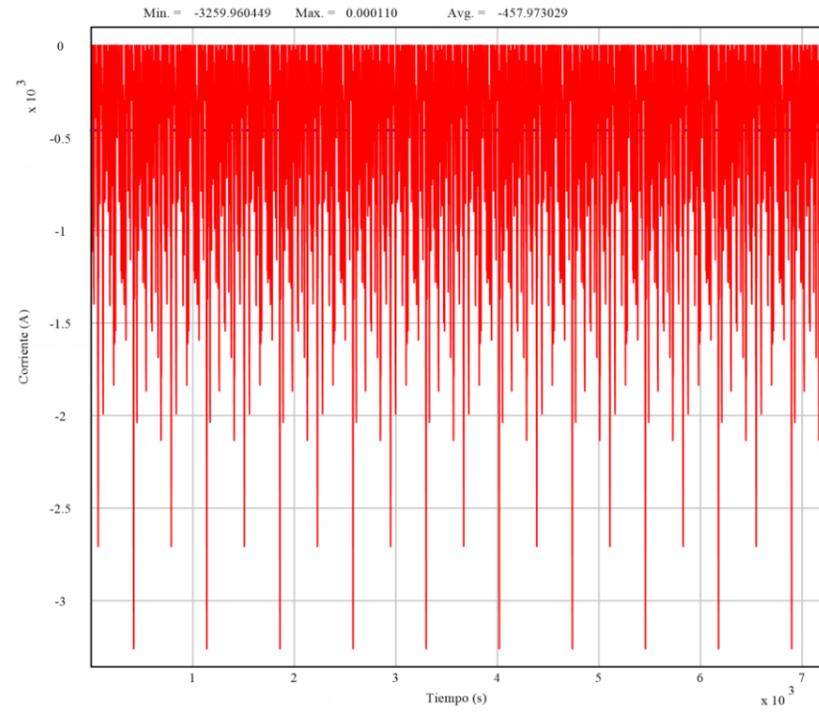


Figura 73. Corriente S.E. Bustinzuri\_12min OPC01

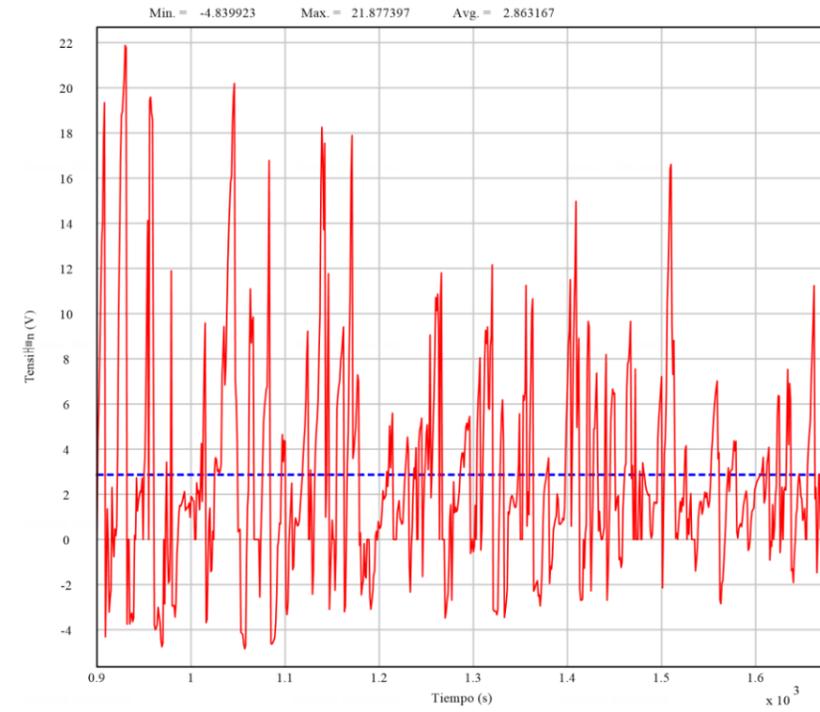


Figura 75. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_12min OPC01

Gráficos de Vehículo

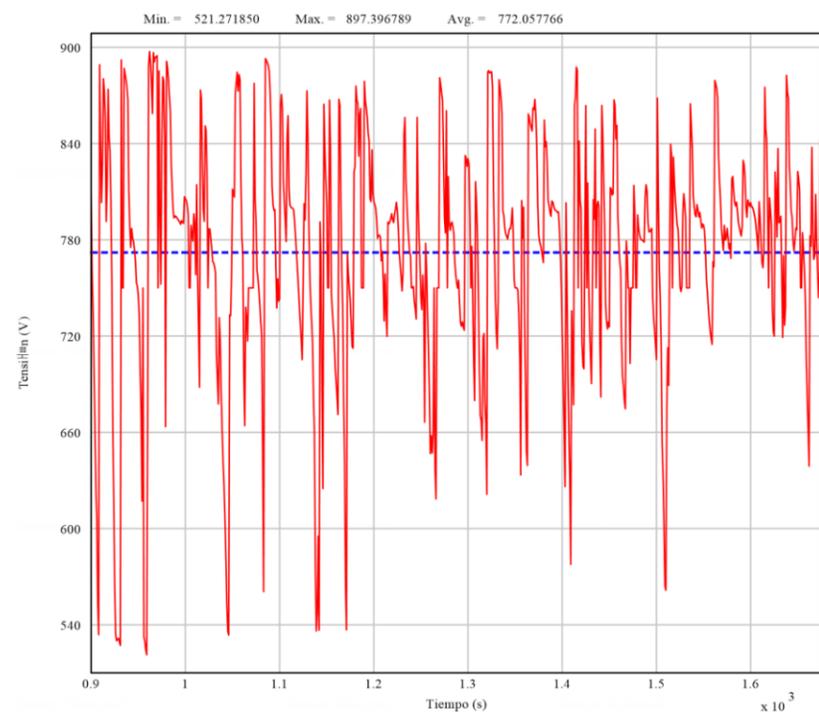


Figura 74. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina\_12min OPC01

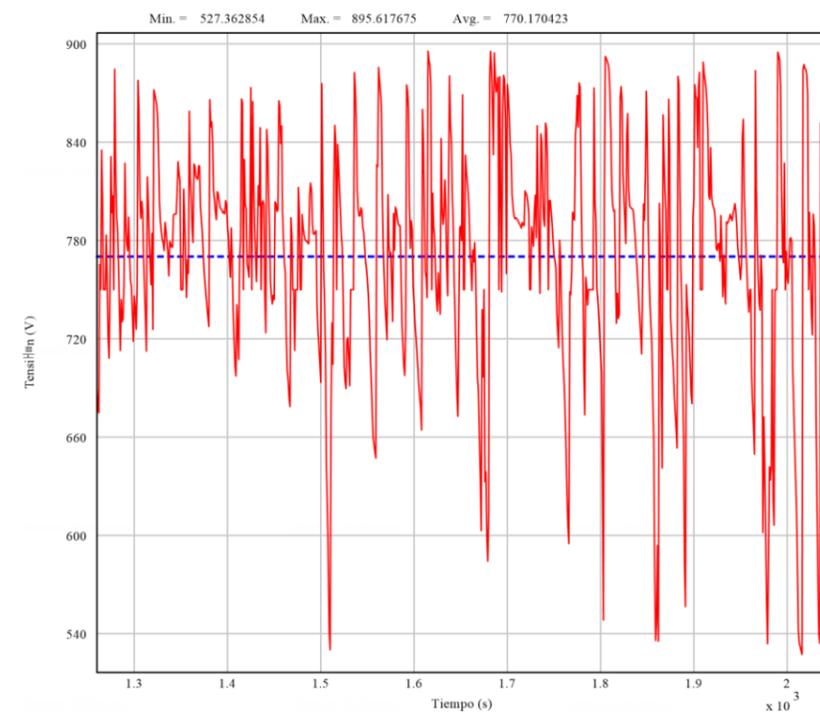


Figura 76. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri\_12min OPC01

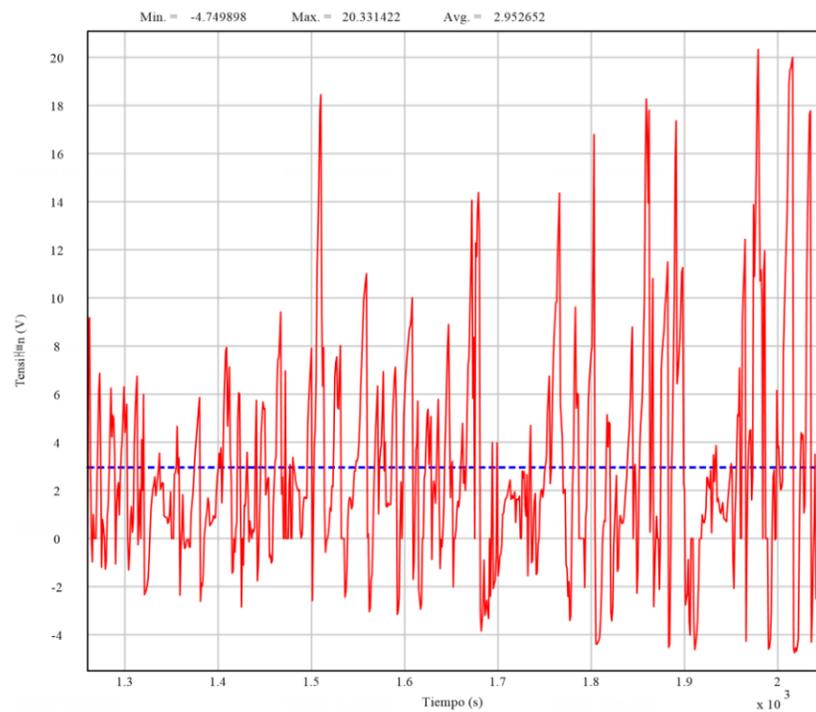


Figura 77. Tensión Rail tierra Lovaina-Maritutti\_12min\_OPC01

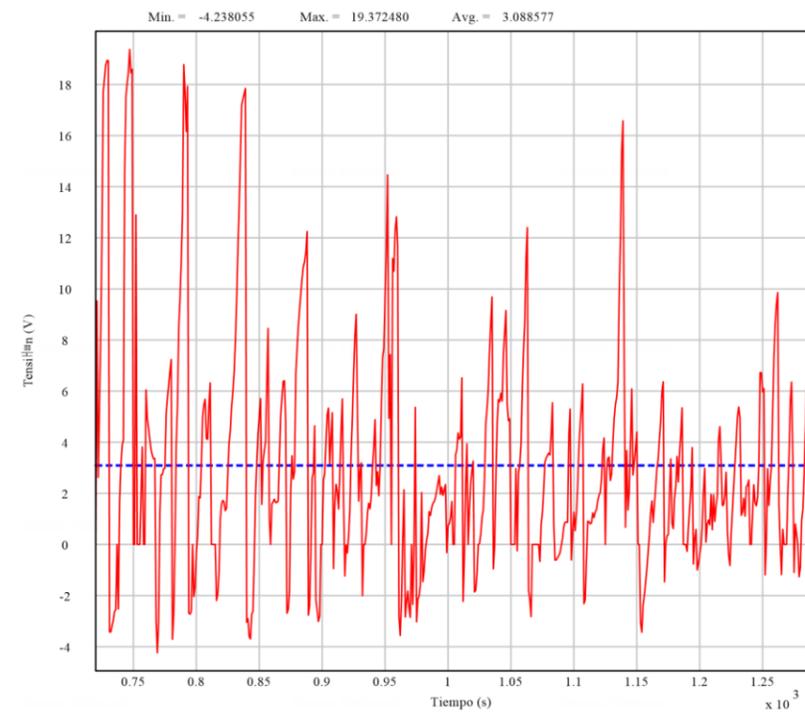


Figura 79. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_12min\_OPC01

