Zaragoza
AYUNTAMIENTO

Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una

Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Anexo IV. Análisis Ambiental

Zaragoza, 27 de mayo 2016

idom TYPSA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 7

2. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE ALTERNATIVAS 8

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN 10

3.1. RUIDO 10

3.2. ARBOLADO Y ZONAS VERDES 10

3.3. PATRIMONIO CULTURAL 10

4. ARBOLADO Y ZONAS VERDES 11

4.1. ANÁLISIS GENERAL 11

4.2. ALTERNATIVAS 1 Y 4 12

4.3. ALTERNATIVAS 2 Y 3 13

4.4. RAMALES DE LAS FUENTES – SAN JOSÉ 16

4.5. EXTENSIÓN A LA CARRETERA MADRID 16

4.6. ÁRBOLES SINGULARES 17

4.7. CONCLUSIONES 20

5. RUIDO 22

5.1. EXPOSICIÓN 22

5.2. ELEMENTOS QUE GENERAN RUIDO 23

5.2.1. Estudio de Demanda 24

5.2.2. Caracteríticas del trazado 25

6. EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES, CONSUMO ENERGÉTICO Y COSTE ECONÓMICO 27

6.1. EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN EL CUARTO AÑO DE EXPLOTACIÓN 27

6.1.1. Datos de partida 27

6.1.2. Cálculo de las emisiones de gases contaminantes 28

6.2. CONSUMO ENERGÉTICO 29

6.2.1. Datos de partida 29

6.2.2. Cálculo del consumo energético 30

6.3. COSTE ECONÓMICO EMISIONES CO_2 31

6.3.1. Datos de partida 31

6.3.2. Cálculo del coste económico 31

6.4. EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO 32

6.4.1. Datos de partida 33

6.4.2. Evolución en el tiempo de los parámetros durante los 30 años de explotación 33

7. RESIDUOS PELIGROSOS 35

8. PATRIMONIO CULTURAL 36

APÉNDICE 1 – ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LAS ALTERNATIVAS 2 Y 3 DE LA LÍNEA 2 DEL TRANVÍA EN EL PASEO CONSTITUCIÓN

APÉNDICE 2 – VIABILIDAD DE ALTERNATIVAS DE LA LÍNEA 2 DEL TRANVIA. ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO CULTURAL

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción básica de alternativas 8

Tabla 2. Resultados de modelo de demanda por alternativa. Año 4 9

Tabla 3. Proyecciones de demanda. % sobre demanda calculada 9

Tabla 4. Número de ejemplares afectados por cada una de las alternativas 11

Tabla 5. Arbolado afectado por la alternativa 1 12

Tabla 6. Arbolado afectado por la alternativa 4 13

Tabla 7. Arbolado afectado por la alternativa 2 14

Tabla 8. Arbolado afectado por la alternativa 3 15

Tabla 9. Arbolado afectado por el ramal de Las Fuentes (común en todas las alternativas)....16

Tabla 10. Arbolado afectado por el ramal de San José. (Común en todas las alternativas) 16

Tabla 11. Arbolado afectado por la extensión a la carretera Madrid 17

Tabla 12. Árboles singulares de Zaragoza con posibilidad de ser afectados por alguna de las alternativas. 18

Tabla 13. Arbolado afectado y características por cada una de las alternativas (incluye el ramal de Las Fuentes San José) y la extensión a la carretera Madrid....20

Tabla 14. Superficies (m^2) de zonas verdes afectadas por cada alternativa....21

Tabla 15. Población y porcentaje de ésta respecto al total dentro de las bandas de 0 a 20, de 20 a 30 y de 30 a 50 m de cada una de las alternativas....22

Tabla 16. Metros lineales a 30 m del límite exterior de los ejes del tranvía de la zonificación del suelo....23

Tabla 17. Tráfico privado en la situación actual en las calles afectadas por cada una de las alternativas....24

Tabla 18. Tráfico privado en la situación futura en las calles afectadas por cada una de las alternativas....24

Tabla 19. Diferencia de vehículos privados de la actual y futura 24

Tabla 20. Longitudes según la pendiente de cada una de las alternativas y los ramales comunes a todas las alternativas de Las Fuentes y San José....26

Tabla 21. Tramos de curvas, rectas y clotoides de cada una de las alternativas y el ramal de Las Fuentes y San José....26

Tabla 22. Emisiones de contaminantes para el cuarto año de explotación por tipo de transporte y para cada una de las alternativas, así como el sumatorio de cada uno de los parámetros 29

Tabla 23. Consumo energético total anual por tipo de transporte y para cada una de las alternativas, así como el sumatorio del consumo energético para todas las alternativas 30

Tabla 24. Coste anual de las emisiones de CO_2 por tipo de transporte y para cada una de las alternativas así como el sumatorio del coste anual de CO_2....32

Tabla 25. Emisiones, consumo energético y coste económico durante los 30 años de explotación para cada una de las alternativas por modos 34

Tabla 26. Emisiones, consumo energético y coste económico durante los 30 años de explotación para cada una de las alternativas. Total....35

Tabla 27. Tn de fibrocemento estimadas para cada una de las alternativas 35

Tabla 28. Bienes de Interés Cultural Identificados en los trazados del ramal de las Fuentes San José y las distintas alternativas 37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de alternativas 8

Ilustración 2. Tramificación del Paseo Constitución según las propuestas de actuación en la estructura del cubrimiento del río Huerva 13

Ilustración 3. Vista de dos ejemplares de magnolio (Magnolia soulangiana) emplazados en el Paseo de la Constitución 14

Ilustración 4. Detalle del arbolado identificado por especies en el Paseo de la Constitución 15

Ilustración 5. Detalle del emplazamiento del Platanero de sombra respecto a las alternativas 3 y 4 18

Ilustración 6. Detalle del emplazamiento del Chopo negro respecto al trazado de las alternativas 1 y 4 en la calle de Conde Aranda 19

Ilustración 7. Detalle del emplazamiento del chopo negro en el puente de San Miguel 19

Ilustración 8.Detalle del emplazamiento del chopo negro (nº 46) 20

Ilustración 9. Zonificación acústica según la ordenanza municipal de ruido 23

Ilustración 10. Bienes de Interés Cultural 36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Arbolado afectado según su tamaño por cada una de las alternativas y la extensión desde la glorieta de los Enlaces por la Crta. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con la Ronda Ibón de Plan 20

Gráfico 2. Arbolado afectado según su estado por cada una de las alternativas y la extensión desde la glorieta de los Enlaces por la Crta. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con la Ronda Ibón de Plan 21

1. INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta un análisis de las principales variables medioambientales que pueden verse afectadas por cada una de las alternativas planteadas para la L2 del tranvía de Zaragoza.

Se han estudiado independientemente diversos elementos ambientales para cada una de las alternativas, para los ramales de Las Fuentes y San José y para la extensión de la carretera Madrid desde la Av. de Madrid.

Los elementos estudiados son los siguientes:

- **Vegetación**: Arbolado, zonas verdes y árboles singulares
- **Ruido**: de éste se ha estudiado la exposición (población expuesta y zonificación municipal del ruido) y los elementos que generan ruido (tráfico rodado, características de los trazados para cada alternativa –Pendientes y radios de giro-), las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y el patrimonio cultural.
- **Emisión de gases contaminantes, consumo energético y coste de las emisiones**
- **Residuos peligrosos (tuberías de fibrocemento)**
- **Patrimonio cultural**

2. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE ALTERNATIVAS

A fin de simplificar la comprensión del documento, se efectúa a continuación un resumen con la descripción básica de las diferentes alternativas analizadas, así como los escenarios evaluados y resultados de los mismos.

Las alternativas analizadas son las siguientes:

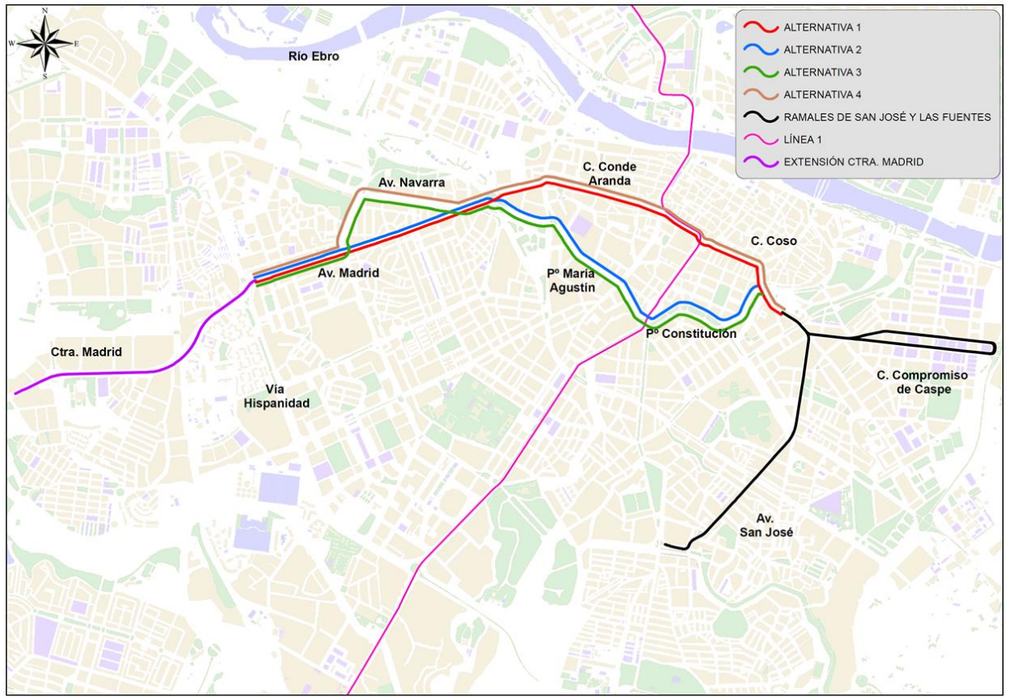


Ilustración 1. Plano de alternativas

Tabla 1. Descripción básica de alternativas

Alternativa		Itinerario	Longitud en operación (km)	Nº paradas
Abreviatura	Descripción			
Alt_1	Alternativa 1	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/ Conde Aranda – c/ Coso – Pza. España – c/ Coso – Plaza San Miguel – c/ Espartero – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 3,92 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 8,56	19
Alt_2	Alternativa 2	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/ Escrivá de Balaguer – Pº María Agustín – Pº Pamplona – Pº Constitución – Pº de la Mina – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 4,18 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 8,82	19
Alt_3	Alternativa 3	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/Rioja – Avda. Navarra – c/ Escrivá de Balaguer – Pº María Agustín – Pº Pamplona – Pº Constitución – Pº de la Mina – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 4,44 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 9,08	20
Alt_4	Alternativa 4	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/Rioja – Avda. Navarra – Avda. Madrid – c/ Conde Aranda – c/ Coso – Pza. España – c/ Coso – Plaza San Miguel – c/ Espartero – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 4,18 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 8,82	20
Alt_1_A	Alternativa 1A	Ídem Alternativa 1 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 3,92 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 10,55	22
Alt_2_A	Alternativa 2A	Ídem Alternativa 2 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 4,18 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 10,81	22
Alt_3_A	Alternativa 3A	Ídem Alternativa 3 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 4,44 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 11,07	23
Alt_4_A	Alternativa 4A	Ídem Alternativa 4 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 4,18 Ramal 1: 2,7 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 10,81	23

Para cada una de estas alternativas se ha evaluado la demanda prevista, que se estima correspondiente al año 4 de explotación del tranvía, es decir, una vez que la movilidad urbana se ha adaptado a la nueva configuración de la red de transporte. Los resultados de demanda obtenidos para cada una de las alternativas son los siguientes:

Tabla 2. Resultados de modelo de demanda por alternativa. Año 4

ALTERNATIVAS	DEMANDA AÑO 4 (trayectos/año)				RECORRIDOS (km/año)			
	PRIVADO	BUS	TRANVÍA L1	TRANVÍA L2	PRIVADO	BUS	TRANVÍA L1	TRANVÍA L2
Situación Actual								
Actual	271.216.778	89.231.924	26.848.118	0	896.751.439	18.464.753	1.337.213	-
Alternativas sin extensión								
Alternativa 1	266.728.232	77.730.271	29.411.382	15.725.565	888.879.472	15.194.531	1.337.213	855.495
Alternativa 2	264.523.276	74.260.671	30.801.916	17.808.659	885.886.516	15.031.913	1.337.213	894.555
Alternativa 3	263.966.076	74.253.078	30.073.088	18.480.734	888.308.792	15.017.215	1.337.213	929.267
Alternativa 4	266.289.939	77.660.742	28.583.309	16.522.918	891.520.077	15.180.842	1.337.213	890.207
Alternativas con extensión								
Alternativa 1A	266.192.950	76.945.419	29.458.464	16.855.143	887.671.523	15.194.531	1.337.213	981.015
Alternativa 2A	263.987.994	73.475.819	30.848.997	18.938.238	884.678.566	15.031.913	1.337.213	1.006.306
Alternativa 3A	263.430.794	73.468.226	30.120.169	19.610.312	887.100.842	15.017.215	1.337.213	1.041.018
Alternativa 4A	265.754.657	76.875.890	28.630.390	17.652.496	890.312.127	15.180.842	1.337.213	1.015.727

Debe indicarse que los km/año recorridos por el bus urbano reflejados en las tablas anteriores recogen un 5% adicional respecto a los resultados obtenidos del modelo de demanda a fin de considerar, de forma conservadora, posibles rutas adicionales, modificaciones de líneas o modificaciones de frecuencias sobre las contempladas en el modelo de demanda. Asimismo, los datos correspondientes a trayectos/año del vehículo privado son el resultado de la aplicación de una ocupación media de 1,2 pasajeros/vehículo[1].

