



**PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA
AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE
VITORIA-GASTEIZ A SALBURUA**

**ANEJO Nº7:
CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DE
CATENARIA**

Indice de Capítulos

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	CATENARIA	2
3.	ESTUDIO ENERGÉTICO.....	3
3.1.	CARGA DE DATOS GEOMÉTRICOS	5
3.2.	CARGA DE DATOS DE LA UNIDAD	5
3.3.	FRECUENCIAS DE SIMULACIÓN	7
4.	ELECTRIFICACIÓN	9
5.	RESULTADOS	10
5.1.	ESCENARIOS	10
5.2.	ESCENARIO 1.....	10
5.2.1.	Tensiones en servicio	10
5.2.2.	Potencia en subestaciones	11
5.3.	ESCENARIO 2.....	12
5.3.1.	Tensiones en servicio	12
5.3.2.	Potencia en subestaciones	12
5.4.	ESCENARIO 3.....	13
5.4.1.	Tensiones en servicio	13
5.4.2.	Potencia en subestaciones	14
5.5.	CONCLUSIONES	14
6.	SECCIONADORES	16

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo: Cálculos eléctricos justificativos de catenaria es definir el dimensionamiento de los equipos de alimentación de energía necesarios para la explotación y el funcionamiento de la línea del tranvía. Se ha tenido en cuenta también las situaciones degradadas.

2. CATENARIA

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. Se ha tenido también, en cuenta las situaciones degradadas para ello es necesario tener en cuenta las siguientes subestaciones:

Estos equipos son los siguientes:

- De distribución de energía de tracción.
 - Desde la subestación existentes: Lakua, Arriaga, América Latina y Angulema.
 - Futuras: 1 subestación en la ampliación de Salburua y otras 2 en la presente extensión (1 en la parte común (Zona del Ayuntamiento y otra el tramo que va hacia Mariturri (entre las paradas Zabalzana y Derechos Humanos)).

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 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.

3. ESTUDIO ENERGÉTICO

El objeto de este apartado es analizar y estudiar la necesidad de una nueva subestación de tracción para el correcto funcionamiento del tranvía de Vitoria dentro del Proyecto de Electrificación del Tranvía de Vitoria Gasteiz a Salburua.

Para realizar el estudio de cada caso se ha tenido en cuenta la geometría de la línea 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 y Angulema.

Para realizar el estudio se han llevado a cabo diversas simulaciones realizadas mediante REPS (Railway Electric Power Simulation). Se trata de una herramienta desarrollada por Idom Consulting, Engineering, Architecture S.A. para la simulación, cálculo y dimensionado eléctrico de los diferentes elementos vinculados a la tracción eléctrica del material rodante.

Ha sido diseñada para sistemas de electrificación en corriente continua y mallados, ofreciendo total libertad para el diseño del trazado mediante nodos y tramos, colocación de subestaciones, feeders, seccionadores y así como la definición de los diferentes servicios que configuran una malla de explotación ferroviaria, tal y cómo se aprecia en las siguientes figuras:

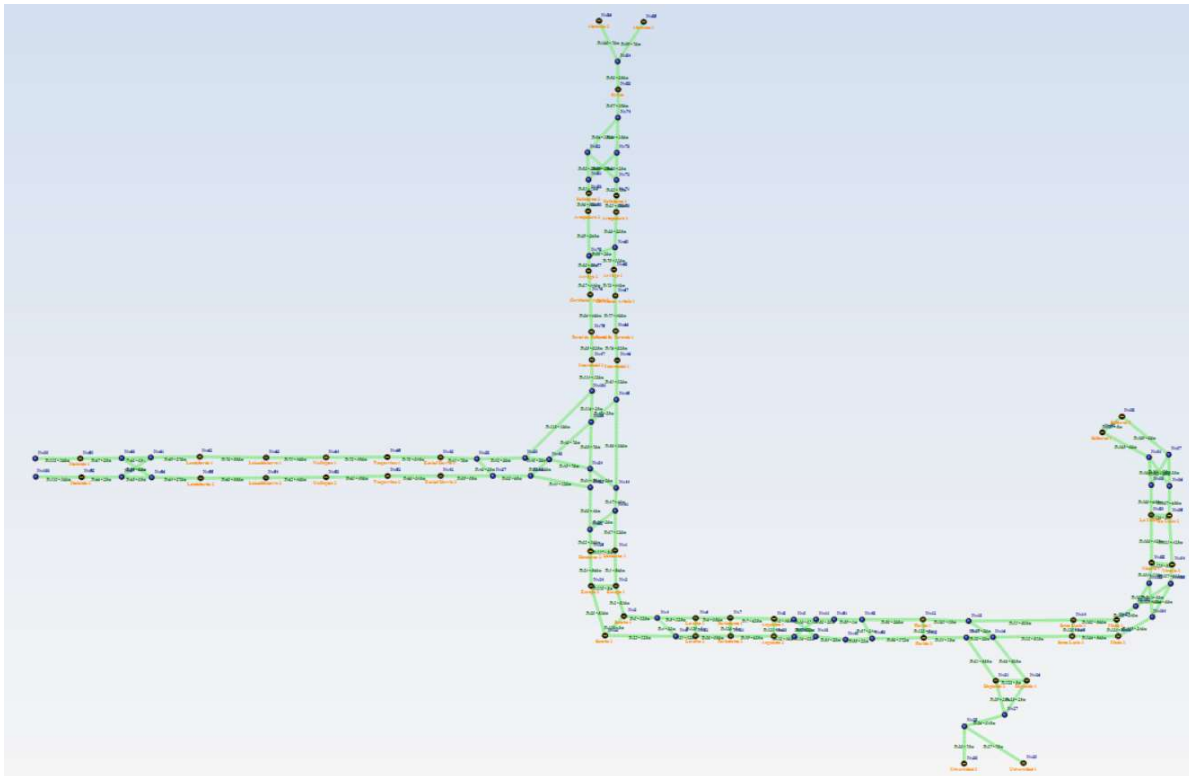


Figura 1. Trazado geométrico modelizado en REPS

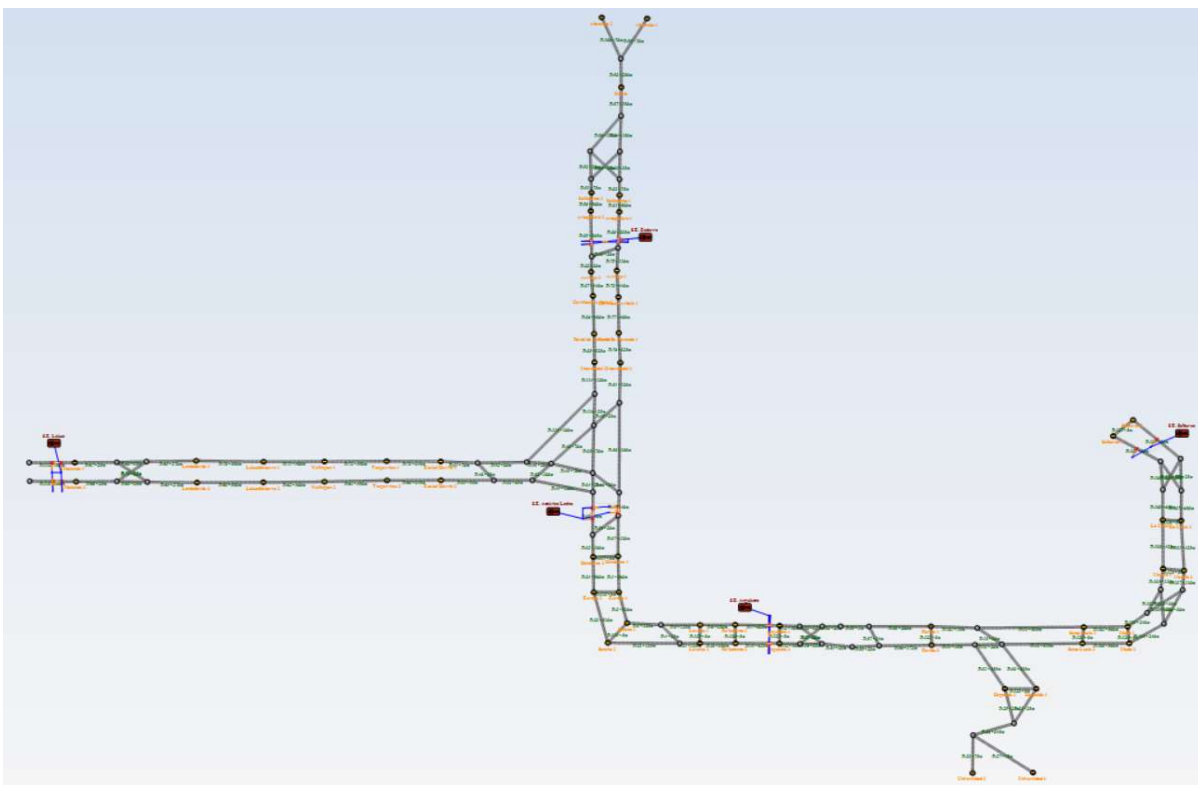


Figura 2. Características eléctricas del trazado modelizadas en REPS

3.1. CARGA DE DATOS GEOMÉTRICOS

En toda la Línea y trayectos se ha realizado la carga de los siguientes datos:

- P.K. de las Paradas
- Datos geométricos de Alzado
- Datos geométricos de Planta

Los resultados se presentan en el apartado 5.

3.2. CARGA DE DATOS DE LA UNIDAD

El siguiente paso ha sido cargar los datos de la unidad considerándose los valores más críticos en relación al peso (unidades cargadas al máximo de pasajeros).

- Peso: 75.620 Kg (peso máximo). Se ha considerado 4 pasajeros/m².
- Curva Esfuerzo - Velocidad en tracción:

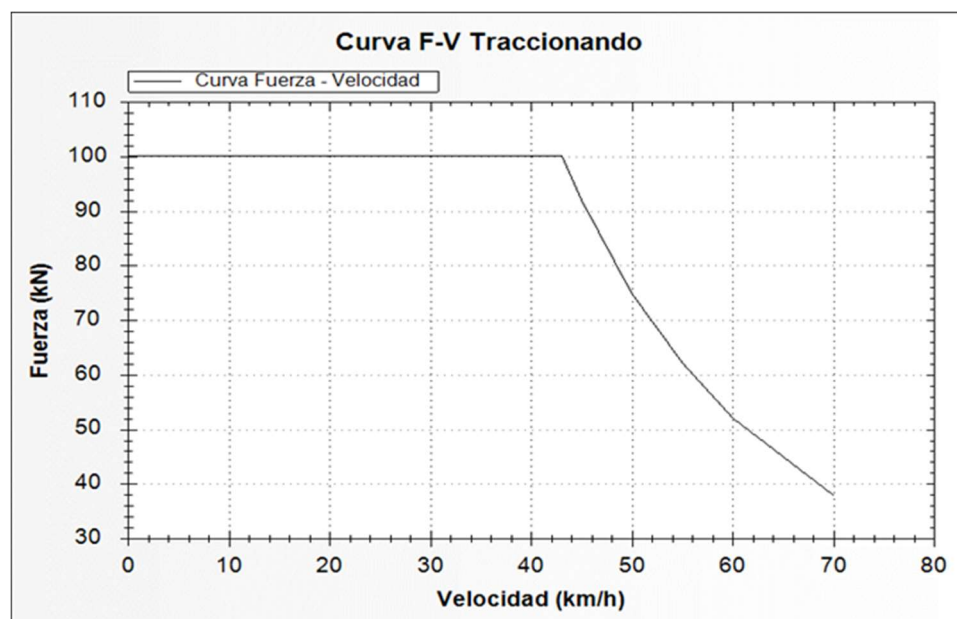


Figura 3. Curva Esfuerzo - Velocidad en tracción

- Curva Esfuerzo - Velocidad en frenada:

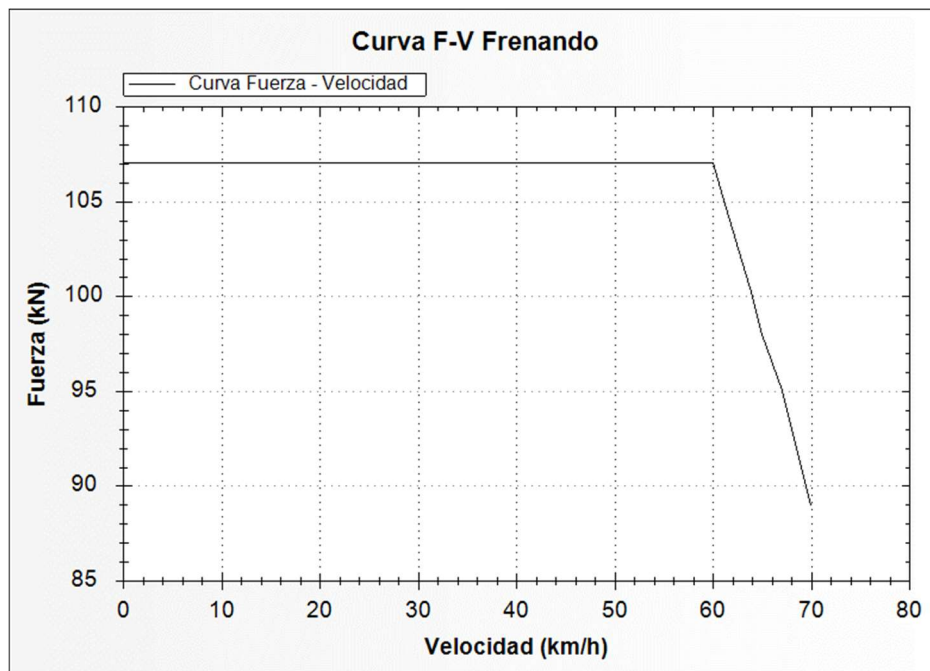


Figura 4. Curva Esfuerzo - Velocidad en frenada

- Aceleración máxima:
 - 1,21 m/s² en tracción
 - 1,35 m/s² en frenada
- Aceleración máxima no compensada: 0,68 m/s²
- Sección frente al viento: 3,3 metros de alto por 2,5 metros de ancho
- Curvas Intensidad - Velocidad en tracción:

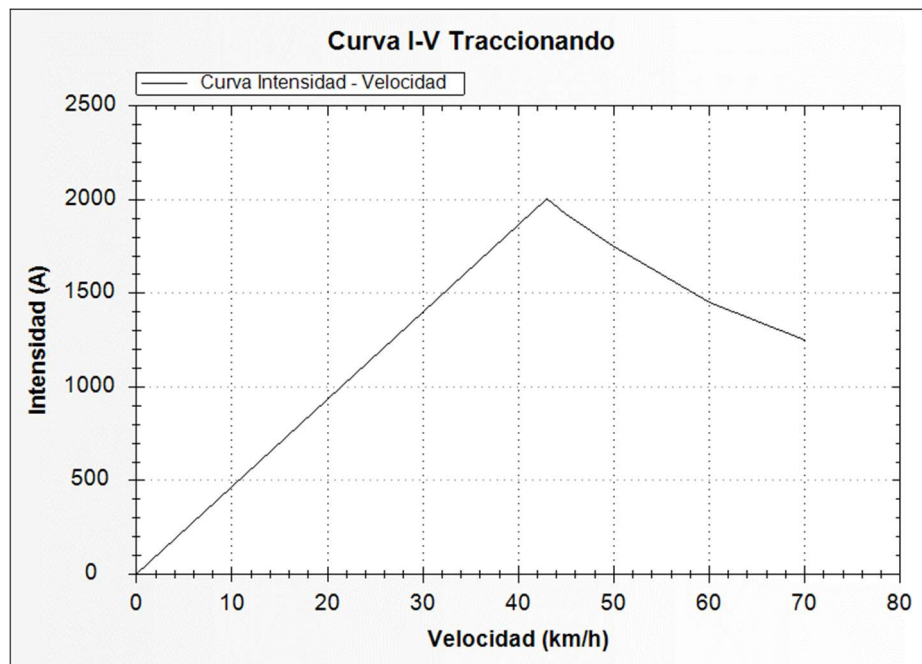


Figura 5. Curvas Intensidad - Velocidad en tracción

- Curvas Intensidad - Velocidad en frenada:

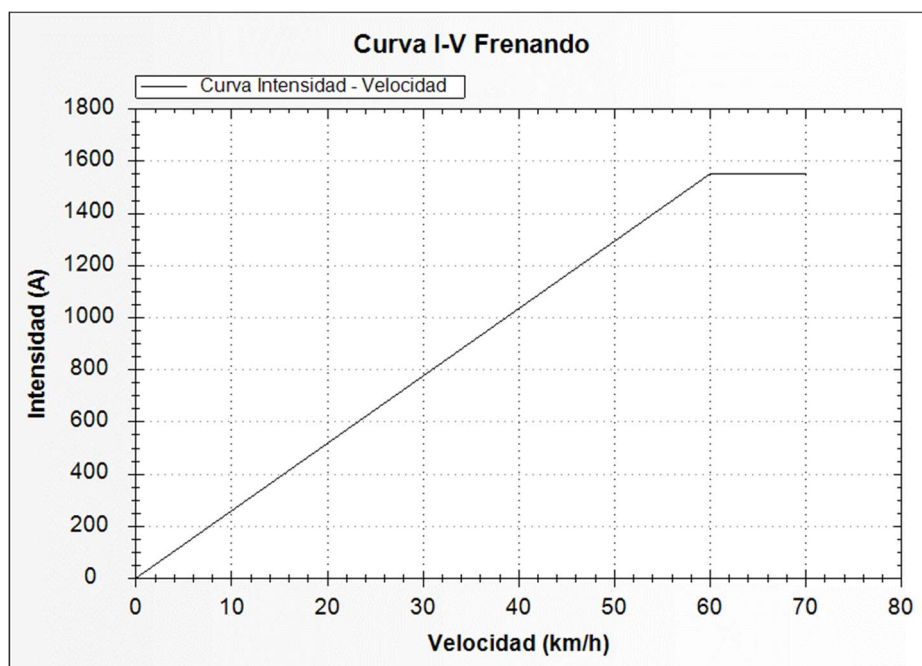


Figura 6. Curva Intensidad - Velocidad en frenada

3.3. FRECUENCIAS DE SIMULACIÓN

Una vez realizada la carga de los datos geométricos y las características de la unidad, el programa ha calculado y acotado la velocidad límite para con cada uno de los tramos

4. ELECTRIFICACIÓN

Para la situación futura se ha supuesto lo siguiente:

- Tensión nominal de 750 V_{cc} y tensión en vacío de 820 V_{cc}, con una resistencia interna por de 0,058 Ω por cada grupo rectificador.
- Línea aérea tranviaria compuesta por un hilo de contacto de cobre de sección 150 mm² con desgaste máximo según norma de un 30%, por lo que a efectos eléctricos se consideran 105 mm².
- Feeder de acompañamiento de aluminio con sección 240 mm² por vía, excepto en los siguientes casos:
 - Tramo de vía única en el ramal de Universidad: 4x240 mm² de aluminio.
 - Tramo de vía única en el ramal de Abetxuko: 2x240 mm² de aluminio.
- Retorno por cada uno de los cuatro carriles de vía supuesto desgastado un 15%, por lo que colaboran en el retorno 4 x 5893,9 = 23.575,60 mm² de acero.
- Las resistividades de cada material han sido consideradas de la siguiente manera:
 - Para el cobre a 80 °C una resistividad de 2,15 x 10⁻⁸ Ωm.
 - Para el aluminio a 80 °C una resistividad de 3,43 x 10⁻⁸ Ωm.
 - Para el acero a 50 °C una resistividad de 2,6 x 10⁻⁷ Ωm.

5. RESULTADOS

5.1. ESCENARIOS

En la siguiente tabla, se indican los distintos escenarios tenidos en cuenta en cada una de las simulaciones. Se indica en verde cuando se ha considerado que en la subestación funcionan todos los grupos y en rojo cuando falla uno de los dos. Para la subestación de América Latina se ha considerado la pérdida de uno de sus tres grupos.