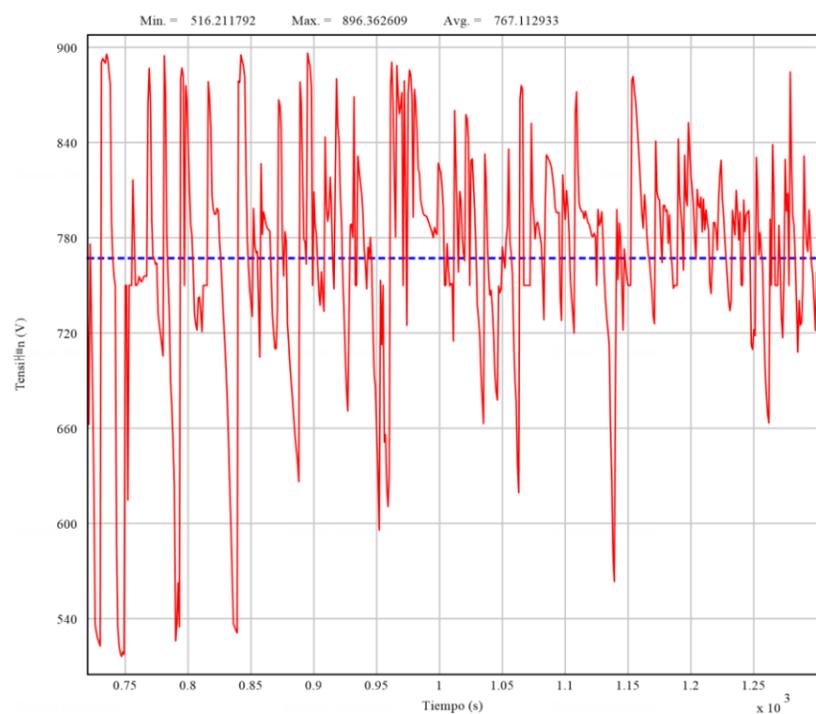


Figura 78. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_12min\_OPC01

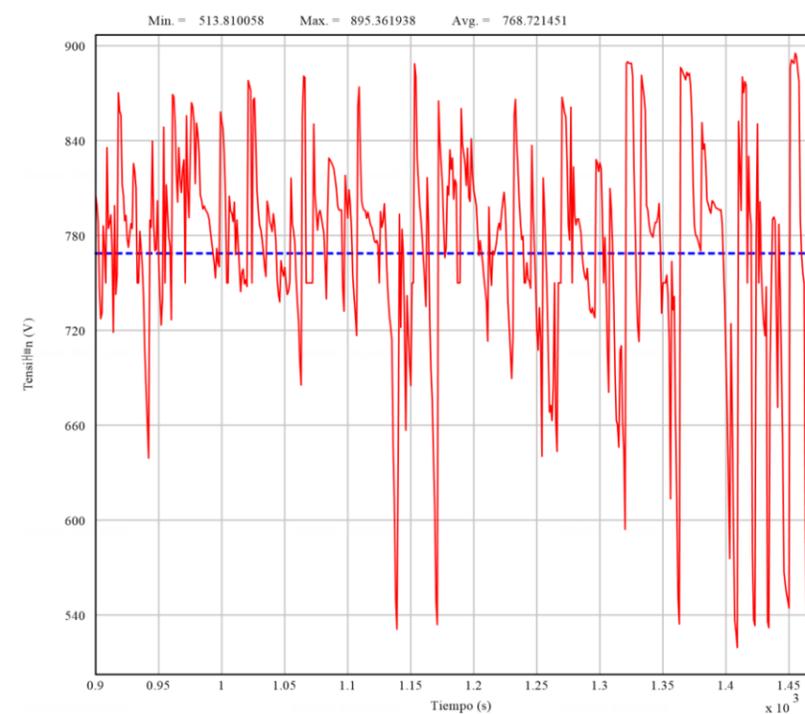


Figura 80. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_12min\_OPC01

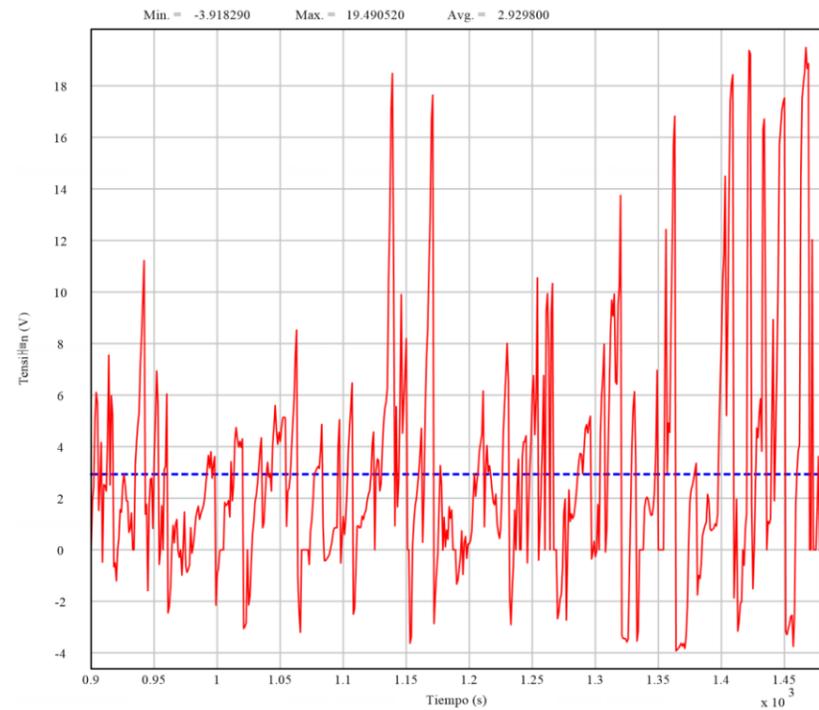


Figura 81. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_12min OPC01

	S.E Abetxuko	S.E Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E Salburua	S.E Zabalzana	S.E. Bustinzuri
Potencia media (kW)	192.15	143.32	313.18	302.99	186.51	429.69	318.21
Corriente Máxima (A)	2629.93	2337.14	2048.09	2240.36	1742.08	3439.81	2871.83
Corriente RMS 2h (A)	436.48	406.65	575.35	527.73	405.62	837.89	588.68