Para la realización del estudio se ha propuesto un modelo de crecimiento para la línea 2 de tranvía basado en alcanzar la demanda calculada en 4 años desde la puesta en funcionamiento de la línea, con un crecimiento por coeficientes "ramp-up"[2] de 80%-87%-94%-100% durante el citado periodo. Tras este crecimiento se estima un crecimiento del 1% durante 10 años, y posteriormente un crecimiento del 0,5% hasta el fin de la concesión.

Por tanto, los valores evaluados para la demanda anual en cada año de la concesión serán los siguientes:

Tabla 3. Proyecciones de demanda. % sobre demanda calculada

AÑO	Tasa crecimiento interanual	% sobre demanda calculada
Año 1		80,0%
Año 2		87,0%
Año 3		94,0%
Año 4		100,0%
Año 5	1,0%	101,0%
Año 6	1,0%	102,0%
Año 7	1,0%	103,0%
Año 8	1,0%	104,1%
Año 9	1,0%	105,1%
Año 10	1,0%	106,2%
Año 11	1,0%	107,2%
Año 12	1,0%	108,3%
Año 13	1,0%	109,4%
Año 14	1,0%	110,5%
Año 15	0,5%	111,0%
Año 16	0,5%	111,6%
Año 17	0,5%	112,1%
Año 18	0,5%	112,7%
Año 19	0,5%	113,3%
Año 20	0,5%	113,8%
Año 21	0,5%	114,4%
Año 22	0,5%	115,0%
Año 23	0,5%	115,5%
Año 24	0,5%	116,1%
Año 25	0,5%	116,7%
Año 26	0,5%	117,3%
Año 27	0,5%	117,9%
Año 28	0,5%	118,5%

[1] Fuente: Servicio Movilidad Urbana. Ayuntamiento de Zaragoza.

[2] El Ramp-up, o coeficiente de aprendizaje, es un factor que se aplica a la demanda estimada durante los tres primeros años de operación del tranvía para simular una posible menor demanda real debido a que los viajeros aún no están familiarizados con la utilización de la nueva línea de tranvía. Los coeficientes considerados en este estudio han sido de 80% - 87% - 94%, para los años 1 a 3 de explotación, respectivamente. El año 4 corresponde al 100%

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

A continuación se incluye una relación de la principal legislación, que puede resultar de aplicación para la realización del presente estudio:

3.1. RUIDO

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. (BOE n. 254, de 23 de octubre de 2007).
- Ley 7/2010, de 18 de noviembre, de protección contra la contaminación acústica de Aragón.
- Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- **Ordenanza para la Protección contra Ruidos y Vibraciones en el Término Municipal de Zaragoza.** Aprobación definitiva por Ayuntamiento Pleno el 31.10.2001 (Publicado en BOPZ nº 280 de 05.12.2001).

3.2. ARBOLADO Y ZONAS VERDES

- Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras.
- **Ordenanza de Protección del Arbolado Urbano.** Aprobación inicial por Ayuntamiento Pleno el 01.02.2013. Publicado en BOPZ nº 40 de 19.02.2013. Aprobación definitiva por Ayuntamiento Pleno el 31.05.2013. Publicado en BOPZ nº 141 de 22.06.2013.

  Primera modificación. Aprobada por Consejería de Economía y Cultura el 12/11/2013. Publicada en el BOPZ nº 266 el 19/11/2013. AFECTA A: Artículo 29, apartado f y Artículo 30, apartado o.

- **Ordenanza Municipal de Uso de Zonas Verdes. Aprobación definitiva** por Ayuntamiento Pleno el 13.02.1986. **Publicado** en BOPZ nº 140 de 19.06.1986.

  Nueva Redacción. Aprobada por Ayuntamiento Pleno el 31/05/2013. Publicada en el BOPZ nº 141 el 22/06/2013. **AFECTA A:** Artículo 10.

  Derogación. Aprobada por Ayuntamiento Pleno el 31/05/2013. Publicada en el BOPZ nº 141 el 22/06/2013. **AFECTA A:** Artículos 12 y 13.

  Adicción de nuevo artículo. Aprobada por Ayuntamiento Pleno el 31/05/2013. Publicada en el BOPZ nº 141 el 22/06/2013. **AFECTA A:** Artículo 8 bis.

  Modificación. Aprobada por Ayuntamiento Pleno el 31/01/2014. Publicada en el BOPZ nº 34 el 12/02/2014. **AFECTA A:** Artículos 7, 8h), 9b), 11c).

3.3. PATRIMONIO CULTURAL

- Ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés.
- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- Real Decreto 162/2002, de 8 de febrero, por el que se modifica el artículo 58 del Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- Real Decreto 64/1994, de 21 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, de Patrimonio Histórico Español.

4. ARBOLADO Y ZONAS VERDES

4.1. ANÁLISIS GENERAL

Se ha analizado la afección de cada una de las alternativas sobre el arbolado existente. Además se ha estudiado la afección sobre los árboles singulares de Zaragoza. De acuerdo con los ejemplares afectados por todas las alternativas se han identificado las siguientes especies:

- Adelfa, *Nerium oleander.*
- Álamo blanco, *Populus alba.*
- Alianto, *Aliantus altíssima.*
- Chopo, *Populus sp.*
- Cipres, *Cupressus sempervirens.*
- Acacia tres espinas, *Gleditsia triacanthos.*
- Magnolio, *Magnolia soulangiana.*
- Morera, *Morus alba.*
- Níspero, *Eriobotrya japonica.*
- Olea europea, Olivo
- Palma, *Arecaceae sp.*
- Palmera, *Arecaceae sp.*
- Pino carrasco, *Pinus halepensis,*
- Platanero, *Platanus x hispanica.*
- Prunus sp, *Prunus sp.*
- Tilo, *Tilia platyphyllos.*
- Fresno de hoja ancha, *Fraxinus excelsior*
- Ligustru*, Lygustrum sp*
- Fotinia, *Photinia serratifolia*

Para valorar la afección, se ha considerado por un lado el número de árboles afectados (Valoración cuantitativa) y, por otro, la calidad de éstos. Para estimar la calidad del arbolado afectado (valoración cualitativa) se ha categorizado su tamaño en relación a las posibilidades de desarrollo de la especie en tres categorías (grande, pequeño y mediano) y el estado de cada ejemplar (bueno, regular y malo) según su estado fitosanitario y el ramaje de su copa.

A continuación se presenta una tabla donde se recogen el número de árboles afectados por cada una de las alternativas:

Tabla 4. Número de ejemplares afectados por cada una de las alternativas

ALTERNATIVA	TRAZADO ALTERNATIVAS SIN RAMALES Y EXTENSIÓN	RAMAL SAN JOSÉ	RAMAL LAS FUENTES	EXTENSIÓN CARRETERA MADRID	TOTAL ALTERNATIVAS CON RAMALES Y EXTENSIÓN
1	269	70	174	21	534
2	432	70	174	21	697
3	434	70	174	21	699
4	271	70	174	21	536

Como puede apreciarse en la Tabla 4 la alternativa que presenta un riesgo potencial de afectar a un número de ejemplares más elevado es la número 3 con 699 árboles afectados, seguido de la alternativa 2 con 697 (ambas alternativas presentan un trazado similar). Las otras dos alternativas presentan un menor impacto ya que la Alternativa 1 afecta a 534 árboles y la Alternativa 4 a 536 unidades.

Las alternativas 1 y 4 presentan un trazado similar proyectándose más próximas al casco antiguo, es decir por desde la Avenida de Madrid, calle de Conde Aranda, calle Coso, para conectar con la plaza San Miguel. Estas dos alternativas al trazarse por una zona del núcleo urbano más antigua presentan un menor número de zonas abiertas con arbolado, de ahí que el riesgo potencial de impacto sobre el arbolado sea menor.

Por otro lado, las alternativas 2 y 3, se han proyectado desde por la avenida Madrid, plaza de la Ciudadanía, calle Escrivá de Balaguer, paseo María Agustín, paseo de Pamplona, paseo de la Constitución, paseo de la Mina, para conectar con la calle Miguel Servet, discurriendo éstas por áreas de la ciudad renovadas más recientemente y que presentan espacios más abiertos con mayor posibilidad de que existan zonas verdes y arbolado.

En las alternativas 2 y 3 el número de arbolado afectado es mucho mayor que en las alternativas 1 y 4. En el tramo de paseo La Mina y paseo de Pamplona y, especialmente, en el paseo de la Constitución existe un mayor número de árboles afectados. Las especies más numerosas en este tramo son los plataneros (*Platanus x hispanica*); no obstante en el Paseo Constitución

se han identificado 40 ejemplares de magnolios que presentan un importante valor paisajístico. Los ejemplares de mayor calidad (presentan un buen porte según la especie a la que corresponden) se localizan en el tramo comprendido entre el paseo La Mina y la calle Don Hernando de Aragón. Por último, estas alternativas afectan al arbolado identificado en la calle Escrivá de Balaguer. No obstante, se trata de ejemplares de pequeño porte por lo que el impacto es menor.

Respecto a las alternativas 1 y 4, los mayores impactos al arbolado se identifican en la calle Coso, junto a la plaza de España, donde se localizan unos ejemplares de gran porte de plataneros, en la plaza España donde se localizan unos tilos (*Tilia platyphyllos)* y, especialmente, en la calle Conde Aranda donde se encuentran un gran número de palmeras (*Arecaceae sp).*

4.2. ALTERNATIVAS 1 Y 4

Las alternativas 1 y 4 presentan un trazado bastante similar desde la avenida de Madrid hasta la calle Miguel Servet. La alternativa 4 se proyecta por la avenida de Madrid, la calle Rioja y la avenida de Navarra y hasta conectar otra vez con la avenida de Madrid mientras que la alternativa 1 se traza en todo su recorrido por la avenida de Madrid.

La alternativa 4 afecta a un importante número de ejemplares en la avenida Navarra; sin embargo, la mayor parte de éstos se corresponden con ejemplares de níspero (*Eriobotrya japonica)* de pequeño porte por lo que su valor ecológico-paisajístico no es relevante.

En la calle Rioja, casi en la intersección con la avenida de Navarra, se ha identificado un platanero de gran porte que presenta un riesgo potencial de verse afectado por el trazado propuesto. En el tramo de esta calle, más próximo a la avenida de Madrid, el arbolado existente se corresponde con ejemplares de pino carrasco.

En la avenida de Madrid la mayor parte del arbolado existente se corresponde con ejemplares de tamaño medio y pequeño de platanero.

A continuación se presentan la Tabla 5 y Tabla 6 en las que se presentan las especies afectadas por estas dos alternativas. Asimismo, en estas tablas se incluye el número de ejemplares afectados clasificados según la especie, el tamaño y estado.

En la Tabla 5, se presenta el número de árboles con riesgo potencial de ser afectados por la alternativa 1. En total se han identificado 269 ejemplares. El platanero es la especie con mayor número de ejemplares afectados (162), seguido de las palmeras (61) ubicadas todas ellas en la calle Conde Aranda (53) y en la plaza de la Ciudadanía (8). El resto de especies afectadas presentan un número de ejemplares menor; morera (13), acacia tres espinas (11), tilo (10), alianto (9), etc.

La especie que presenta un mayor número de ejemplares de tamaño grande es la palmera (53), seguido del alianto (9). En relación a los plataneros de un total de 162 ejemplares afectados, únicamente 2 de ellos son de tamaño grande, 99 de tamaño medio y 61 de tamaño pequeño. Del total de los 269 árboles identificados, 66 son de tamaño grande (24,5 %), 132 de tamaño medio (49,1 %) y 71de tamaño pequeño (26,4 %).