	Abetxuko	Lakua	América Latina	Angulema	Salburua
Escenario 1					
Escenario 2					
Escenario 3					

Tabla 1. Escenarios degradados

5.2. ESCENARIO 1

5.2.1. Tensiones en servicio

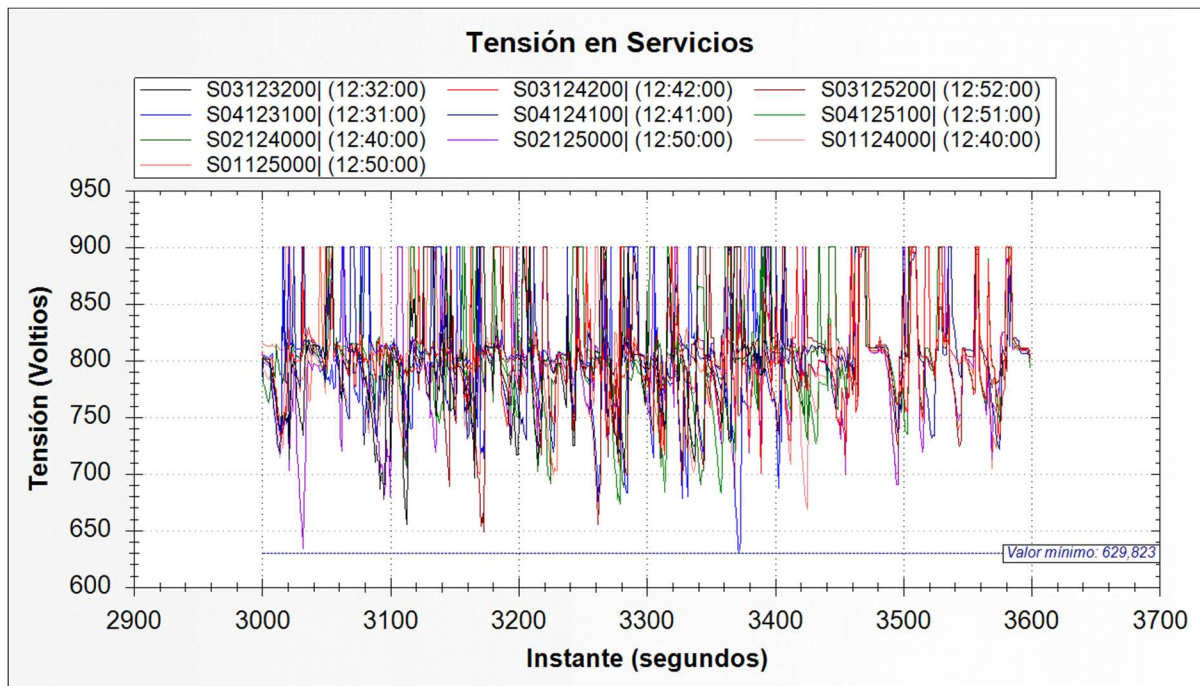


Figura 8. Tensiones en servicio para el escenario 1

5.2.2. Potencia en subestaciones

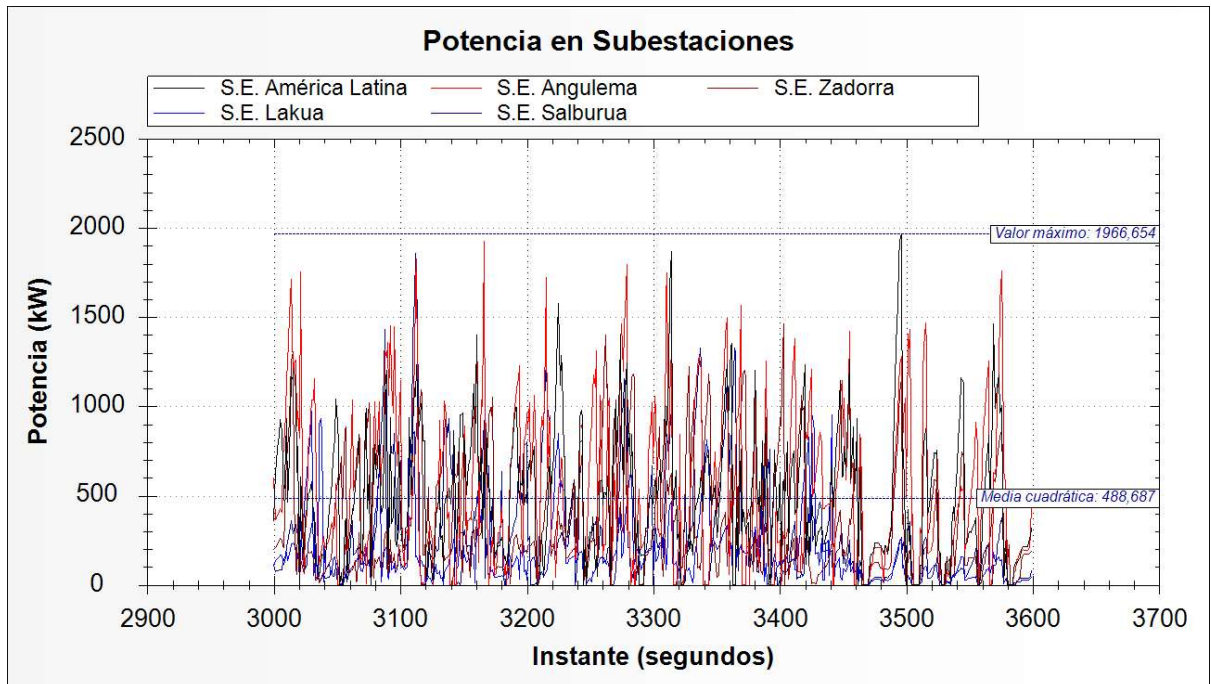


Figura 9. Potencia en subestaciones para el escenario 1

Subestación	Estado	Potencia nominal (kW)	Pot. Media Cuadrática (kW)	P. Máx (pico) (kW)
S.E. América Latina	ACTIVA	2700	622,62	1966,65
S.E. Angulema	ACTIVA	1800	690,43	1926,08
S.E. Zadorra	ACTIVA	1800	459,45	1459,68
S.E. Lakua	ACTIVA	1800	260,44	974,64
S.E. Salburua	ACTIVA	1800	410,50	1858,38