Tabla 26. Tabla resumen\_12mins\_Caso2

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

MODO DEGRADADO CASO 2

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E Abetxuko	S.E Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E Salburua	S.E Zabalzana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	1 x 900 kW	2 x 900 kW	3 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	2156.54	1916.45	1679.44	1837.10	1428.50	2820.64	2354.90

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Mariturre-Lovaina (V)	547.58	Tensión máxima Rail Mariturre-Lovaina (V)	21.26
Tensión mínima Lovaina-Mariturre (V)	549.84	Tensión máxima Rail Lovaina-Mariturre (V)	19.25
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	533.61	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	18.65
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	529.37	Tensión máxima Rail Lovaina-Aldaia (V)	18.77

Tabla 27. Tabla tensiones\_12mins\_Caso1

Gráficos Subestación

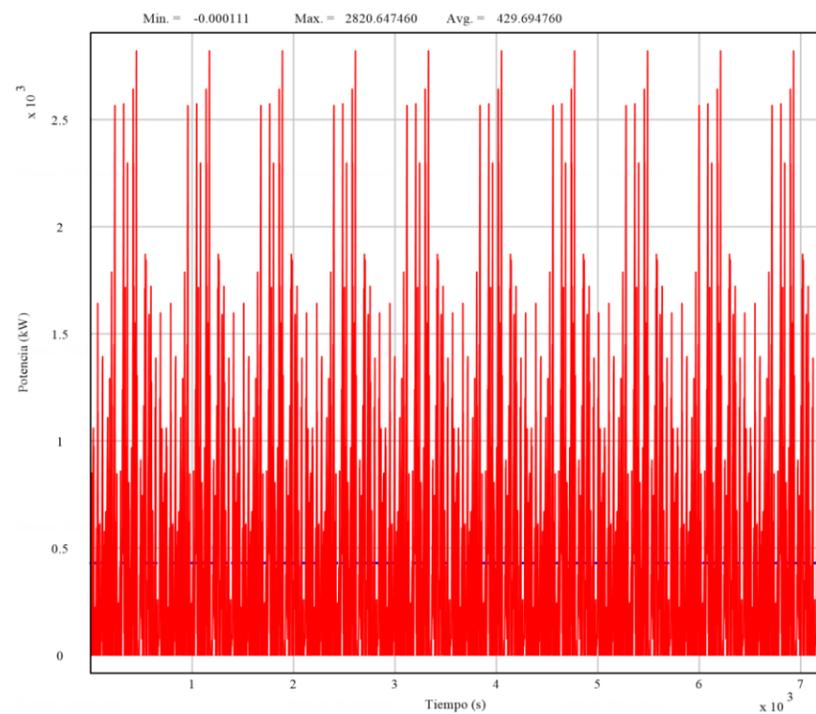


Figura 82. Potencia S.E. Zabalgana\_12min OPC02

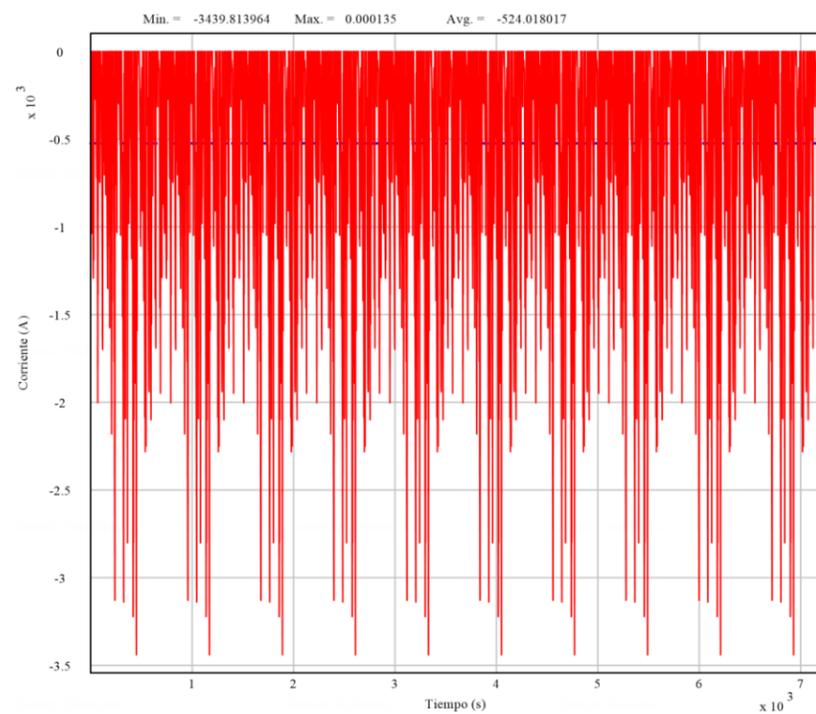


Figura 83. Corriente S.E. Zabalgana\_12min OPC02

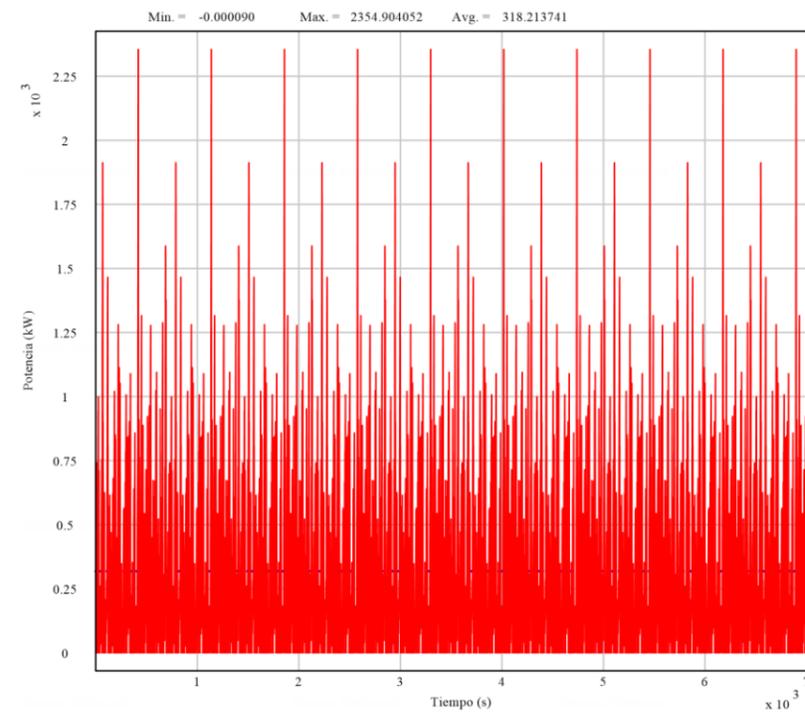


Figura 84. Potencia S.E. Bustinzuri\_12min OPC02

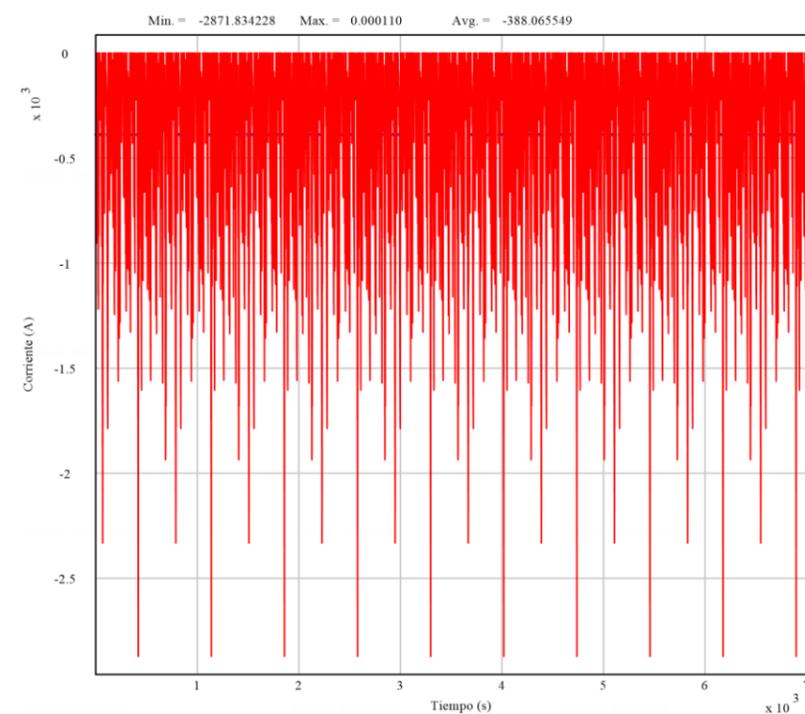


Figura 85. Corriente S.E. Bustinzuri\_12min OPC02

Gráficos de Vehículo

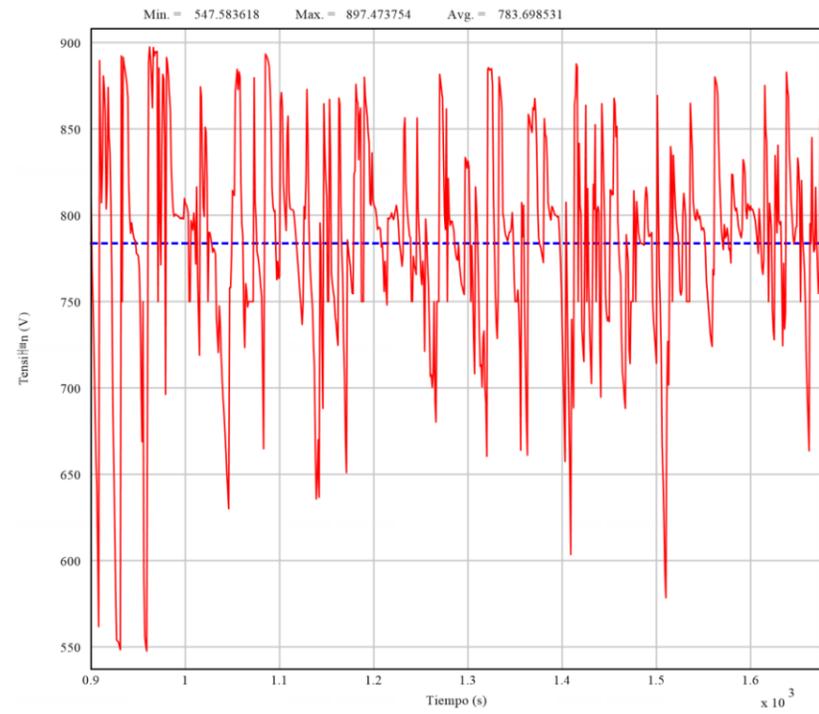


Figura 86. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina\_ 12min\_ OPC02

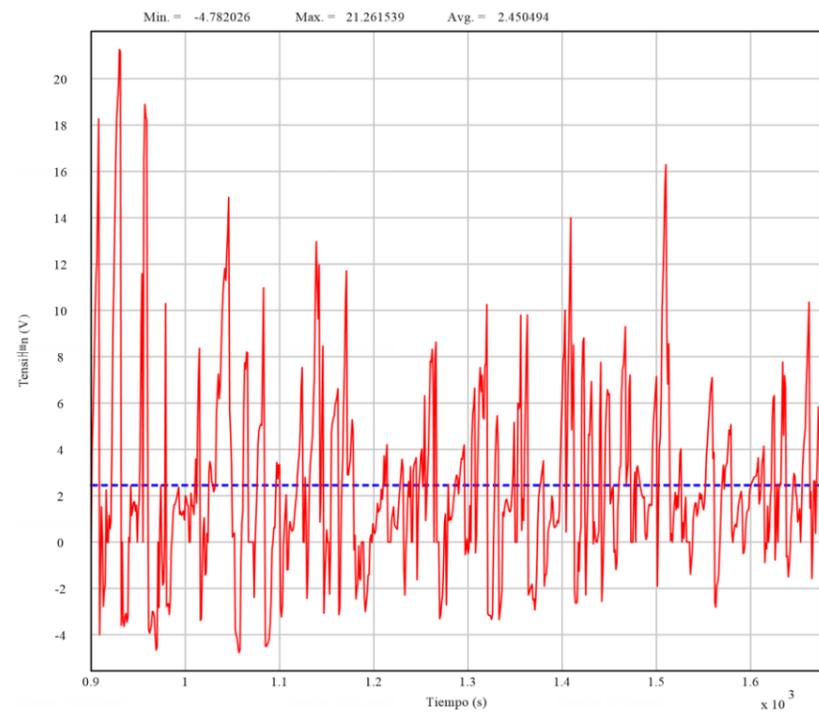


Figura 87. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_ 12min\_ OPC02

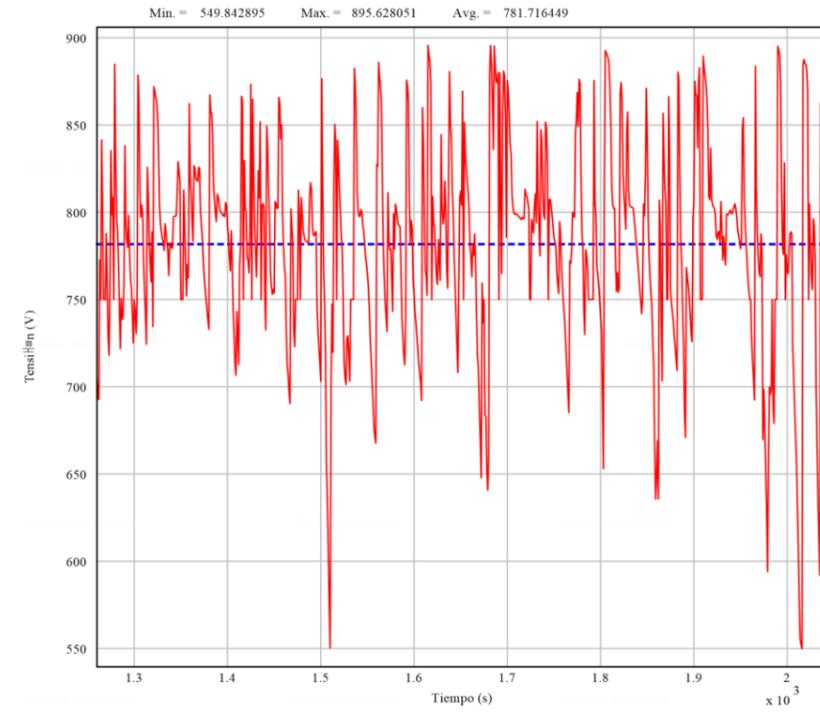


Figura 88. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri\_ 12min\_ OPC02