En cuanto a los ejemplares con riesgo potencial de verse afectados por la alternativa 1, la palmera (86,8 %) y el platanero (62,3 %) son las especies cuyos ejemplares presentan mejor estado. De los 269 ejemplares que corren el riesgo de ser afectados por esta alternativa, 198 presentan un estado bueno (73,6 %), 61 un estado regular (22,7 %), 2 un estado malo (2,2 %) y de 8 de ellos se desconoce el estado (3 %).

Tabla 5. Arbolado afectado por la alternativa 1

			TAMAÑO			ESTADO			
Nombre común	**Nombre científico**	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Alianto	*Aliantus altissima*	9	9	0	0	9	0	0	0
Ciprés	*Cupressus sempervirens*	3	2	1	0	3	0	0	0
Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	11	0	10	1	10	0	1	0
Morera	*Morus alba*	13	0	12	1	12	0	1	0
Palmera	*Arecaceae sp*	61	53	0	8	53	0	0	8
Platanero	*Platanus x hispanica*	162	2	99	61	101	61	0	0
Tilo	*Tilia platyphyllos*	10	0	10	0	10	0	0	0
Total		**269**	**66**	**132**	**71**	**198**	**61**	**2**	**8**

En la Tabla 6 se presentan los árboles con riesgo potencial de resultar afectados por la alternativa 4, que como se ha indicado anteriormente, comparte gran parte del trazado con la alternativa 1. Esta alternativa afecta a un total de 271 árboles, las especies más numerosas son el platanero con 65 ejemplares, la palmera con 61 y la adelfa con 45. Otras especies afectadas por esta alternativa son la morera (13), el ciprés (12), el pino carrasco (12), la acacia tres espinas (11), el *prunus sp. (11)* y el tilo (10).

Comparando la alternativa 1 con la alternativa 4, la segunda presenta un mayor riesgo potencial de afectar a un número más elevado de especies. No obstante, es casi igual el número de ejemplares afectados (269 por la alternativa 1 y 271 por la alternativa 4). Como ya se ha indicado, el mayor impacto sobre la biodiversidad de especies se debe a que en la avenida Navarra y la calle Rioja se han identificado ejemplares de adelfa y pino carrasco que no corren el riesgo de ser afectados por la alternativa 4.

Analizando el tamaño, los ejemplares grandes con potencial riesgo de verse afectados por la alternativa 1 son la palmera (53), seguido del alianto (9), al igual que en la alternativa 4. Los ejemplares del resto de especies, a excepción del platanero, presentan un tamaño medio. Cabe destacar que prácticamente el 100 % de los plataneros afectados por la alternativa 4 son de tamaño pequeño.

En cuanto al estado de los ejemplares afectados, la adelfa (100 %) y la palmera (86,8 %) son las especies que mejores porcentajes presentan de ejemplares en buen estado respecto al total de afectados por la alternativa 4. En esta alternativa destaca el elevado porcentaje de ejemplares de pino carrasco (100 %) y platanero (98,4 %) con un estado regular.

Tabla 6. Arbolado afectado por la alternativa 4

			TAMAÑO			ESTADO			
Nombre común	**Nombre científico**	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Adelfa	*Nerium oleander*	45	0	0	45	45	0	0	0
Alianto	*Aliantus altissima*	9	9	0	0	9	0	0	0
Ciprés	*Cupressus sempervirens*	12	2	7	3	9	0	0	3
Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	11	0	10	1	10	0	1	0
Magnolio	*Magnolia soulangiana*	1	0	0	1	1	0	0	0
Morera	*Morus alba*	13	0	12	1	12	0	1	0
Níspero	*Eriobotrya japonica*	13	0	3	10	13	0	0	0
Palmera	*Arecaceae sp*	63	53	0	10	55	0	0	8
Pino carrasco	*Pinus halepensis*	12	0	12	0	0	12	0	0
Platanero	*Platanus x hispanica*	65	3	0	62	3	61	0	1
Prunus sp	*Prunus sp*	14	0	6	8	11	1	2	0
Tilo	*Tilia platyphyllos*	10	0	10	0	10	0	0	0
Otros	-	3	0	0	3	1	0	2	0
Total		**271**	**67**	**60**	**144**	**179**	**74**	**6**	**12**

4.3. ALTERNATIVAS 2 Y 3

Al igual que en el caso de las alternativas 1 y 4, las alternativas 2 y 3 se han proyectado con un trazado bastante similar desde la avenida Madrid hasta la calle Miguel Servet. La alternativa 3 se proyecta por la avenida de Madrid, la calle Rioja y la avenida de Navarra y hasta conectar otra vez con la avenida de Madrid mientras que la alternativa 2 se traza en todo su recorrido por la avenida de Madrid.

A continuación se presentan la Tabla 7 y Tabla 8 en las que se recogen las especies afectadas por estas dos alternativas, el número de ejemplares, el tamaño y el estado de todos los ejemplares.

Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, ambas alternativas se trazan por el paseo Constitución, espacio clasificado como Zona Verde en la catalogación urbanística. En parte de este paseo se han identificado ejemplares de magnolio de especial valor y de platanero con un tamaño importante.

Tal y como se indica en el apéndice 1 el paseo de la Constitución puede dividirse en dos tramos definidos en base a las actuaciones estructurales que deberían practicarse para la implantación de la línea 2 del tranvía

- TRAMO 1: Entre la plaza Paraíso y las Calles D. Hernando de Aragón.
- TRAMO 2: Entre las Calle Don Hernando de Aragón y el Paseo la Mina.

Ilustración 2. Tramificación del Paseo Constitución según las propuestas de actuación en la estructura del cubrimiento del río Huerva

Partiendo de la premisa que marca el informe de estructuras, adjunto en el anejo 1 del apéndice 1, en el que se indica que para la implantación de las alternativas 2 y 3 de la L2 del tranvía en el tramo comprendido entre la plaza Paraíso y la calle Don

Hernando de Aragón (tramo 1) debe renovarse el cubrimiento. En este tramo se afectará a todo el arbolado, tanto el emplazado en las jardineras del centro del bulevar como el que se localiza entre el bulevar con la calzada.

Si bien, parece bastante viable conservar las jardineras centrales del bulevar entre la Calle Don Hernando de Aragón y el Paseo la Mina del tramo 2. En ellas se localizan los magnolios de mayor valor ornamental.

Según la Tabla 7, donde se presenta el arbolado con riesgo potencial de verse afectado por la alternativa 2, la especie con mayor presencia es el platanero (más del 63 %). En total se han identificado 276 ejemplares de platanero, localizándose fundamentalmente en el paseo de la Constitución (60), paseo de Pamplona (25) y avenida de Madrid (159). Destacando por su tamaño y estado los de ambos paseos; por el contario los de la Avenida Madrid presentan un tamaño menor. El resto de especies afectadas por esta alternativa no superan los 40 ejemplares.

Destacan, como ya se ha mencionado en párrafos precedentes, el riesgo potencial de afectar a 40 ejemplares de magnolio del paseo de la Constitución, especialmente aquellos emplazados entre la calle Juan Bruil y el paseo la Mina, ya que en general son los de mayor tamaño y mejor estado. Los ejemplares de magnolio identificados en el tramo del paseo de la Constitución entre la calle Juan de Bruil y la plaza Aragón son de menor porte y presentan un peor estado.

Ilustración 3. Vista de dos ejemplares de magnolio (Magnolia soulangiana) emplazados en el Paseo de la Constitución

Otras especies que se han identificado son 32 ejemplares de alianto, 20 de acacia tres espinas, 17 de ciprés y 12 de chopo, del resto de especies muestreadas (ver Tabla 7) no superan los 10 ejemplares.

Tabla 7. Arbolado afectado por la alternativa 2

			TAMAÑO			ESTADO			
Nombre común	**Nombre científico**	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Álamo blanco	*Populus alba*	6	6	0	0	6	0	0	0
Alianto	*Aliantus altissima*	32	32	0	0	32	0	0	0
Amelia	*Melia azedarach*	1	1	0	0	1	0	0	0
Chopo	*Populus sp*	12	12	0	0	5	0	0	7
Ciprés	*Cupressus sempervirens*	17	3	10	4	17	0	0	0
Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	20	9	10	1	19	0	1	0
Magnolio	*Magnolia soulangiana*	40	19	16	5	31	7	1	1
Níspero	*Eriobotrya japonica*	2	0	0	2	2	0	0	0
Palmera	*Arecaceae sp*	3	0	3	0	3	0	0	0
Platanero	*Platanus x hispanica*	276	83	99	94	212	60	1	3
Prunus sp	*Prunus sp*	3	0	3	0	3	0	0	0
Tilo	*Tilia platyphyllos*	1	1	0	0	1	0	0	0
Ligustru,	*Lygustrum sp*	8	0	0	8	8	0	0	0
Fotinia,	*Fotinia, serratifolia*	6	0	0	6	6	0	0	0
Otros	-	5			5	4	1		
Total		**432**	**166**	**141**	**125**	**350**	**68**	**3**	**11**

Analizando el tamaño de los ejemplares, la especie que presenta un mayor número de árboles grandes con riesgo potencial de verse afectados por la alternativa 2 es el platanero (83), seguido del alianto (32), el magnolio (19), el chopo (12) y el álamo blanco (6). La mayor parte de estos ejemplares se localizan en el paseo de la Constitución y en el paseo de Pamplona. Respecto a los ejemplares de tamaño medio, destaca el número de ejemplares de platanero (99), magnolio (16), acacia tres espinas (10) y ciprés (10). Los ejemplares de menor tamaño se corresponden con plataneros (94) emplazados mayoritariamente en la avenida de Madrid, magnolios (5) localizados en el tramo del paseo de la Constitución, entre la plaza Aragón y la calle Juan de Bruil, y el ciprés (5). También cabe destacar el número de ejemplares de tamaño pequeño cuya especie no se ha identificado (19).

En cuanto al estado de los ejemplares afectados, el 75 % presentan un estado bueno, el 15,5 % un estado regular, el 0,7 % un estado malo y del 2,5 % se desconoce su estado.

Las especies más numerosas afectadas por esta alternativa, platanero y magnolio, presentan respectivamente el 76,8 % y 77,5 % de los ejemplares muestreados en buen estado.

En la Ilustración 4 se representa la zona verde del Paseo de la Constitución afectada por las alternativas 2 y 3. Como puede apreciarse la mayor parte de los plataneros se localizan en el límite del paseo con la calzada, entre la plaza Basilio Paraíso y la calle Juan de Bruil. Todos los magnolios se emplazan en las jardineras del centro del paseo, siendo el tramo de mayor valor el comprendido entre las calles Juan de Bruil y Mariano Escar.

Ilustración 4. Detalle del arbolado identificado por especies en el Paseo de la Constitución

La alternativa 3 presenta un riesgo potencial de afectar a un total de 434 ejemplares, dos más que la alternativa 2. La especie más afectada por esta alternativa es el platanero (179), seguido de la adelfa (45), el magnolio (41), el alianto (32), el ciprés (26), la acacia tres espinas (20), el níspero (15), el *Prunus sp*. (13) y el pino carrasco (12).

Analizando el tamaño de los ejemplares, la especie que presenta un mayor número de árboles grandes con riesgo potencial de verse afectados por la alternativa 3 es el platanero (84), seguido del alianto (32), el magnolio (19), el chopo (12) y el álamo blanco (6). La mayor parte de estos ejemplares se localizan en el paseo de la Constitución y en el paseo de Pamplona. Respecto a los ejemplares de tamaño medio, destaca el número de ejemplares de ciprés (16), magnolio (16), pino carrasco (12) y acacia de tres espinas (10). Los ejemplares de menor tamaño se corresponden con plataneros (95), emplazados mayoritariamente en la avenida de Madrid, y las adelfas (45) localizadas en el tramo de la avenida de Navarra y la calle Rioja. También cabe destacar el número de ejemplares de tamaño pequeño cuya especie no se ha identificado (25).