Tabla 2. Potencia en subestaciones para el escenario 1

5.3. ESCENARIO 2

5.3.1. Tensiones en servicio

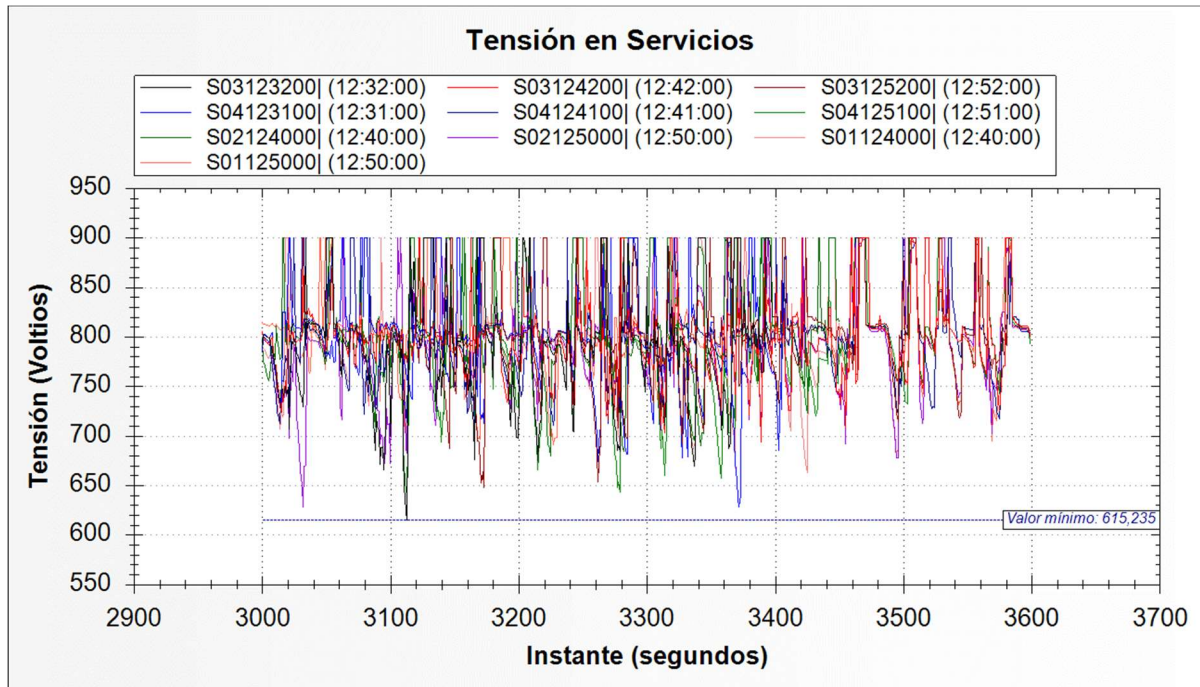


Figura 10. Tensiones en servicio para el escenario 2

5.3.2. Potencia en subestaciones

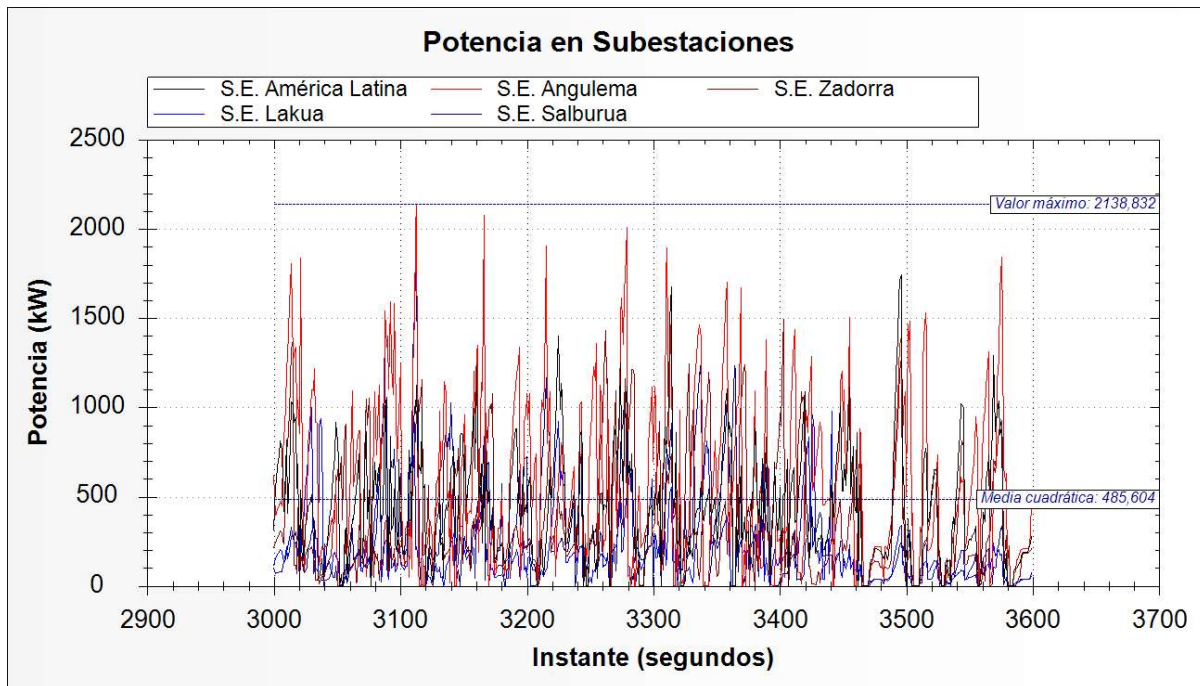


Figura 11. Potencia en subestaciones para el escenario 2

Subestación	Estado	Potencia nominal (kW)	Pot. Media Cuadrática (kW)	P. Máx (pico) (kW)
S.E. América Latina	FALLO DE 1 GRUPO	1800	543,42	1745,49
S.E. Angulema	ACTIVA	1800	746,80	2138,83
S.E. Zadorra	ACTIVA	1800	485,86	1494,08
S.E. Lakua	ACTIVA	1800	277,55	998,56
S.E. Salburua	FALLO DE 1 GRUPO	900	374,39	1768,35