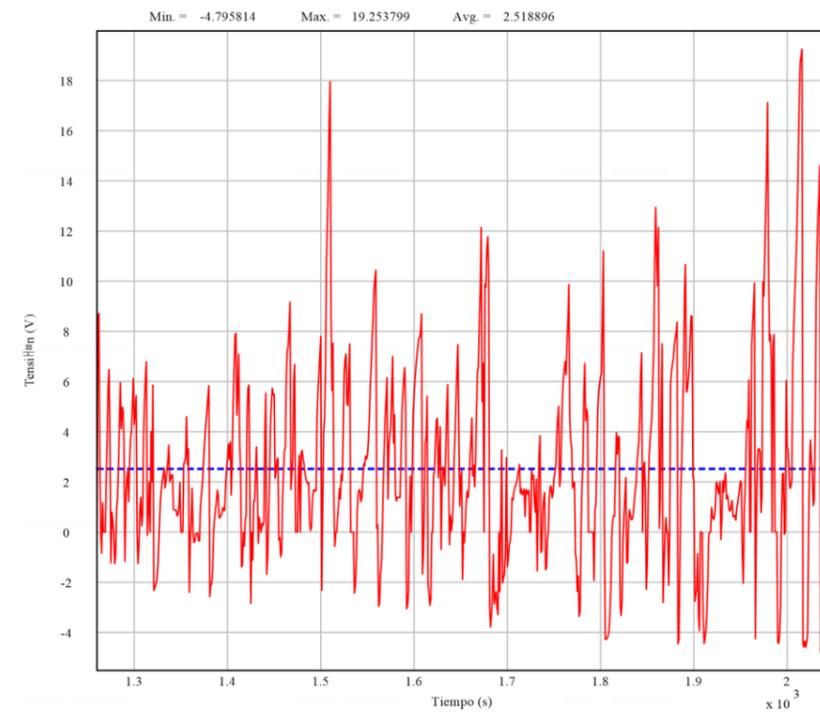


Figura 89. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri\_ 12min\_ OPC2

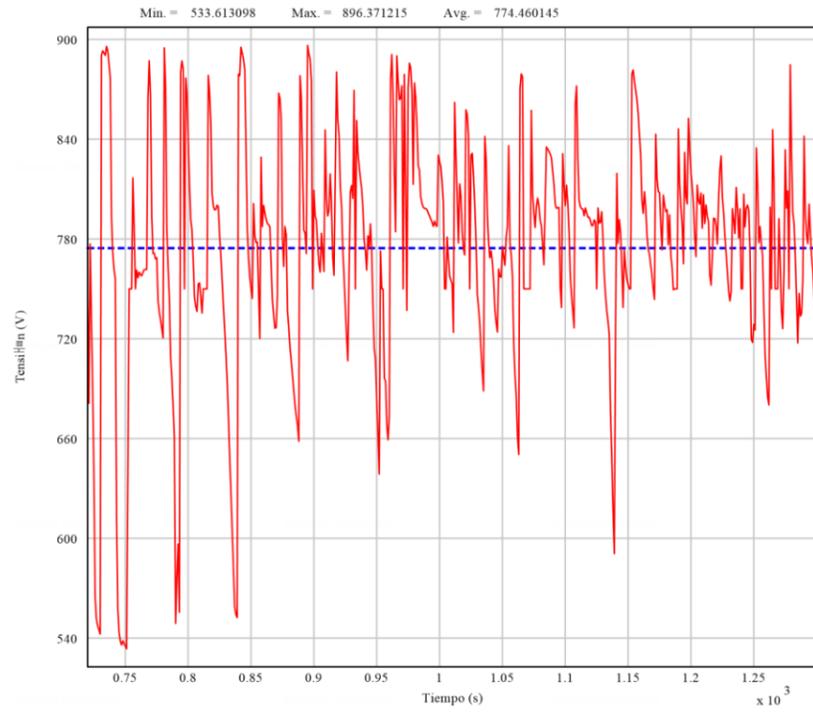


Figura 90. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_12min OPC02

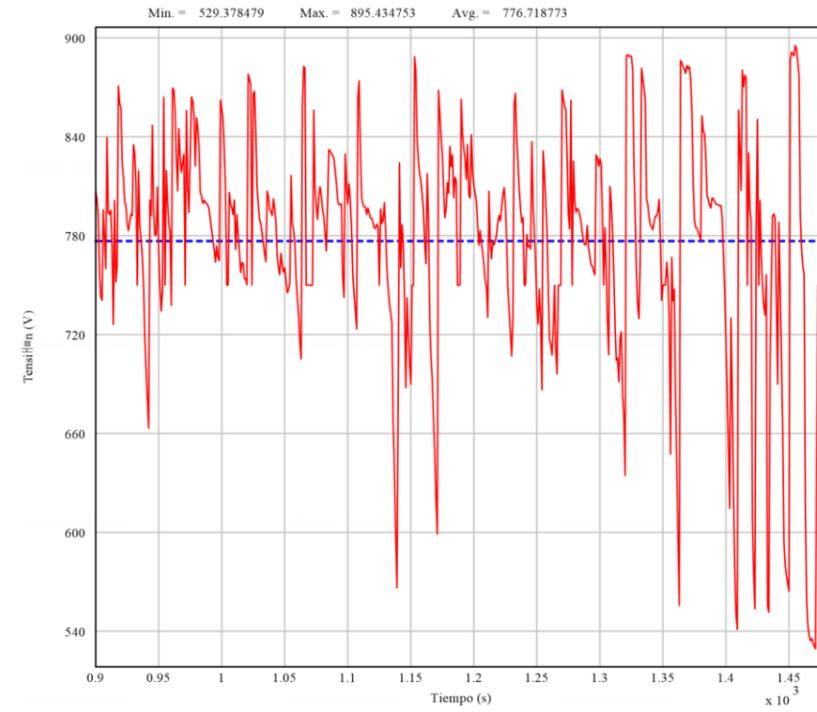


Figura 92. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_12min OPC02

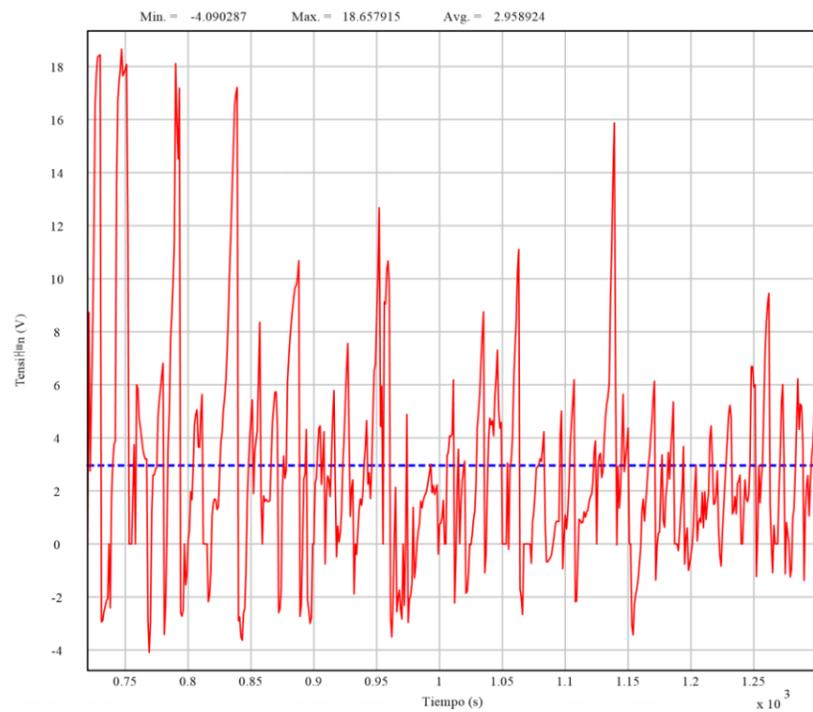


Figura 91. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_12min OPC02

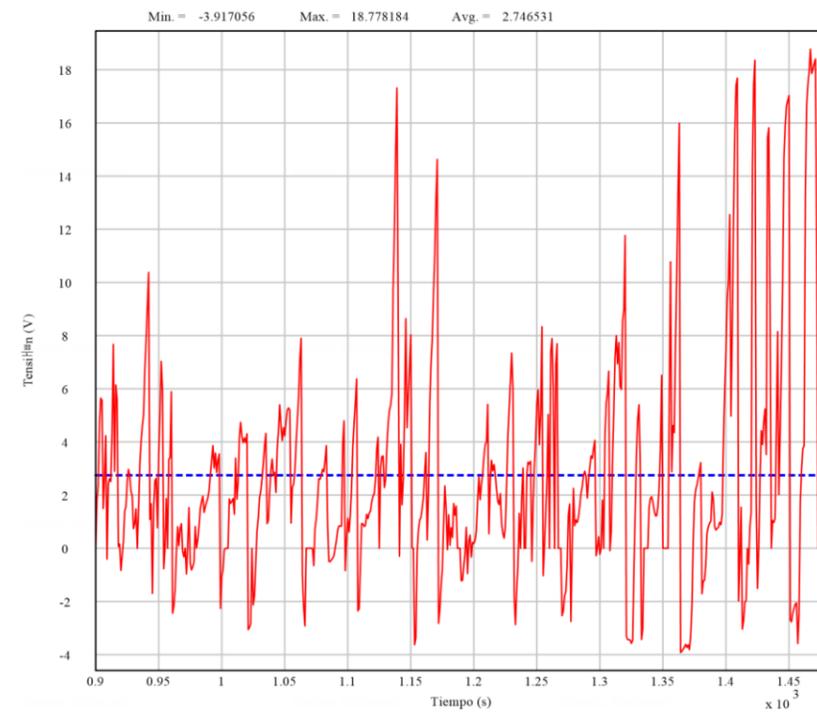


Figura 93. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_12min OPC02

MODO DEGRADADO CASO 3

Tablas resumen

A continuación, se muestra la tabla con los valores más característicos de las subestaciones de tracción:

	S.E. Abetxuko	S.E. Lakua	S.E. América Latina	S.E. Angulema	S.E. Salburua	S.E. Zabalzana	S.E. Bustinzuri
Potencia Nominal (kW)	2 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	1 x 900 kW	2 x 900 kW	2 x 900 kW
Potencia Máxima (kW)	2291.42	1947.13	1293.67	1945.82	1404.54	2829.81	2395.09
Potencia media (kW)	227.24	169.17	231.15	331.65	177.05	429.91	331.20
Corriente Máxima (A)	2794.41	2374.55	1577.65	2372.95	1712.86	3450.98	2920.84
Corriente RMS 2h (A)	482.22	435.75	425.59	573.26	387.29	835.74	606.22

Tabla 28. Tabla resumen \_ 12mins\_Caso3

En la siguiente tabla se muestran los valores más característicos referidos al tren:

Caída de tensión y tensión carril tierra			
Tensión mínima Marituri-Lovaina (V)	556.57	Tensión máxima Rail Marituri-Lovaina (V)	20.61
Tensión mínima Lovaina-Marituri (V)	558.92	Tensión máxima Rail Lovaina-Marituri (V)	18.42
Tensión mínima Aldaia-Lovaina (V)	543.02	Tensión máxima Rail Aldaia-Lovaina (V)	17.98
Tensión mínima Lovaina-Aldaia (V)	538.93	Tensión máxima Rail Lovaina-Aldaia (V)	18.10