Tabla 8. Arbolado afectado por la alternativa 3

			TAMAÑO			ESTADO			
Nombre común	**Nombre científico**	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Adelfa	*Nerium oleander*	49	0	0	49	49	0	0	0
Álamo blanco	*Populus alba*	6	6	0	0	6	0	0	0
Alianto	*Aliantus altissima*	32	32	0	0	32	0	0	0
Amelia	*Melia azedarach*	1	1	0	0	1	0	0	0
Chopo	*Populus sp*	12	12	0	0	5	0	0	7
Ciprés	*Cupressus sempervirens*	27	3	16	8	24	0	0	3
Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	20	9	10	1	19	0	1	0
Magnolio	*Magnolia soulangiana*	41	19	16	6	32	7	1	1
Níspero	*Eriobotrya japonica*	15	0	3	12	15	0	0	0
Palma	*Arecaceae sp*	2	0	0	2	2	0	0	0
Palmera	*Arecaceae sp*	3	0	3	0	3	0	0	0
Pino carrasco	*Pinus halepensis*	12	0	12	0	0	12	0	0
Platanero	*Platanus x hispanica*	179	84	0	95	114	61	1	3
Prunus sp	*Prunus sp*	15	0	0	15	13	1	1	0
Tilo	*Tilia platyphyllos*	1	1	0	0	1	0	0	0
Ligustru,	*Lygustrum sp*	8	0	0	8	8	0	0	0
Fotinia,	*Fotinia, serratifolia*	6	0	0	6	6	0	0	0
Otras	-	5	0	0	5	4	1	0	0
Total		**434**	**167**	**69**	**207**	**334**	**82**	**4**	**14**

4.4. RAMALES DE LAS FUENTES – SAN JOSÉ

Los ramales de Las Fuentes y San José son comunes a todas las alternativas. El ramal de Las Fuentes afecta a arbolado urbano en ambos sentidos (este-oeste, trazado por Rodrigo Rebolledo y oeste-este trazado por Compromiso de Caspe). El mayor impacto en el ramal de San José se identifica en el tramo comprendido entre el Paseo del Canal y la Avenida de Cesáreo Alierta.

A continuación se presentan la Tabla 9y Tabla 10 en las que se recogen las especies afectadas por estos dos ramales que son comunes en las cuatro alternativas. En esta tabla se incluye el número de ejemplares afectados clasificados por especie, tamaño y estado.

El ramal de Las Fuentes se traza por la calle Compromiso de Caspe (dirección oeste-este) y por la calle Rodrigo Rebolledo (dirección este-oeste). En total se han identificado 174 árboles con riesgo potencial de verse afectados, siendo el platanero la especie más numerosa (116), seguido de la acacia tres espinas (25) y el pino carrasco (17) y el fresno de hoja ancha (16).

Tabla 9. Arbolado afectado por el ramal de Las Fuentes (común en todas las alternativas)

			TAMAÑO			ESTADO			
Nombre común	**Nombre científico**	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	25	8	6	11	11	2	1	11
Pino Carrasco	*Pinus halepensis*	17	9	4	4	9	2	6	0
Platanero	*Platanus x hispanica*	116	18	60	38	90	18	7	1
Fresno de hoja ancha	*Fraxinus excelsior*	16	0	0	16	16	0	0	0
Total		**174**	**35**	**70**	**69**	**126**	**22**	**14**	**12**

En cuanto al tamaño, más del 40 % de los ejemplares identificados son de tamaño medio, en torno al 20 % se consideraran de porte grande y el 30 % se corresponden con árboles de tamaño pequeño. Por especies, la que presenta un mayor número de árboles de tamaño grande es el platanero, seguido del pino carrasco y de la acacia tres espinas.

En cuanto al estado, la especie que presenta un mayor número de ejemplares en buen estado es el platanero (90), seguido de la acacia tres espinas (11) y el pino carrasco (9).

El ramal de San José se traza desde el paseo del Canal por la avenida de San José hasta la calle Miguel Servet donde se une al ramal de Las Fuentes. En total corren el riesgo de ser afectados 70 de árboles, siendo la especie más representada la acacia tres espinas (39 ejemplares), seguida del alianto (24 ejemplares) y del platanero (3 ejemplares). Por otro lado, existen 4 ejemplares con riesgo potencial de verse afectados que no se ha identificado a qué especies pertenecen.

Por tramos, como ya se ha indicado anteriormente, el mayor número de especies se concentran en la avenida San José entre la avenida de Cesáreo Alierta hasta el Paseo del Canal (67 ejemplares) y en el tramo comprendido entre Miguel Servet y la avenida de Cesáreo Alierta únicamente se afectan a 3 ejemplares.

Tabla 10. Arbolado afectado por el ramal de San José. (Común en todas las alternativas)

			TAMAÑO			ESTADO			
Nombre común	**Nombre científico**	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Alianto	*Aliantus altissima*	25	2	14	9	21	0	4	0
Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	39	0	30	9	36	0	3	0
Platanero	*Platanus x hispanica*	3	0	3	0	3	0	0	0
Otros	-	3	0	2	1	3	0	0	0
Total		**70**	**2**	**49**	**19**	**63**	**0**	**7**	**0**

4.5. EXTENSIÓN A LA CARRETERA MADRID

Este ramal se proyecta desde el inicio de la línea en la avenida Madrid por la carretera de Madrid hasta su intersección con la ronda Ibón de Plan.

Las especies arbóreas con riesgo potencial de ser afectadas son muy pocas (21); todas ellas se localizan en el entorno de la intersección de la avenida de Madrid con la Vía de la Hispanidad (12) y con la intersección de la Carretera de Madrid con el Anillo Verde (9).

A continuación se presenta una tabla con el número de especies identificadas, su tamaño y estado. Como puede apreciarse se han identificado 3 ejemplares de tamaño grande, todos ellos se corresponden con pino carrasco, tres ejemplares de tamaño medio y 15 ejemplares de tamaño pequeño. En cuanto al estado, se han identificado 11 ejemplares que presentan un estado bueno, 6 con un estado regular y 4 con un estado malo. Cabe destacar que, los 10 ejemplares en estado malo o regular se corresponden con plataneros (9 de ellos emplazados en la intersección de la carretera de Madrid con el Anillo Verde).

Tabla 11. Arbolado afectado por la extensión a la carretera Madrid desde la Av. Madrid

			TAMAÑO			ESTADO			
Nombre común	**Nombre científico**	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Palma	*Arecaceae sp*	1	0	0	1	1	0	0	0
Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	1	0	1	0	1	0	0	0
Ciprés	*Cupressus sempervirens*	3	0	2	1	3	0	0	0
Olivo	*Olea europea*	3	0	0	3	3	0	0	0
Pino Carrasco	*Pinus halepensis*	3	3	0	0	3	0	0	0
Platanero	*Platanus x hispanica*	10	0	0	10	0	6	4	0
Total		**21**	**3**	**3**	**15**	**11**	**6**	**4**	**0**

4.6. ÁRBOLES SINGULARES

El catálogo de árboles monumentales de Zaragoza pretende la puesta en valor de un legado natural. La importancia de estos ejemplares tiene también connotaciones culturales, sociales e históricas que no se pueden ignorar, porque forman parte de las señas de identidad de la capital aragonesa.

El catálogo de árboles singulares, que aprobó el Ayuntamiento en sesión plenaria en octubre de 2005, es un punto y aparte en la manera de gestionar el arbolado de la ciudad.

Para analizar la afección de las alternativas propuestas se han seleccionado aquellos árboles singulares que se localizan dentro de la banda de 30 m desde la localización del ejemplar hasta el límite de las obras. Se ha seleccionado esta banda ya que se considera que a una distancia superior a 30 m del límite de las obras es muy difícil que se afecte al arbolado y, por el contrario, dentro de esta cabe la posibilidad de que el arbolado se vea afectado por movimientos de la maquinaria durante la ejecución de las obras.

En la Tabla 12 se presentan los ejemplares de árboles singulares según el catálogo que corren el riesgo de ser afectados por las alternativas estudiadas

Tabla 12. Árboles singulares de Zaragoza con posibilidad de ser afectados por alguna de las alternativas.

Código	Nombre común	Nombre científico	Barrio	Calle	Alternativas
17	Acacia tres espinas	*Gleditsia triacanthos*	Las Fuentes	Compromiso de Caspe	Ramal Las Fuentes
33	Platanero de sombra	*Platanus x hispanica*	Delicias	Celso Emilio Ferreiro	Alternativas 4 y 3
40	Álamo	*Populus alba*	Portillo	Plaza del Portillo	Alternativas 1 y 4
44	Chopo negro	*Populus nigra*	San Miguel	Puente San Miguel	Ramal Las Fuentes
46	Chopo negro	*Populus nigra*	Centro	Paseo Constitución	Alternativas 2 y 3
50	Alianto	*Alianthus altissima*	Centro	Paseo Constitución	Alternativas 2 y 3
51	Alianto	*Alianthus altissima*	Centro	Paseo Constitución	Alternativas 2 y 3

Según el catálogo de árboles de Zaragoza al se han identificado 5 ejemplares dentro de la banda indicada a los que se han añadido dos más al encontrarse en el límite. No obstante, algunas de estos ejemplares pertenecen a especies que están incluidas en el Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras, de ahí que en el anejo III de la actual Ordenanza de protección del arbolado urbano, se descarte la inclusión de las siguientes especies: nº 17 acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos),* nº 50 y 51 alianto (*Alianthus altissima).*

A continuación se comenta y detalla la posible afección de las alternativas proyectadas sobre estos ejemplares incluidos en el catálogo de árboles singulares de Zaragoza que no han sido descartados por incluirse en el R.D. 1628/211, de 14 de noviembre.

- **Nº 33. Platanero de Sombra (*Platanus x hispanica*). Delicias**

El platanero se emplaza en la calle Celso Emilio Ferreiro esquina con el parque Castillo Palomar, en el barrio de Delicias.

El motivo o singularidad de este ejemplar para ser incluido en el catálogo es su tamaño y porte. El estado de conservación es muy bueno.

Este ejemplar se localiza fuera del buffer de 30 m desde el eje del tranvía; no obstante al encontrarse a 28,9 m del límite exterior de las obras del ramal este-oeste de las alternativas 3 y 4 se ha incluido también.

Como puede apreciarse en la Ilustración 5, el árbol se localiza próximo al límite exterior del ramal con dirección este-oeste.

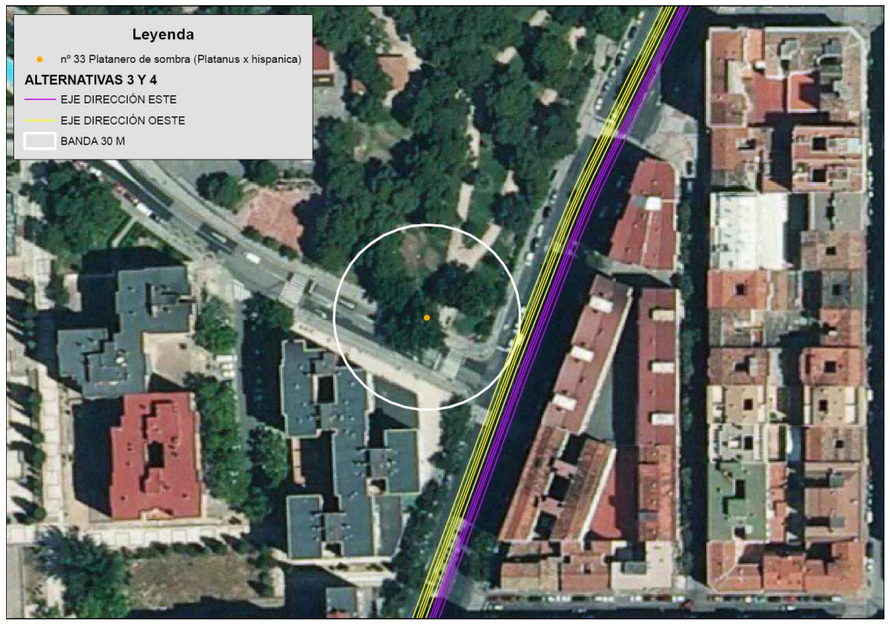


Ilustración 5. Detalle del emplazamiento del Platanero de sombra respecto a las alternativas 3 y 4

- **Nº 40. Álamo (*Populus alba*). Portillo**

El álamo se localiza en la Plaza del Portillo, frente al inicio de la calle Agustina de Aragón.

Este ejemplar se localiza a 29,5 m del límite exterior del ramal oeste-este de las alternativas 1 y 4.

El motivo o singularidad de este ejemplar para ser incluido en el catálogo es su porte, tratándose de un ejemplar situado en el casco urbano.

Su estado de conservación es bueno. Tiene descompensada su forma por la poda de una rama principal y presenta una oquedad en el tronco, cubierta en parte por el parterre elevado.

Como puede apreciarse en la Ilustración 6, el árbol se localiza próximo al límite exterior del ramal con dirección oeste-este.