Tabla 3. Potencia en subestaciones para el escenario 2

5.4. ESCENARIO 3

5.4.1. Tensiones en servicio

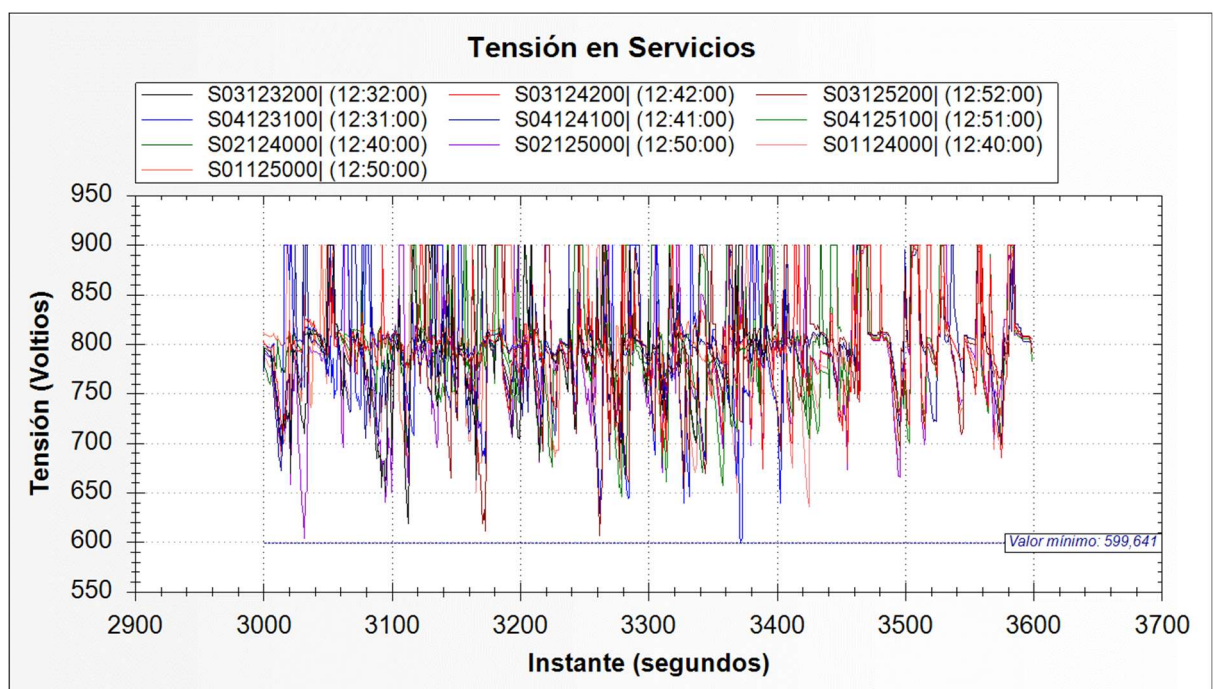


Figura 12. Tensiones en servicio para el escenario 3

5.4.2. Potencia en subestaciones

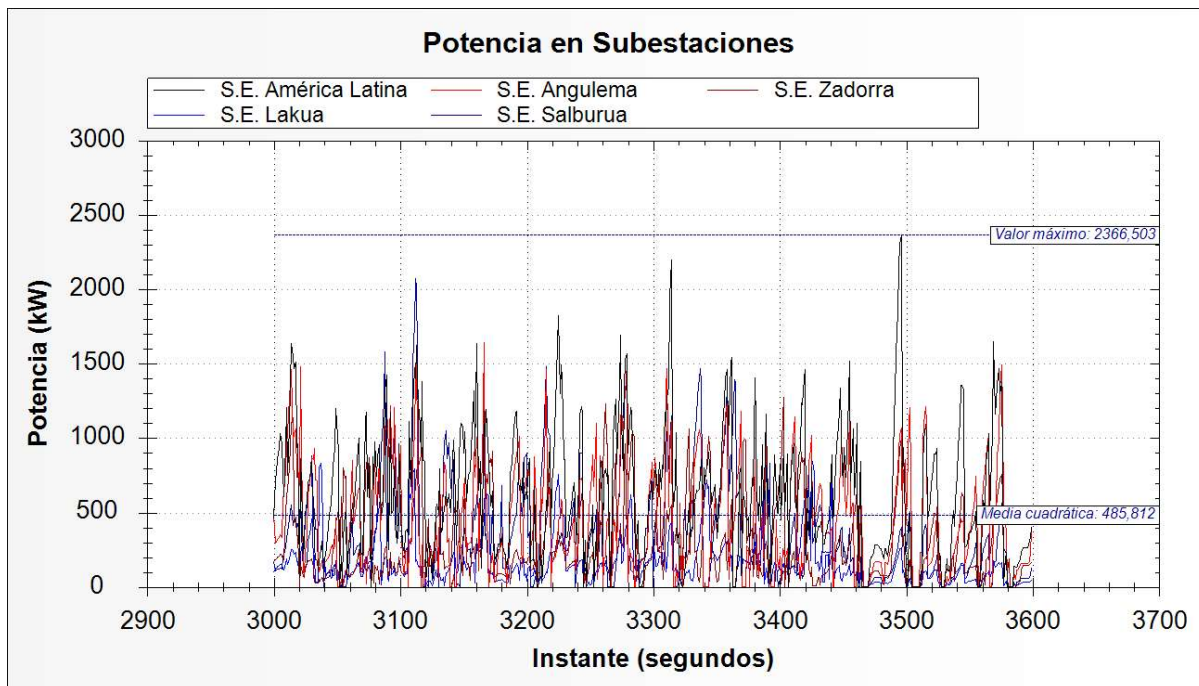


Figura 13. Potencia en subestaciones para el escenario 3

Subestación	Estado	Potencia nominal (kW)	Pot. Media Cuadrática (kW)	P. Máx (pico) (kW)
S.E. América Latina	ACTIVA	2700	763,02	2366,50
S.E. Angulema	FALLO DE 1 GRUPO	900	563,82	1640,16
S.E. Zadorra	FALLO DE 1 GRUPO	900	393,97	1275,20
S.E. Lakua	FALLO DE 1 GRUPO	900	237,41	882,87
S.E. Salburua	ACTIVA	1800	470,83	2073,83

Tabla 4. Potencia en subestaciones para el escenario 3

5.5. CONCLUSIONES

Como conclusión a las simulaciones realizadas según los escenarios analizados se puede afirmar la necesidad de instalación una subestación en la extensión del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua y la utilización de feeder de 2 x 240 mm² Al.

Las caídas de tensión de los servicios, 599,64 V_{cc} en el peor escenario. En cualquier caso se mantienen por encima del límite inferior de 500 V_{cc}, lo cual garantiza un correcto funcionamiento de las unidades.

Debido a la gran irregularidad de la demanda en los servicios ferroviarios que provocan puntas de demanda durante unos segundos, los grupos transformador – rectificador permiten una potencia del 150% del valor nominal durante dos horas, y del 300% durante 1 minuto. Para verificar que la potencia instalada en las subestaciones es válida hay que considerar la potencia media cuadrática, que en todos los escenarios es inferior al valor nominal.