Tabla 29. Tabla tensiones \_ 12mins\_Caso1

Gráficos Subestación

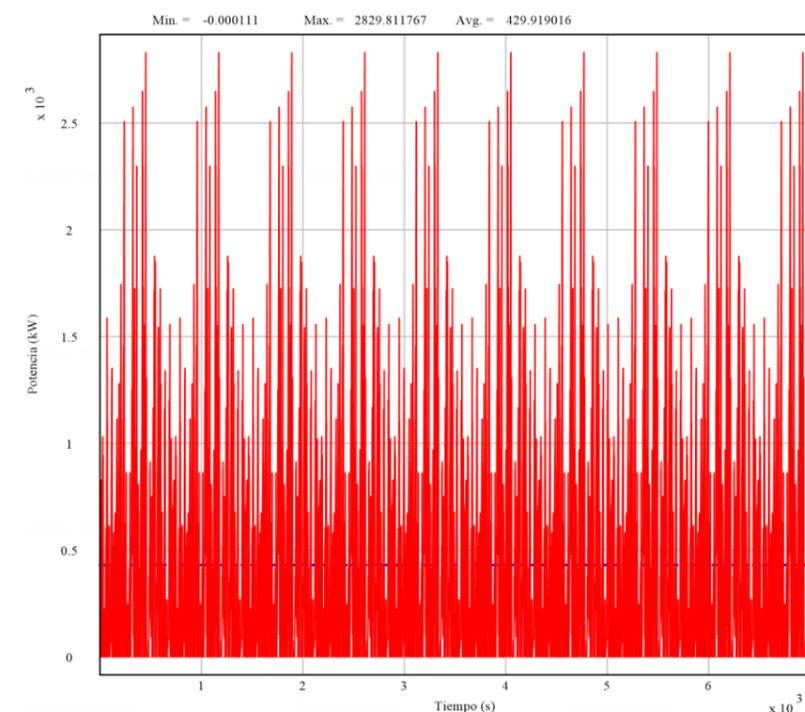


Figura 94. Potencia S.E. Zabalzana\_ 12min\_OPC03

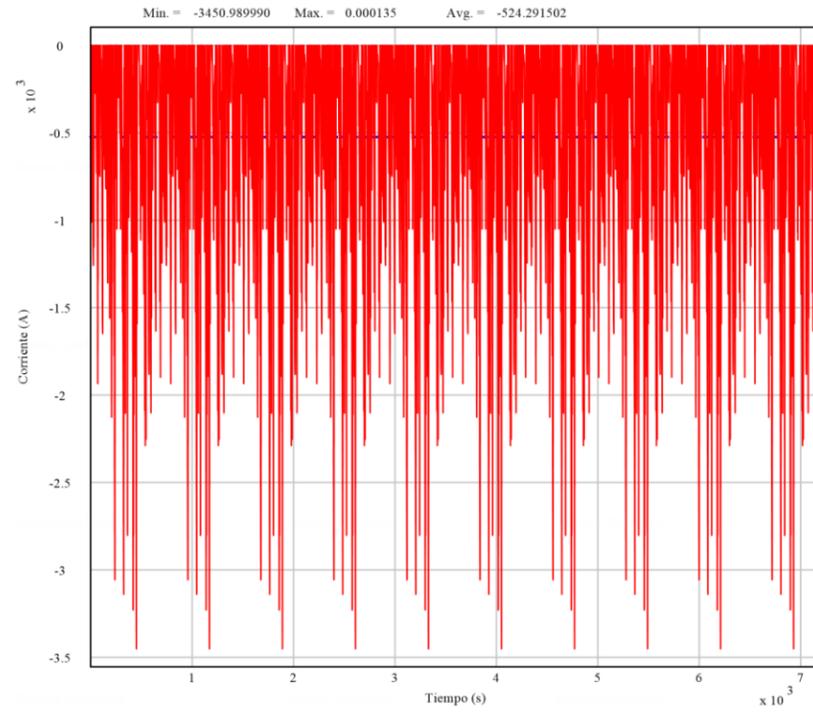


Figura 95. Corriente S.E. Zabalgana\_12min OPC03

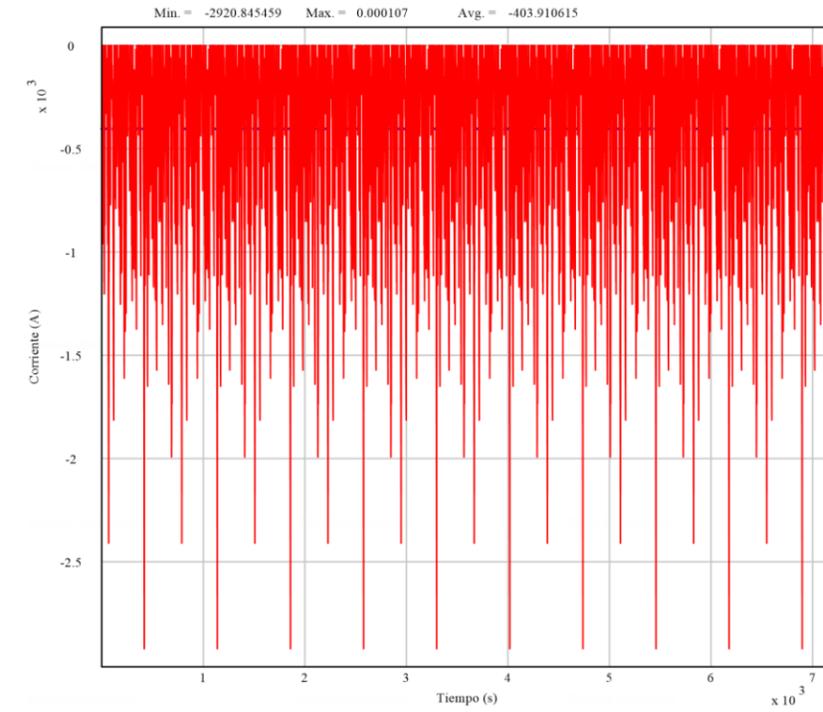


Figura 97. Corriente S.E. Bustinzuri\_12min OPC03

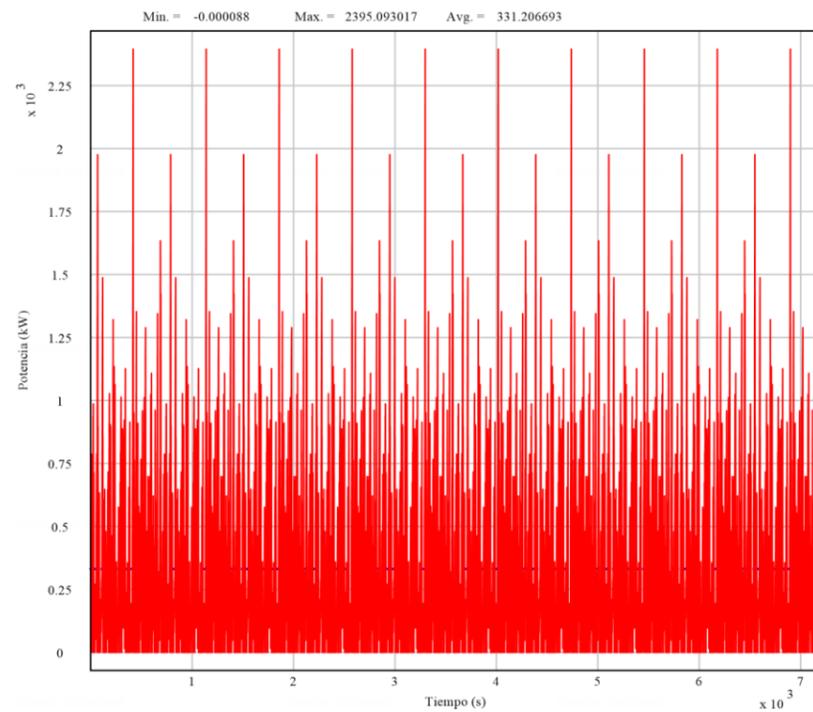


Figura 96. Potencia S.E. Bustinzuri\_12min OPC03

Gráficos de Vehículo

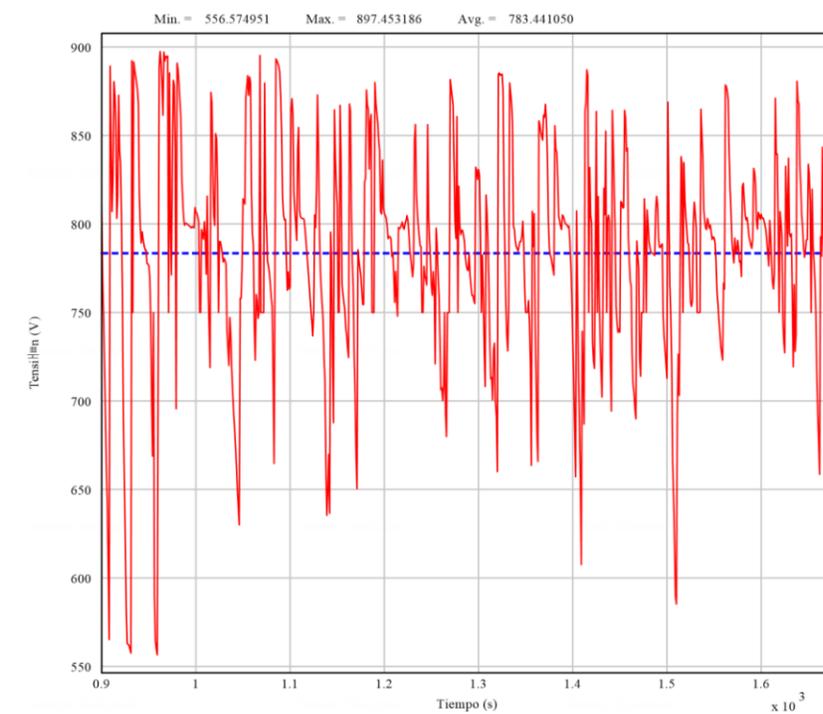


Figura 98. Tensión Pantógrafo Marriturri-Lovaina\_12min OPC03

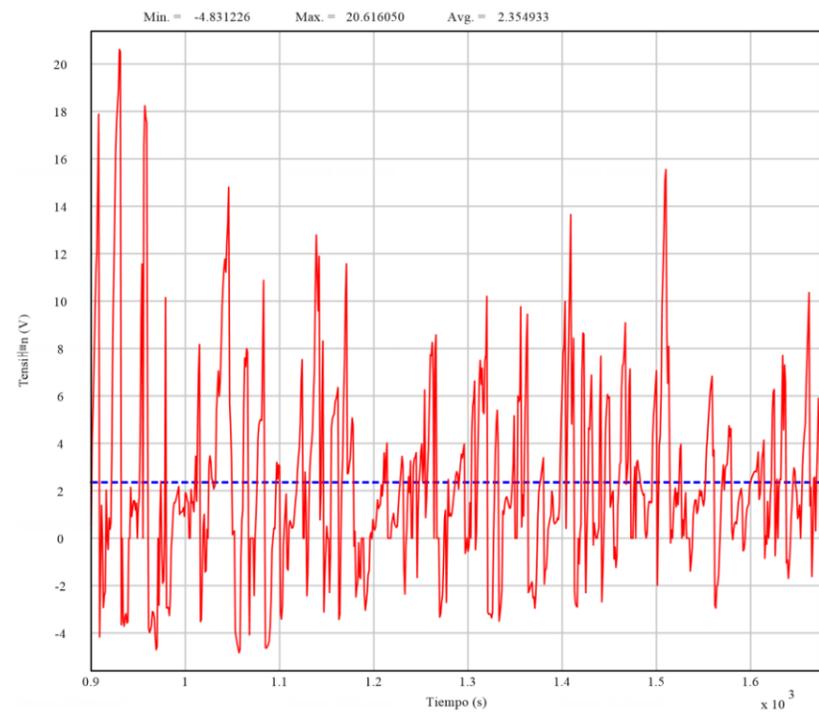


Figura 99. Tensión Rail tierra Marriturri-Lovaina\_12min\_OPC03

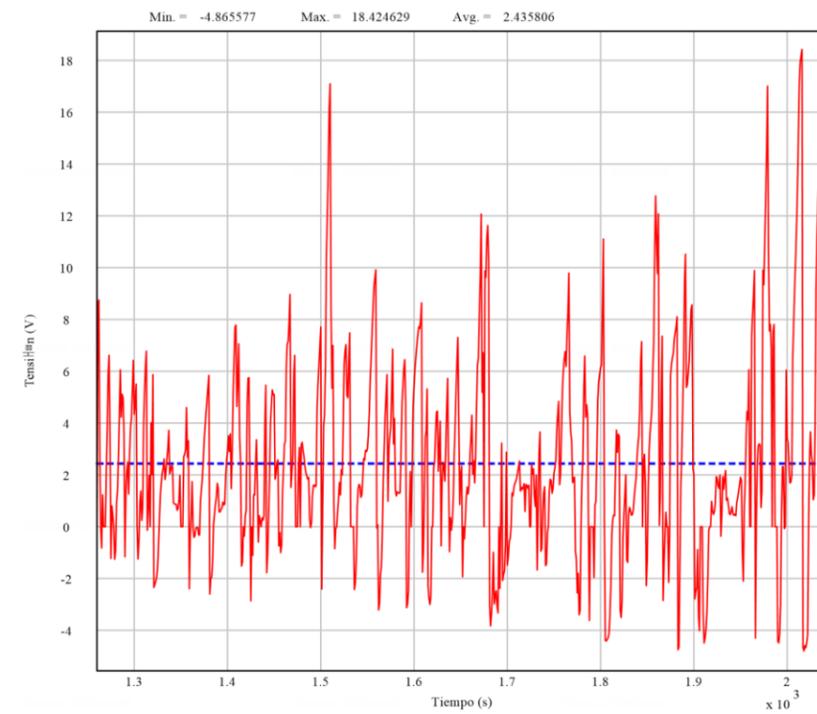


Figura 101. Tensión Rail tierra Lovaina-Mariturri\_12min\_OPC03

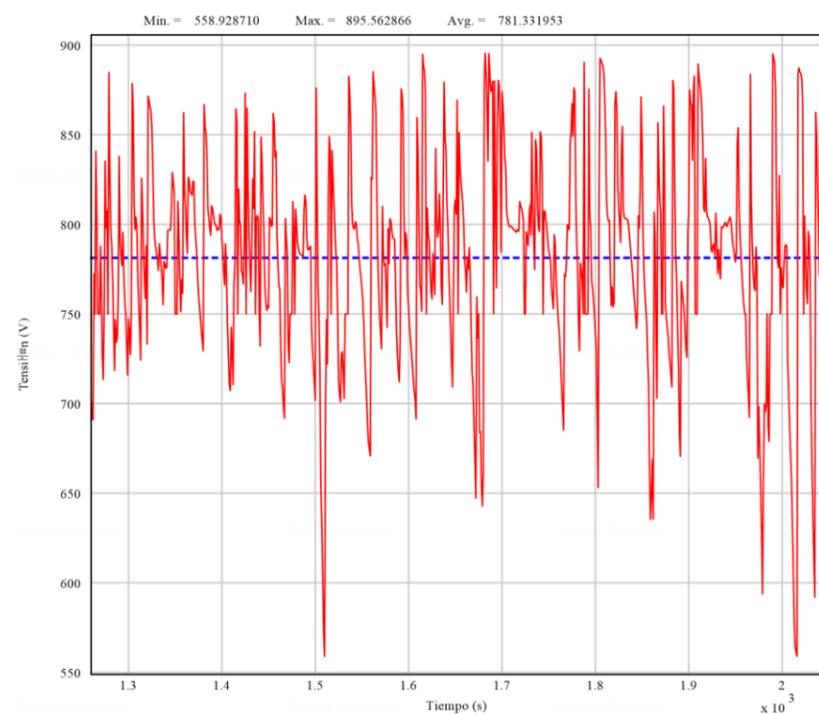


Figura 100. Tensión Pantógrafo Lovaina-Mariturri\_12min\_OPC03

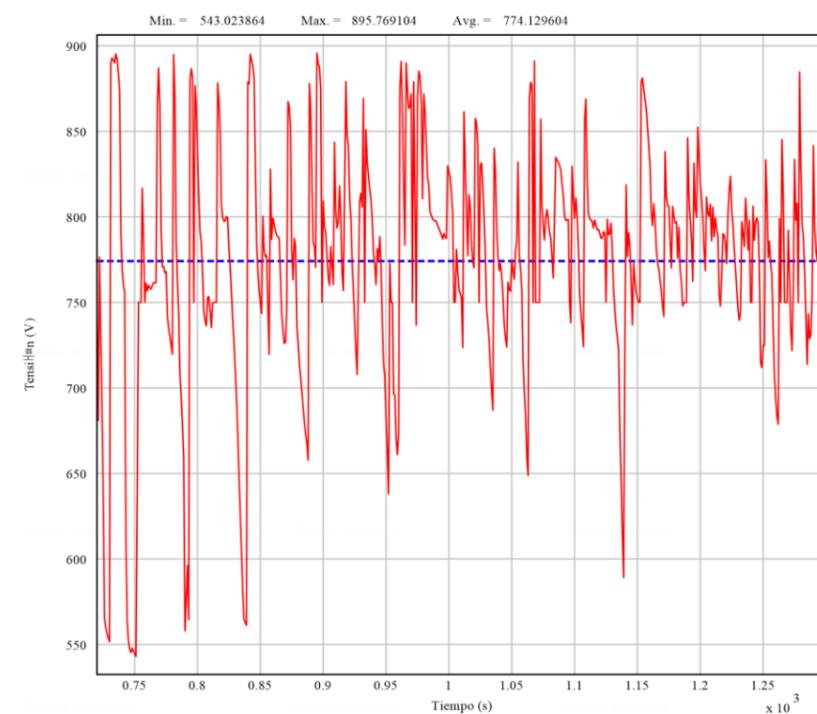


Figura 102. Tensión Pantógrafo Aldaia-Lovaina\_12min\_OPC03

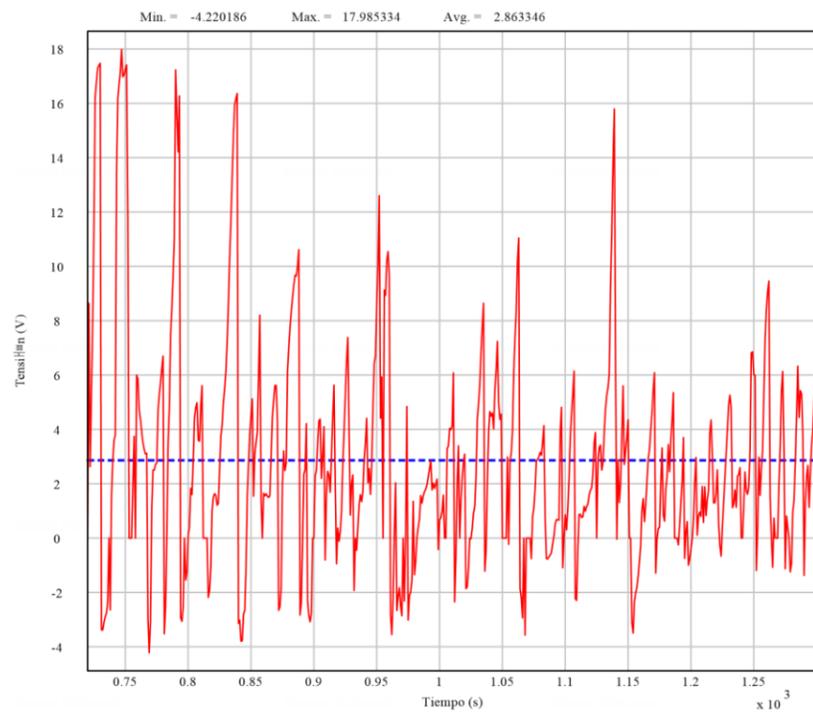


Figura 103. Tensión Rail tierra Aldaia-Lovaina\_12min OPC03

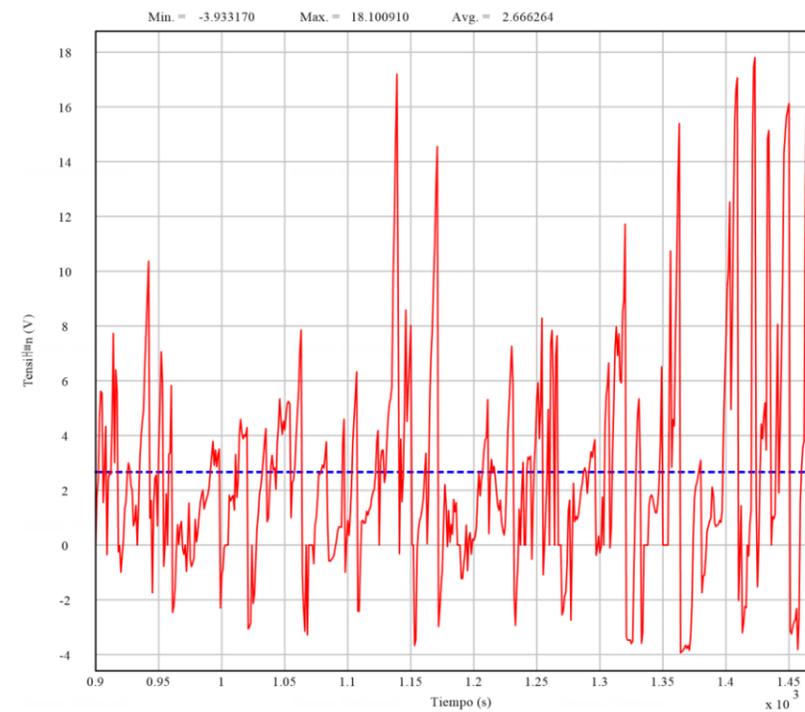


Figura 105. Tensión Rail tierra Lovaina-Aldaia\_12min OPC03

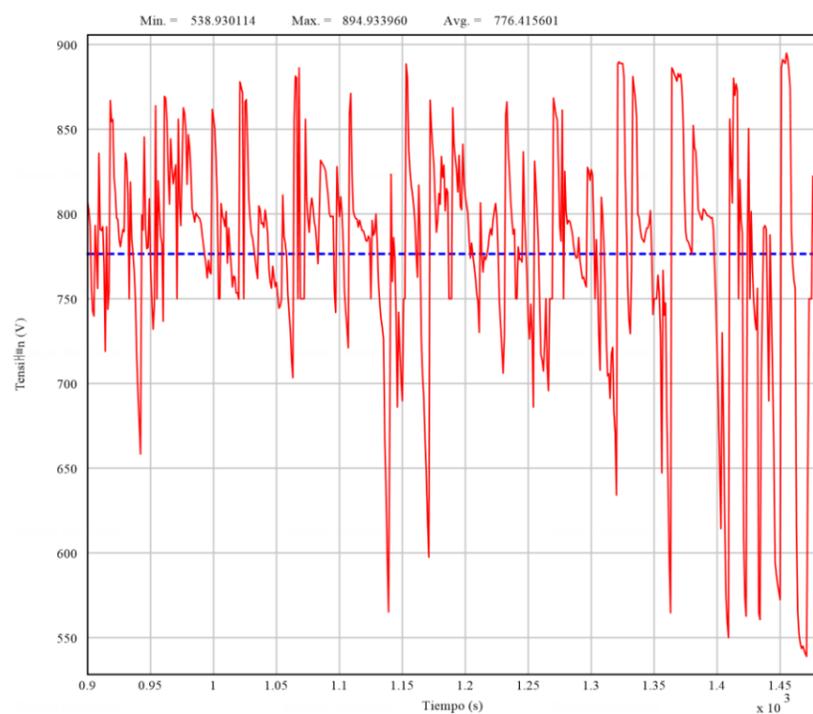