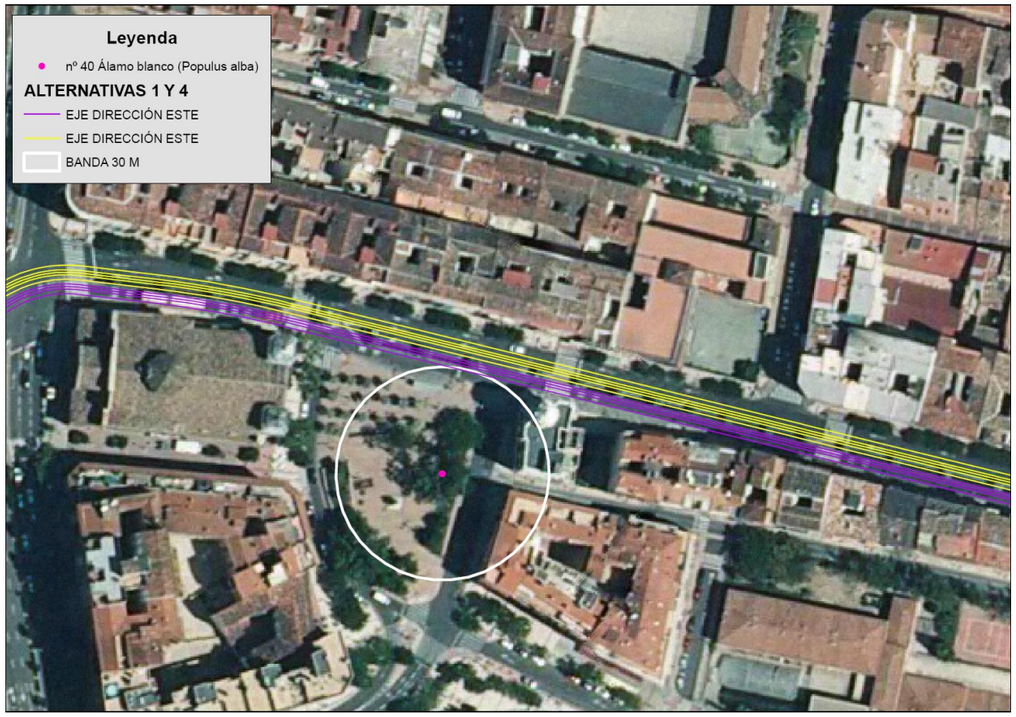


Ilustración 6. Detalle del emplazamiento del Chopo negro respecto al trazado de las alternativas 1 y 4 en la calle de Conde Aranda

- **Nº 44. Chopo negro (*Populus nigra*). San Miguel**

El chopo negro se localiza en la ribera del río Huerva, junto al puente de la calle Miguel Servet esquina con la calle Asalto como puede apreciarse en la Ilustración 7

Este ejemplar se localiza a 7,1 m del ramal con dirección este-oeste de Las Fuentes (se incluye en todas las alternativas).

El motivo de la singularidad es su tamaño y el estado de conservación es regular, ya que tiene varias ramas secas y rotas.

Ilustración 7. Detalle del emplazamiento del chopo negro en el puente de San Miguel

- **Nº 46. Chopo negro (*Populus nigra*). Centro**

Este ejemplar se localiza en el paseo de la Constitución, frente al número 16, junto al seto que separa la calzada de la sección central del paseo.

El motivo de la singularidad es su porte y el gran tamaño de la copa. El estado de conservación es bueno.

El limite interior de las alternativas 2 y 3 afectan directamente a este ejemplar tal y como puede apreciarse en la Ilustración 8.

Ilustración 8.Detalle del emplazamiento del chopo negro (nº 46)

4.7. CONCLUSIONES

Las dos alternativas que afectan a un mayor número de árboles son las alternativas nº 2 y 3, siendo casi iguales el impacto provocado. Estas dos alternativas se diferencian en que la nº 2 afecta a un mayor número de árboles de tamaño medio (260) que la nº 3 (188).

Tabla 13. Arbolado afectado y características por cada una de las alternativas (incluye el ramal de Las Fuentes San José) y la extensión a la carretera Madrid

		TAMAÑO			ESTADO			
Alternativa	**Nº Ejemplares**	**Tamaño Grande**	**Tamaño Medio**	**Tamaño Pequeño**	**Estado Bueno**	**Estado Regular**	**Estado Malo**	**Estado NS**
Alternativa 1	513	103	251	159	387	83	23	20
Alternativa 2	676	203	260	213	539	90	24	23
Alternativa 3	678	204	188	295	523	104	25	26
Alternativa 4	515	104	179	232	368	96	27	24
Extensión Carretera Madrid	21	3	3	15	11	6	4	0

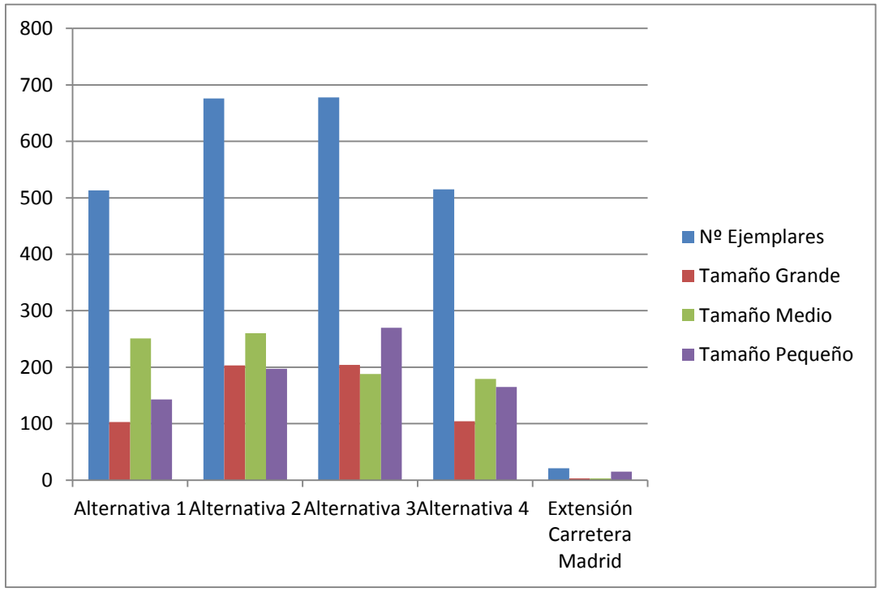


Gráfico 1. Arbolado afectado según su tamaño por cada una de las alternativas y la extensión desde la glorieta de los Enlaces por la Crta. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con la Ronda Ibón de Plan

A continuación se presenta un gráfico donde se representan el número de ejemplares afectados por cada una de las alternativas según su estado. Como puede apreciarse, el arbolado en buen estado es el más afectado por todas las alternativas, siendo mayor en las alternativas 2 y 3.

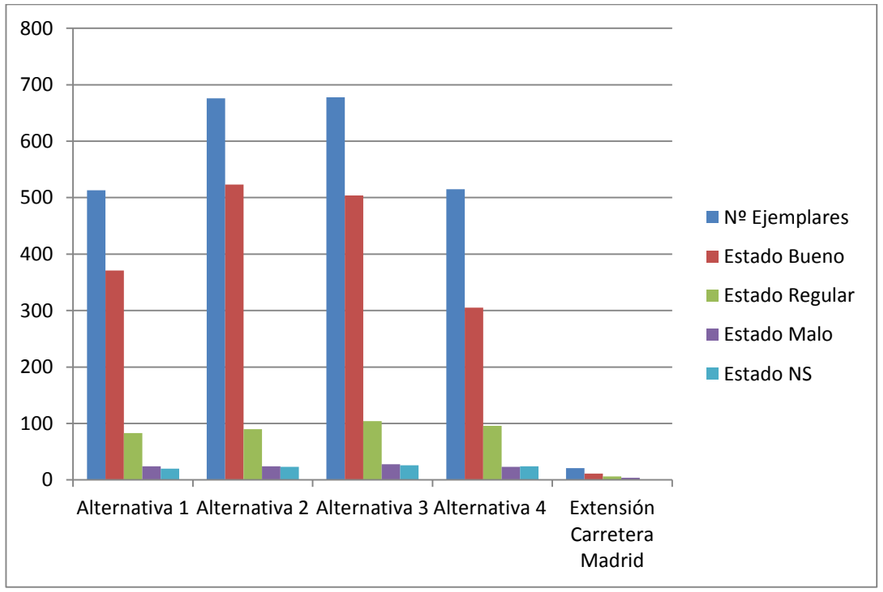


Gráfico 2. Arbolado afectado según su estado por cada una de las alternativas y la extensión desde la glorieta de los Enlaces por la Crta. de Madrid (N-IIa) hasta su intersección con la Ronda Ibón de Plan

Respecto a las zonas verdes contempladas en el Plan General de Ordenación Urbana las alternativas 2 y 3 afectan una mayor superficie que las alternativas nº 1 y 2. Esta circunstancia se debe a que las primeras se plantean por el paseo de la Constitución que está declarado todo él como zona verde, mientras que las alternativas nº 1 y 2 solo afectan a una pequeña superficie en la Plaza de la Ciudadanía. La extensión desde la avenida Madrid por la carretera Madrid afecta a una superficie de Zona Verde de 1.276 m^2.

Tabla 14. Superficies (m^2) de zonas verdes afectadas por cada alternativa

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Ext. Ctra. Madrid
489	2.065	2.065	489	1.276

En cuanto a la biodiversidad, la alternativa que afecta a un mayor número de especies es la alternativa 3 (15), seguido de las alternativas 2 (12), 4 (12) y 1 (7).

Por último, las alternativas que suponen un mayor impacto sobre los árboles singulares son las alternativas 2 y 3 que afectan directamente a 1 ejemplar (chopo negro).

La reposición de arbolado será definida como medida correctora en fases posteriores del desarrollo de los trabajos, garantizándose la plantación del mismo número de ejemplares respecto a los eliminados.

5. RUIDO

Para la valoración del ruido se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Exposición:
  - Número de personas que viven en portales emplazados dentro de las bandas de 20, 30 y 50 m.
  - Metros lineales (a 30 m del límite exterior de cada alternativa) que afecta a la zonificación del ruido.
- Elementos que generan ruido:
  - Número de vehículos privados antes y después de la actuación (situación actual y futura) en las calles afectadas por cada una de las alternativas.
  - Número de vehículos privados antes y después de la actuación (situación actual y futura) en la ciudad de Zaragoza.
  - Características técnicas (pendientes y radios de giro) de cada una de las alternativas.

En fases posteriores del proyecto, para la realización del estudio de ruido, se tendrá en cuenta la legislación vigente en materia de ruido.

5.1. EXPOSICIÓN

Para valorar los impactos provocados por el ruido de cada una de las alternativas se ha estudiado, por un lado, el número de personas expuestas en una banda de 20, 30 y 50 m desde los ejes de cada una de las alternativas y, por otra parte, los metros lineales de usos del suelo afectados (a una banda de 30 m) por cada una de las alternativas, teniendo en cuenta la zonificación establecida en el Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza.

Los datos de población obtenidos para las bandas de exposición definidas son aproximados ya que están asociados a habitantes por portal por lo que no responden a la ubicación o disposición real de la vivienda

Los ramales comunes (Las Fuentes y San José) en todas sus bandas presentan mayor población que el total de las alternativas 1 y 4. Esta población es algo inferior a la existente dentro de las bandas propuestas de las alternativas 2 y 3.

La alternativa que mayor población presenta dentro de las tres bandas es la alternativa 3, seguido de la 2, la 4 y la 1. Es decir, las que se trazan por el paseo de María Agustín y por la avenida de Navarra son las que mayor población próxima a los ejes planteados.

A continuación se presenta una tabla con los porcentajes relativos al total de la población dentro de la banda de 50 m en la banda de 20 m, entre los 20 y 30 m y entre 30 y 50 m.

Tabla 15. Población y porcentaje de ésta respecto al total dentro de las bandas de 0 a 20, de 20 a 30 y de 30 a 50 m de cada una de las alternativas

Itinerario	Banda de 20 m	%	Banda de 30 m	%	Banda de 50 m	%
Alternativa 1 (sin ramales)	5.231	42,7	2.585	21,1	4.447	36,3
Alternativa 2 (sin ramales)	7.240	43,2	3.303	19,7	6.197	37,0
Alternativa 3 (sin ramales)	8.107	43,3	3.499	18,7	7.135	38,1
Alternativa 4 (sin ramales)	6.037	43,2	2.857	20,4	5.077	36,3
Ramal Las Fuentes-San José	6.846	44,3	2.412	15,6	6.185	40,1
Extensión carretera Madrid	218	17,7	128	10,4	885	71,9

Como puede apreciarse en la Tabla 15 respecto al total de la población dentro de la banda de 50 m la alternativa que presenta mayores porcentajes en la banda de 0 a 20 m son los ramales de Las Fuentes y San José (44,3 %). Dentro de esta banda de 20 m las cuatro alternativas presentan valores porcentuales muy similares, en torno al 43 %. Dentro de la banda de 20 a 30 m la que mayor porcentaje presenta es la alternativa 1 (21,1 %), seguido de la alternativa 4 con el 20,4 %. Las alternativas 2 y 3 presentan valores porcentuales de 19,7 y 18,7 % y los ramales de Las Fuentes-San José 15,6 %. Dentro de la última banda estudiada, comprendida entre los 30 y 50 m desde el eje, la que presenta mayores porcentajes son los ramales de las Fuentes-San José (40,1 %), seguido de la alternativa 3 (38,1 %), la 2 (37 %) y la 1 y 4 con 36,3 %.