El estudio de simulación de consumos se ha realizado suponiendo las peores condiciones de explotación energéticamente hablando, que supone que los tranvías circulan totalmente cargados y aceleran a máxima potencia en todos los casos.

6. SECCIONADORES

En la siguiente tabla, se indican los cálculos de los seccionadores

Ampliación a Salburua Tranvía de Vitoria-Gasteiz - Cálculos Cables de alimentación accionamientos LAT

Nº	Descripción Circuito	CIRCUITO						CABLE				INTENSIDAD TERMICA ADMISIBLE				CAIDA DE TENSION			
		Tensión (V)	Potencia (kW)	Potencia equipo (kW)	Factor Potencia	Intensidad Cálculo (A)	Intensidad por calentamiento (A)	Tipo	Tipo(s) UNE)	Nº cable s/fase	Dimensionado de Cable	Long. (m)	Intensidad Adm/cable (A) nominal (al aire)	Intensidad Adm nominal (al aire)	Factores Corrección	Intensidad Adm cable	Intensidad Admisible	Factor K	C.T. (V)
ALIMENTACIÓN SECCIONADOR																			
Desde S/E Salburua	Consumo normal 3 A	230	0.69	0.69	0.95	3.16	4.51 III	RZ1-K 0,6/1 kV	1	2 (1x 25)	mm2 Cu	1884	115	115	0.7	SI	1.59	9.47	4.12%
Desde S/E Salburua	Pico arranque 9 A	230	2.07	2.07	0.95	9.47	13.53 III	RZ1-K 0,6/1 kV	1	2 (1x 25)	mm2 Cu	1884	115	115	0.7	SI	1.59	28.37	12.33%
Desde S/E Angulema	Consumo normal 3 A	230	0.69	0.69	0.95	3.16	4.51 II	RZ1-K 0,6/1 kV	1	2 (1x 25)	mm2 Cu	1615	115	115	0.7	SI	1.59	8.11	3.53%
Desde S/E Angulema	Pico arranque 9 A	230	2.07	2.07	0.95	9.47	13.53 II	RZ1-K 0,6/1 kV	1	2 (1x 25)	mm2 Cu	1615	115	115	0.7	SI	1.59	24.32	10.57%