Figura 104. Tensión Pantógrafo Lovaina-Aldaia\_12min OPC03

### 8.2.10. CONCLUSIONES

La instalación propuesta de añadir las subestaciones de Zabalgana y de Bustinzuri para dar energía al nuevo ramal propuesto es suficiente para cumplir con todos los requisitos del Sistema, y no es necesario instalar ninguna subestación adicional en el Sistema, tanto para la operación prevista con 15 minutos de frecuencia como para la futura explotación con 12 minutos de frecuencia en toda la red tranviaria.

Los modos degradados aseguran que hay redundancia eléctrica en todo el sistema.

La tensión en el sistema de alimentación es superior a 500 V, en todas las simulaciones ajustándose a la norma IEC 60850.

La tensión en el sistema de alimentación es inferior a 900 V, en todas las simulaciones ajustándose a la norma IEC 60850.

La tensión de carril a tierra en la ubicación de los vehículos no debe superar los 120 V según EN 50122-1.

La sobrecarga del grupo transformador – rectificador nunca supera el 150% en dos (2) horas, ni el 300% en un (1) minuto ajustándose a la norma IEC 60146-1-1 para los grupos de subestaciones de tracción clase VI.

Esto se confirma tanto con las tablas como con los gráficos aportados en el apartado 8.2.9 del informe, en los que el pico máximo de Potencia y corriente nunca llega al 300% en 1 segundo, por lo que nunca llegará a 1 minuto y así mismo ocurre con la potencia media, nunca llega al 150% de la potencia de las subestaciones durante las horas del pico, por lo que nunca sucederá en 2 horas.

A nivel de subestación, tanto en modo nominal como en modo degradado, no hay indicios de ningún tipo de sobrecarga del transformador, por lo que a nivel de potencia no hay problema en ningún caso, no siendo necesario instalar ninguna otra subestación ni aumentar la potencia proyectada. En cuanto a los niveles de tensión entre el carril y la tierra, ocurre exactamente lo mismo, nunca superan los 120V, por lo que no es necesario instalar ningún alimentador de retorno extra.

En cuanto a las caídas de tensión, los casos más desfavorables es el modo degradado “caso 1”, donde en un instante de la tensión baja a 514.96 V, cerca de los 500V, que es el límite por regulación, pero con un pequeño margen. Como se puede ver en el gráfico, estas caídas de tensión se producen en momentos muy puntuales y dura un segundo o unos pocos segundos, por lo que no sería necesaria la instalación de refuerzos extra.