Por otro lado, mencionar que la extensión de la carretera Madrid presenta ratios de población muy bajos dentro de las bandas de 0 a 20 m (inferiores al 20 %) y de 20 a 30 m (10,4 %). Siendo elevado el porcentaje de población entre los 30 y 50 m (71,9 %).

De tal forma que, la alternativa que presentará mayor número de población expuesta al ruido emitido por el tranvía es la 3, seguido de la 2, la 4 y la 1. También cabe destacar el número de población dentro de la banda de 50 m en los ramales de las Fuentes y San José, siendo superior al total de la población dentro de la banda de 50 m de las alternativas 1 y 4.

Para analizar las longitudes afectadas según la zonificación de ruido, se ha trazado una línea paralela a 30 m del límite exterior de cada uno de los ejes (dirección O-E y dirección E-O), información que se ha cruzado con la zonificación de usos del suelo (PGOU) la cual dispone de unos umbrales de ruido establecidos en la ordenanza municipal de ruido vigente.

De acuerdo con la ordenanza municipal para la protección contra ruidos y vibraciones (BOPZ nº 280, de 5 de diciembre de 2001) se definen unas áreas acústicas:

a) Ambiente exterior:

- Tipo I: Comprende sectores de territorio de alta sensibilidad acústica (hospitales, centros educativos o culturales) (Zonas A y E).
- Tipo II: Comprende sectores de territorio con predominio de suelo urbano o urbanizable de uso residencial, comercial y de servicios (Zonas C, D, F y V).
- Tipo III: Comprende las "zonas E" contempladas en el Plan General de Ordenación Urbana.
- Tipo IV: Comprende sectores territorio de suelo de uso industrial, terminales de transporte de mercancías y actividades logísticas.
- Tipo V: Comprende sectores de territorio afectados por zonas de afecciones acústicas. Estas servidumbres se consideran ligadas a los sistemas generales de infraestructuras de transporte u otros equipamientos públicos que lo exijan, como vías férreas, y serán delimitadas en cada caso por el Ayuntamiento.

A continuación se presenta una tabla con los metros lineales de cada una de las zonificaciones de ruido que resultan afectadas por el ramal de Las Fuentes-San José y las alternativas propuestas.

Tabla 16. Metros lineales a 30 m del límite exterior de los ejes del tranvía de la zonificación del suelo

ZONAS	ZONAS A y E	ZONAS C, D, F y V	ZONA E (PGOU)	TOTAL
Límite Ruido	**Tipo I**	**Tipo II**	**Tipo III**	
Alternativa 1 (sin ramales)	6.153,58	230,3	0	6.383,88
Alternativa 2 (sin ramales)	5.485,68	207,91	154,5	5.693,59
Alternativa 3 (sin ramales)	5.585,01	334,52	154,5	5.919,53
Alternativa 4 (sin ramales)	6.473,21	356,91	0	6.830,12
Ramal Las Fuentes-San José	4.664,64	505,77	0	5.170,41
Extensión carretera Madrid	115	117	0	232

Como puede apreciarse en la Tabla 16, la mayor longitud de zonificación afectada, en todas las alternativas se corresponde con la Zonas A y E (Tipo I), seguido de las zonas C, D, F y V (Tipo II) que comprende los sectores del territorio con predominio de suelo urbano o urbanizable de uso residencial, comercial y de servicios y, por último, las zonas clasificadas como E en el Plan General de Ordenación Urbana (Tipo III). Los impactos sobre estas últimas zonas son mayores en las alternativas 2 y 3, identificándose únicamente 154,5 m, a la altura de la calle José María Escrivá de Balaguer (Averly).

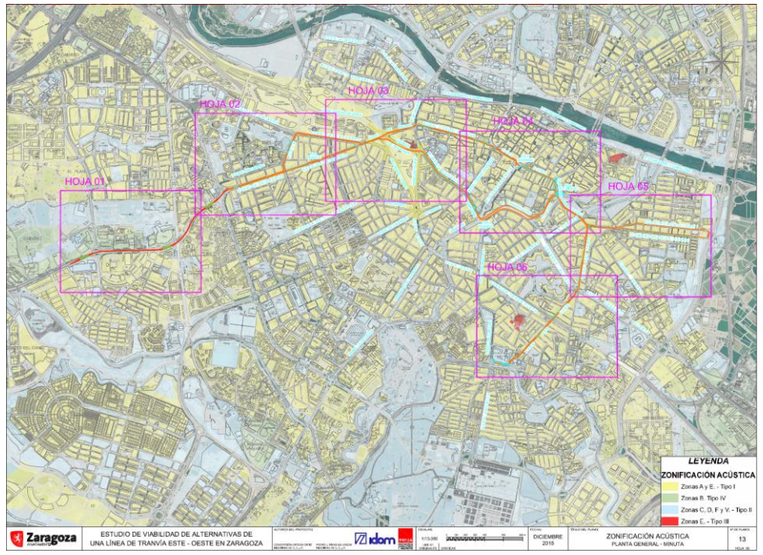


Ilustración 9. Zonificación acústica según la ordenanza municipal de ruido

Según la afección a las zonas del suelo clasificadas de acuerdo a la zonificación de ruido, la alternativa 4, es la que afecta a una mayor longitud de zonas de Tipo I (donde los límites de ruido son más restrictivos), seguido de las alternativas 1, 3 y 2.

5.2. ELEMENTOS QUE GENERAN RUIDO

La implantación de la línea 2 del tranvía supone una modificación de los elementos/factores generadores de ruido. Contribuyendo a la reducción del impacto acústico. Este medio de transporte incorpora elementos antivibratorios. Uno de los más importantes en una ciudad es el tráfico rodado (transporte privado y público). A continuación se analiza el volumen de tráfico rodado en la actualidad y el estimado en hora punta para un día laborable.

Para cada uno de los modelos donde se ha estudiado la demanda se han analizado los vehículos públicos y privados en las calles de los tramos comunes, es decir en los ramales de Las Fuentes-San José, en las calles por donde se trazan las alternativas, en el total del trazado (calles del tramo común y calles afectadas por el resto de alternativas) y en el total de la ciudad.

5.2.1. ESTUDIO DE DEMANDA

A partir de los modelos de demanda de tráfico realizados, se ha estudiado la situación actual y futura según la implantación de cada una de las alternativas planteadas en las calles afectadas por cada una de las alternativas durante la hora punta de una jornada laborable.

5.2.1.1. Escenario actual

Como puede apreciarse en la Tabla 17 la alternativa por cuyo trazado circulan en la actualidad un mayor número de vehículos privados es la alternativa 3 (31.372), seguido de la alternativa 2 (27.973), incluyéndose en ambas los ramales de Las Fuentes y San José. Estas dos alternativas se trazan por el Paseo de María Agustín, Paseo Pamplona, Paseo de la Constitución,… todas ellas se corresponden con calles de al menos cuatro carriles (2 por dirección). Mientras que las alternativas 1 (16.878) y 4 (21.645) al trazarse en buena parte por el casco histórico, afectan a calles de un solo carril por sentido (Coso, Conde Aranda,…) o incluso prohibidas al tráfico privado como es el tramo del Coso entre la Plaza de España y Conde Aranda, por lo que, el número de vehículos que circulan actualmente es mucho menor.

Tabla 17. Tráfico privado en la situación actual en las calles afectadas por cada una de las alternativas

	SITUACIÓN ACTUAL DIRECCIÓN W-E	SITUACIÓN ACTUAL DIRECCIÓN E-W	TOTAL VEHÍCULOS PRIVADOS (CALLES AFECTADAS)
	Volumen Vehículos Privados	Volumen Vehículos Privados	
Alternativa 1	9.454	7.424	16.878
Alternativa 2	13.479	14.484	27.963
Alternativa 3	14.095	17.277	31.372
Alternativa 4	9.382	12.263	21.645

La diferencia entre las alternativas 1-2 y 3-4 se debe a que la Calle Rioja y la Avenida Navarra por donde se trazan las alternativas 3 y 4 presentan un mayor volumen de tráfico que la Avenida Madrid por donde se proyectan las alternativas 1 y 2.

5.2.1.2. Escenario futuro

A continuación se presenta una tabla de la situación futura del tráfico privado e con el reordenamiento del sistema de transporte público, donde se presentan los vehículos privados que circularían con la implantación de cada una de las alternativas (cada alternativa incluye los datos de los ramales comunes a todas las alternativas de Las Fuentes San José) por las calles que se traza cada una de las alternativas.

Tabla 18. Tráfico privado en la situación futura en las calles afectadas por cada una de las alternativas

	SITUACIÓN FUTURA DIRECCIÓN O-E	SITUACIÓN FUTURA DIRECCIÓN E-O	TOTAL VEHÍCULOS PRIVADOS (CALLES AFECTADAS)
	Volumen Vehículos Privados	Volumen Vehículos Privados	
Alternativa 1	5.116	3.372	8.488
Alternativa 2	7.808	7.487	15.295
Alternativa 3	10.125	11.589	21.714
Alternativa 4	7.065	8.360	15.425

Como puede apreciarse en la Tabla 18 la alternativa que presenta un menor número de vehículos privados es la alternativa nº 1, seguido de la 2, la 4 y la 3.

Lo más interesante para valorar los elementos que provocan ruido, es ver qué alternativas suponen un mayor descenso en el número de vehículos privados respecto a la situación actual. En la siguiente tabla (Tabla 19) se presentan las diferencias de tráfico privado entre la situación actual y futura en las calles que se trazan cada una de las alternativas.

Tabla 19. Diferencia de vehículos privados de la actual y futura

	Total Vehículos Privados (situación actual)	Total Vehículos Privados (situación futura)	Diferencia
Alternativa 1	16.845	8.488	- 8.357
Alternativa 2	27.536	15.295	- 12.241
Alternativa 3	31.013	21.714	- 9.299
Alternativa 4	21.865	15.425	- 6.440

En relación a las diferencias de vehículos de transporte privado resultantes de la implantación de cada una de las alternativas respecto a la situación actual, como podemos apreciar en la Tabla 19, la alternativa que supone una mayor reducción del tráfico privado es la alternativa 2, seguida de la 3, la 1 y la 4.

En el caso del transporte público (bus) se analizará el ruido provocado por éste en fases posteriores, dado que no se conoce la frecuencia que tendrán las líneas de bus después de la implantación de la línea 2 del tranvía.

En el caso del tranvía se estudia en el siguiente apartado las características del trazado (radios de curva y pendientes) que son los factores que en mayor medida determinan la emisión de ruido.

Por todo ello, se considera que la alternativas 2 y 3 son las que implican una mayor reducción del tráfico privado, y en consecuencia del ruido generado por los vehículos privados.

5.2.2. CARACTERÍTICAS DEL TRAZADO

Se han estudiado las pendientes y radios de giro de los ejes de las cuatro alternativas para analizar cómo pueden afectar estos parámetros del trazado de cada eje en la emisión de ruido.

Pendientes

Dependiendo de las pendientes de los ejes de cada una de las alternativas variará el ruido emitido por el propio tranvía. A mayor pendiente mayor rozamiento del tranvía y, en consecuencia, mayor será el ruido emitido por el tranvía.

A continuación se presentan las pendientes de cada uno de los ejes de las alternativas estudiadas. Las pendientes se han dividido en tres categorías: inferior al 2 %, entre el 2 y el 5 % y mayores del 5 %.

Como puede apreciarse en la Tabla 20, las longitudes de los tramos con pendiente superior al 5 % son similares en todos los ejes de las alternativas estudiadas (313 m) localizándose la mayor parte en la Avenida de San José. Los tramos con pendientes entre el 2 y 5 % son mayores en el eje E-W de la alternativa 3, ya que ésta discurre por la Calle Rioja. De todas formas, este factor es muy similar en todas las alternativas por lo que no se tendrá en cuenta a la hora de decidir qué alternativa provoca menos impactos desde el punto de vista acústico.

Tabla 20. Longitudes según la pendiente de cada una de las alternativas y los ramales comunes a todas las alternativas de Las Fuentes y San José

	SUBIDA			BAJADA		
	< 2 %	Entre 2 y 5	> 5 %	< 2 %	Entre 2 y 5	> 5 %
Alternativa 1 Eje O-E	2.379,50	336	312,3	3.123,3	76,8	0
Alternativa 1 Eje E-O	3.020,3	332,6	319,4	2.391,8	178,1	0
Alternativa 2 Eje O-E	2.935,8	420,88	265,9	2.697,1	168,7	0
Alternativa 2 Eje E-O	2.864,1	422,5	315,4	2.847,0	53,1	0
Alternativa 3 Eje O-E	2.778,73	479,168	316,27	2.844,9	247,6	76,80
Alternativa 3 Eje E-O	2.966,1	548,7	313,38	2.764	88	79,0
Alternativa 4 Eje O-E	3.007,1	450,9	312,3	2.531,7	103,3	76,8
Alternativa 4 Eje E-O	3.098,6	489,3	320,4	2.359,8	151,7	79,0
Ramales Las Fuentes-San José Eje O-E	530,9	0	0	1.079,7	0	0,0
Ramales Las Fuentes-San José Eje E-O	1.165,7	129,6	0	309,6	0	0

Radios de giro

Otro factor que interviene directamente en la emisión de ruido por parte del tranvía es el radio de las curvas de los trazados proyectados para cada eje. A menor radio, mayor será el rozamiento del tranvía y, por tanto, mayor será el ruido emitido.

A continuación se presenta una tabla con las distancias de tramos curvos y rectos. Los tramos curvos se han subdividido en cuatro categorías: radio inferior a 50 m, entre 50 y 100 m, entre 100 y 200 m y mayor de 200 m. Además se presentan las distancias de las clotoides (cuyo radio de curvatura disminuye de manera inversamente proporcional).

Tabla 21. Tramos de curvas, rectas y clotoides de cada una de las alternativas y el ramal de Las Fuentes y San José

	CURVAS				CLOTOIDES	RECTAS	TOTAL
	RADIO <50 m	RADIO 50 – 100 m	RADIO 100-200 m	RADIO >200 m			
Alternativa 1 Eje O-E	167,3	173,8	139,5	1.846,1	527,2	3.375,0	6.228,8
Alternativa 1 Eje E-O	147,4	212,0	89,2	1.915,2	545,7	3.333,3	6.242,8
Alternativa 2 Eje O-E	225,6	244,8	67,4	1.751,8	844,9	3.354,2	6.488,7
Alternativa 2 Eje E-O	173,9	249,9	74,3	1.998,6	874,9	3.131,2	6.502,8
Alternativa 3 Eje O-E	296,7	387,4	67,4	913,3	890,0	4.188,8	6.743,5
Alternativa 3 Eje E-O	247,2	402,2	74,3	1.447,2	858,8	3.729,8	6.759,5
Alternativa 4 Eje O-E	238,3	243,4	139,5	1.291,7	517,4	4.053,2	6.483,7
Alternativa 4 Eje E-O	220,7	288,2	89,2	1.300,1	444,1	4.157,4	6.499,6
Ramales Las Fuentes-San José Eje O-E	103,5	38,3	19,6	948,5	91,8	409,1	1.610,8
Ramales Las Fuentes-San José Eje E-O	119,8	48,5	28,0	210,2	111,1	1.087,6	1.605,1

Si se analiza la tabla anterior, teniendo en cuenta la premisa de que a menor radio mayor ruido emitido, los ejes que presentan curvas con radios pequeños (<50 m) durante mayor longitud son los correspondientes a la alternativa 3 en sentido O-E (296,7 m) y E-O (247,2 m)

Por corredores, como se ha indicado anteriormente las alternativas que suponen una mayor reducción del volumen de tráfico privado son las alternativas 2 y 3, seguido de las alternativas 1 y 4. Respecto al trazado en sí de las alternativas.

La que presenta una mayor longitud de tramos rectos (teniendo en cuenta ambos sentidos O-E y E-O) respecto al total del trazado es la alternativa 4, seguido de las alternativas 3, 1 y 2. Por lo tanto, si consideramos el tráfico privado y las características del trazado, las alternativas que menor impacto supondrán respecto a la situación actual son la 2 y la 3.

En el proyecto constructivo se incluirán medidas correctoras para evitar problemas posteriores de ruido y vibraciones por transmisión sólida. En este sentido, los raíles deberán estar dotados de sistemas antivibratorios, de los cuales habrá que elegir la técnica más adecuada. Cabe mencionar que la técnica desarrollada por la Línea 1 del tranvía, a través de sistemas de elastómeros, parece ser adecuada. (

Otras medidas correctoras que pueden utilizarse para mitigar el ruido y las vibraciones se enumeran a continuación:

- **Mantas bajo superestructura (losa o balasto)**: con la instalación de mantas elásticas bajo la grava alcanzará un nuevo nivel en elasticidad de la vía ferroviaria, reduciéndose de forma efectiva las sacudidas y el sonido transmitido por sonora estructural y, además, la grava queda protegida. Incluso en el caso de modificaciones posteriores se han conservado óptimamente las mantas en combinación con un procedimiento especial.

Este tipo de mantas se instalan en tramos de alta velocidad, vías férreas de ancho estándar y tramos de cercanías.

- **Sistema de carril embebido para tranvías, trenes ligeros y carriles guía:** el uso de apoyos elásticos continuos y homogéneos a lo largo de toda la longitud de la vía proporciona, de forma óptima, el soporte, la resiliencia y el aislamiento eléctrico requeridos.
- **Otros sistemas que pueden utilizarse son las mantas bajo estructura de lana mineral o de caucho vulcanizado**
- Como sistemas menos comunes mencionar: instalación de **mantas puntuales bajo estructura en puntos críticos, suelas en bloque, etc.**

6. EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES, CONSUMO ENERGÉTICO Y COSTE ECONÓMICO

En el presente epígrafe se realiza un estudio de las emisiones de gases contaminantes procedentes de los medios de transporte utilizados actualmente (bus y privado) así como de la futura línea del tranvía Este – Oeste. Este estudio se realiza tanto para la situación actual (sin tranvía) como para cada una de las alternativas evaluadas.

Por otra parte, se calcula el consumo energético para cada uno de los medios de transporte analizados (bus, privado y tranvía) en cada una de las alternativas evaluadas en la línea Este – Oeste así como en la situación actual (sin tranvía).

Las emisiones de CO_2 a la atmósfera tienen unos costes económicos, por lo que también se calculan los costes que suponen las emisiones actuales de CO_2 (bus y privado) así como los de la futura línea del tranvía, para cada una de las alternativas y la situación actual (sin tranvía).

El estudio de emisiones de gases contaminantes, el consumo energético y coste económico se ha realizado para la actualidad (en el caso de que los 3 medios de transporte se encontraran en explotación: bus, privado y tranvía) así como su evolución estimada hasta el año horizonte de explotación.

6.1. EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN EL CUARTO AÑO DE EXPLOTACIÓN

En primer lugar, se realiza un estudio de las emisiones de gases contaminantes procedentes de los medios de transporte utilizados actualmente (bus y privado) así como de la futura línea del tranvía Este – Oeste. Este estudio se realiza tanto para la situación actual (sin tranvía) como para las alternativas evaluadas.

Este análisis tiene en cuenta la evolución del kilometraje en transporte privado durante los cuatro años iniciales de explotación de la línea 2 del tranvía y hasta su estabilización en el cuarto año (ramp-up).

6.1.1. DATOS DE PARTIDA

Para realizar el estudio de emisiones de gases contaminantes se han utilizado los siguientes datos de partida:

- Km calculados para cada modo de transporte en cada una de las alternativas evaluadas.

- Documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final" (09/04/2015)" y datos utilizados para su elaboración (AGENDA 21). Redactado por el Área de Eficiencia Energética -CIRCE.
- Emisiones del vehículo Renault Mégane (2002-2006)[3].
- Normas Europeas sobre emisiones para turismos y autobuses (EURO I; EURO II; EURO III; EURO IV; EURO V; EURO VI).

6.1.2. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES

Para cada uno de los medios de transporte (bus, privado y tranvía), tanto para la situación actual (es decir, sin línea 2 de tranvía) como para cada una de las alternativas evaluadas, se calculan las emisiones de:

- Dióxido de carbono - CO_2 (miles de tn)
- Óxidos de nitrógeno - NOx (tn)
- Monóxido de carbono – CO (tn)
- Partículas en suspensión – pm (tn)

En las tablas siguientes se pueden consultar los resultados obtenidos para cada uno de los medios de transporte en cada una de las alternativas así como en la situación actual, incluyéndose los **dos primeros años de construcción así como los cuatro primeros años de explotación.**

Además, en estas tablas, se puede consultar el sumatorio de los tres medios de transporte en la situación actual y en las alternativas.

A continuación se detalla la metodología seguida para la obtención de los resultados recogidos en las tablas.

[3] Se ha seleccionado el mismo modelo de vehículo que el utilizado en el documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final" con fecha 09/04/2015.

Bus

Para calcular las emisiones de cada uno de los gases (CO_2, NO_x, CO y PM) se ha multiplicado los datos de emisión utilizados para la elaboración del documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final (AGENDA 21)" por el número de kilómetros de cada una de las opciones evaluadas (situación actual y alternativas 1, 1A, 2, 2A, 3, 3A, 4 y 4A) en el cuarto año de explotación. En cuanto a la variación en los valores de emisión de gases desde la norma EURO aprobada hasta el cuarto año de explotación de la línea del tranvía, se ha analizado la disminución de dichas emisiones en las diferentes normas EURO aprobadas hasta la fecha, por lo que para calcular las emisiones de los diferentes gases se han aplicado los siguientes factores de reducción anuales: CO_2 1,33%; NO_x 4%; CO 1,9% y PM 5,3%. Como se puede observar en la tabla, los kilómetros de las alternativas 1 y 1A son coincidentes. Del mismo modo, los kilómetros de las alternativas 2 y 2A son también iguales. Asimismo, las alternativas 3 y 3A por un lado, y por otro las opciones 4 y 4A, tienen el mismo número de kilómetros.

Vehículo privado

Para calcular las emisiones de cada uno de los gases (CO_2, NO_x, CO y PM) se ha multiplicado los datos de emisión utilizados para la elaboración del documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final (AGENDA 21)" por el número de kilómetros de cada una de las opciones barajadas (situación actual y alternativas 1, 1A, 2, 2A, 3, 3A, 4 y 4A) en el cuarto año de explotación. En cuanto a la variación en los valores de emisión de gases desde la norma EURO aprobada hasta el cuarto año de explotación de la línea del tranvía, se ha analizado la disminución de dichas emisiones en las diferentes normas EURO aprobadas hasta la fecha, por lo que para calcular las emisiones de los diferentes gases se han aplicado los siguientes factores de reducción anuales: CO_2 2,2%; NO_x 5,6%; CO 1,5% y PM 6,6%. Como se puede observar en la tabla, cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

Tranvía

Para calcular las emisiones de cada uno de los gases (CO_2, NO_x, CO y PM) se ha multiplicado los datos de emisión utilizados para la elaboración del documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final (AGENDA 21)" por el número de kilómetros de cada una de las opciones barajadas (situación actual y alternativas 1, 1A, 2, 2A, 3, 3A, 4 y 4A) en el cuarto año de explotación. En cuanto a la variación en los valores de emisión de gases, a diferencia de los anteriores medios de transporte analizados, en el tranvía no se dispone de normas EURO que se puedan tomar como referencia, por lo que se

han realizado consultas en páginas web de varios fabricantes y se han aplicado los siguientes factores de reducción anuales: CO_2 1,0%; NO_x 1,0%; CO 1,0% y PM 5,3%. Respecto a la reducción en el consumo de energía, se ha aplicado un coeficiente de reducción del 0,5%. Como se puede observar en la tabla, cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

En la tabla denominada "Total (bus+privado+tranvía)" se realiza el sumatorio de cada uno de los parámetros calculados en los tres medios de transporte para cada una de las alternativas.

Tabla 22. Emisiones de contaminantes para el cuarto año de explotación por tipo de transporte y para cada una de las alternativas, así como el sumatorio de cada uno de los parámetros

BUS									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Km anuales	18.464.753	15.194.531	15.031.913	15.017.215	15.180.842	15.194.531	15.031.913	15.017.215	15.180.842
Emisiones CO_2 (miles de tn)	22,14	18,22	18,02	18,01	18,20	18,22	18,02	18,01	18,20
Emisiones NOx (tn)	28,91	23,79	23,53	23,51	23,77	23,79	23,53	23,51	23,77
Emisiones CO (tn)	24,69	20,31	20,10	20,08	20,30	20,31	20,10	20,08	20,30
Emisiones pm (tn)	0,27	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
PRIVADO									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Km anuales	896.751.439	888.879.472	885.886.516	888.308.792	891.520.077	887.671.523	884.678.566	887.100.842	890.312.127
Emisiones CO_2 (miles de tn)	72,98	72,34	72,09	72,29	72,55	72,24	71,99	72,19	72,45
Emisiones NOx (tn)	50,77	50,32	50,15	50,29	50,47	50,25	50,08	50,22	50,40
Emisiones CO (tn)	409,51	405,91	404,54	405,65	407,12	405,36	403,99	405,10	406,56
Emisiones pm (tn)	2,98	2,95	2,94	2,95	2,96	2,95	2,94	2,94	2,96
TRANVÍA									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Km anuales	0	855.495	894.555	929.267	890.207	981.015	1.006.306	1.041.018	1.015.727
Emisiones CO_2 (miles de tn)	0,00	1,19	1,24	1,29	1,24	1,36	1,40	1,45	1,41
Emisiones NOx (tn)	0,00	3,26	3,41	3,54	3,40	3,74	3,84	3,97	3,87
Emisiones CO (tn)	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisiones pm (tn)	0,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
TOTAL									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Km anuales	915.216.192	904.929.499	901.812.984	904.255.274	907.591.125	903.847.069	900.716.785	903.159.076	906.508.695
Emisiones CO_2 (miles de tn)	95,12	91,74	91,36	91,59	91,99	91,82	91,42	91,64	92,07
Emisiones NOx (tn)	79,68	77,37	77,10	77,34	77,63	77,78	77,46	77,70	78,04
Emisiones CO (tn)	434,2	426,2	424,7	425,7	427,4	425,7	424,1	425,2	426,9
Emisiones pm (tn)	3,24	3,23	3,22	3,23	3,24	3,23	3,22	3,23	3,24

Si se analizan los resultados obtenidos para el conjunto de los 3 medios de transporte, se observa que la **situación actual** (sin tranvía), es la que **más CO_2 emite a la atmósfera** al ser la alternativa que presenta un **mayor número de kilómetros de vehículo privado y bus**.

La alternativa 2 que es la que reduce en mayor medida el número de kilómetros de vehículo privado y la segunda en reducción de kilómetros de bus es la que genera **menos CO_2** (un 3,95% menos que la situación actual, es decir, 3,756 tn).

6.2. CONSUMO ENERGÉTICO

En segundo lugar, se realiza un cálculo del consumo energético que suponen actualmente los medios de transporte que se emplean (bus y privado), así como para cada una de las alternativas evaluadas. Del mismo modo, se calcula el consumo energético que supondrá el tranvía para cada una de las alternativas. El consumo energético calculado se refiere al cuarto año de explotación.

6.2.1. DATOS DE PARTIDA

Para realizar el cálculo del consumo energético se han utilizado los siguientes datos de partida:

- Kms de la situación actual y km calculados para cada uno de los modos de transporte en cada una de las alternativas analizadas en el año 4 de explotación.
- Documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final" (09/04/2015)" y datos utilizados para su elaboración (AGENDA 21).

- Emisiones del vehículo Renault Mégane (2002-2006)[4].
- Factor de emisión de gasóleo a kwh/l, publicado por "Estrategia aragonesa cambio climático y energías limpias", Unión Europea, Gobierno de Aragón y Cámaras de Aragón.

6.2.2. CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

En las tablas siguientes se pueden observar los consumos energéticos de los medios de transporte (bus y vehículo privado) en la situación actual así como en cada una de las alternativas evaluadas. Asimismo, se pueden observar los consumos energéticos que tendría la línea 2 de tranvía en cada una de las alternativas para el cuarto año de explotación.

En la última tabla, se puede observar el consumo energético conjunto de los tres medios de transporte (bus, privado y tranvía L2) tanto para la situación actual como para cada una de las alternativas en el cuarto año de explotación.

A continuación se detalla la metodología seguida para la obtención de los resultados recogidos en las tablas.

Bus

Para calcular el consumo energético se han multiplicado los datos de consumo energético utilizados para la elaboración del documento "Zaragoza 2020 para la movilidad urbana sostenible. Informe final (AGENDA 21)" por el número de kilómetros de cada una de las opciones analizadas (situación actual y alternativas 1, 2, 3, 4, 1A, 2A, 3A, y 4A) en el cuarto año de explotación. Como no se dispone de datos reales de la variación en el consumo de los motores de bus, se ha aplicado un factor de reducción del 5% en el consumo anual de energía debido a la mejora en la eficiencia de los motores. Como ya se ha indicado anteriormente, las alternativas 1 y 1A presentan el mismo número de kilómetros, lo mismo sucede con las alternativas 2 y 2A, 3 y 3A, 4 y 4A.

Vehículo privado

Para calcular el consumo energético se ha multiplicado los datos de consumo energético utilizados para la elaboración del documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final (AGENDA 21)" por el número de kilómetros de cada una de las opciones analizadas (situación actual y alternativas 1, 2, 3, 4, 1A, 2A, 3A, y 4A) en el cuarto año de explotación.

En el documento citado anteriormente, y a diferencia de los otros medios de transporte analizados, para el vehículo privado no se dispone de datos de Energía, por lo que se ha multiplicado el consumo real del vehículo por el factor de conversión de emisión de gasóleo a kwh/l y por el número de kilómetros. Como se puede observar en la tabla, cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

Tranvía

Para calcular el consumo energético se han multiplicado los datos de consumo energético utilizados para la elaboración del documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final (AGENDA 21)" por el número de kilómetros de cada una de las opciones analizadas (situación actual y alternativas 1, 2, 3, 4, 1A, 2A, 3A, y 4A) en el cuarto año de explotación. No se dispone de datos en la variación de la eficiencia de los motores del tranvía, por lo que se ha estimado que un factor de reducción en el consumo de energía del 1% anual. Como se puede observar en la tabla, cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

En la tabla denominada "Total (bus+privado+tranvía)" se realiza el sumatorio del consumo energético calculado para los tres medios de transporte en cada una de las alternativas.

Tabla 23. Consumo energético total anual por tipo de transporte y para cada una de las alternativas, así como el sumatorio del consumo energético para todas las alternativas

BUS									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Km anuales	18.464.753	15.194.531	15.031.913	15.017.215	15.180.842	15.194.531	15.031.913	15.017.215	15.180.842
Consumo de energía (GW)	105,71	86,99	86,06	85,98	86,91	86,99	86,06	85,98	86,91
PRIVADO									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Km anuales	896.751.439	888.879.472	885.886.516	888.308.792	891.520.077	887.671.523	884.678.566	887.100.842	890.312.127
Consumo de energía (GW)	551,32	546,48	544,64	546,13	548,11	545,74	543,90	545,39	547,36
TRANVÍA									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**

[4] Se ha seleccionado el mismo modelo de vehículo que en el documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final" con fecha 09/04/2015.

Km anuales	0	855.495	894.555	929.267	890.207	981.015	1.006.306	1.041.018	1.015.727
Consumo de energía (GW)	0,00	3,17	3,31	3,44	3,29	3,63	3,72	3,85	3,76
TOTAL									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Km anuales	915.216.192	904.929.499	901.812.984	904.255.274	907.591.125	903.847.069	900.716.785	903.159.076	906.508.695
Consumo de energía (GW)	657,04	636,64	634,01	635,55	638,31	636,36	633,68	635,22	638,04

Al igual que sucede con el cálculo de las emisiones de gases contaminantes, para el conjunto de los 3 medios de transporte, la **situación actual** es la que presenta un **mayor consumo de energía** (657,04 GW) coincidiendo con ser la que **mayor número de kilómetros** de vehículo privado y bus presenta (915.216.192).

Por el contrario, la **alternativa 2A**, es la que **menos energía** requiere (633,68 GW), es decir, un **3,55% menos** que la situación actual). Este menor consumo de energía se debe a que esta alternativa es la que menos kilómetros presenta de vehículo privado y bus (15.505.713 km menos que la situación actual).

6.3. COSTE ECONÓMICO EMISIONES CO_2

Como se ha indicado anteriormente, las emisiones de CO_2 a la atmósfera llevan consigo un coste económico. Por ello, a continuación se calculan los costes económicos que supondría el mantenimiento de la situación actual (medios de transporte bus y privado) así como para cada una de las alternativas barajadas en el cuarto año de explotación.

Respecto al suministro eléctrico del tranvía, no es posible asegurar que la electricidad que consume el tranvía proceda el 100% de fuentes renovables por lo que se asume que para generar dicha electricidad se emiten gases contaminantes a la atmósfera, tal y como se indica en el documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final" con fecha 09/04/2015.

Para conocer el coste económico de las emisiones de CO_2 no se han utilizado datos de CO_2 equivalente al no poder establecer las concentraciones de algunos gases que lo conforman (metano, perfluorocarbonos, hidrofluorobarbonos y hexafluoruro de azufre), así como la fuente de energía de la que se obtiene la electricidad. Por ello, para el cálculo del coste económico se han utilizado las emisiones de CO_2.

6.3.1. DATOS DE PARTIDA

Para realizar el cálculo del consumo económico de las emisiones de CO_2 se han utilizado los siguientes datos de partida:

- Km de la situación actual y km calculados para cada modo y cada una de las alternativas barajadas para la línea del tranvía Este – Oeste.
- Documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final" (09/04/2015)" y datos utilizados para su elaboración (AGENDA 21).
- Emisiones del vehículo Renault Mégane (2002-2006)[5].
- Precios emisiones CO_2 equivalente para el año 2010, con un incremento de 1 €/año, obtenidos de "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects", publicada por la Unión Europea.

6.3.2. CÁLCULO DEL COSTE ECONÓMICO

Se calcula el coste económico de las emisiones de CO_2 para el presente año en la situación actual (bus y privado) así como en las alternativas evaluadas para el cuarto año de explotación.

Como la relación de CO_2 a CO_2 equivalente es 1:1, a partir del resultado de las emisiones de CO_2 se aplican las tarifas correspondientes al CO_2 equivalente.

Bus

Para calcular el coste económico de las emisiones de CO_2 se ha multiplicado el dato obtenido de las emisiones (ver apartado "6.1.2 Cálculo de las emisiones de gases contaminantes") en la situación actual y en cada una de las alternativas analizadas por el precio de emisión por tonelada de CO_2 según la "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects" editada por la

[5] Se ha seleccionado el mismo modelo de vehículo que el utilizado en el documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final" con fecha 09/04/2015.

Unión Europea en 2014, según la cual el coste medio de la emisión de cada tonelada de CO_2 era de 25 € en el año 2010, con un incremento anual de 1 € en un horizonte de 20 años. Como ya se ha indicado anteriormente, las alternativas 1 y 1A presentan el mismo número de kilómetros, lo mismo sucede con la 2 y 2A, 3 y 3A, 4 y 4A.

Vehículo Privado

Para calcular el coste económico de las emisiones de CO_2 se ha multiplicado el dato obtenido de las emisiones (ver apartado "6.1.2 Cálculo de las emisiones de gases contaminantes") en la situación actual y en cada una de las alternativas analizadas por el precio de emisión por tonelada de CO_2 según la "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects" editada por la Unión Europea en 2014, según la cual el coste medio de la emisión de cada tonelada de CO_2 era de 25 € en el año 2010, con un incremento anual de 1€ en un horizonte de 20 años. Como se ha indicado anteriormente, cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

Tranvía

Para calcular el coste económico de las emisiones de CO_2 se ha multiplicado el dato obtenido de las emisiones (ver apartado "6.1.2 Cálculo de las emisiones de gases contaminantes") en la situación actual y en cada una de las alternativas evaluadas por el precio de emisión por tonelada de CO_2 según la "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects" editada por la Unión Europea en 2014, según la cual el coste medio de la emisión de cada tonelada de CO_2 era de 25 € en el año 2010, con un incremento anual de 1€ en un horizonte de 20 años. Cabe recordar, cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

En la tabla denominada "Total (bus+privado+tranvía)" se realiza el sumatorio de los costes económicos calculados para los tres medios de transporte en cada una de las alternativas.

En las tablas siguientes se recogen los resultados obtenidos:

Tabla 24. Coste anual de las emisiones de CO_2 por tipo de transporte y para cada una de las alternativas así como el sumatorio del coste anual de CO_2

BUS									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Miles Km anuales	18.464,7	15.194,5	15.031,9	15.017,2	15.180,8	15.194,5	15.031,9	15.017,2	15.180,8
Emisiones CO_2 (tn)	22,14	18,22	18,02	18,01	18,20	18,22	18,02	18,01	18,20
Precio emisiones CO_2 eq (€)	796.984,4	655.833,5	648.814,5	648.180,1	655.242,6	655.833,5	648.814,5	648180,1	655.242,6
PRIVADO									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Miles de Km anuales	896.751,4	888.879,4	885.886,5	888.308,7	887.100,8	887.671,5	884.678,5	887.100,8	890.312,1
Emisiones CO_2 (tn)	72,98	72,34	72,09	72,29	72,19	72,24	71,99	72,19	72,45
Precio emisiones CO_2 eq (€)	2.627.185	2.604.123	2.595.354	2.602.451	2.598.912	2.600.584	2.591.816	2.598.912	2.608.320
TRANVÍA									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Miles de Km anuales	0	855,5	894,5	929,2	890,2	981,0	1.006,3	1.041,0	1.015,7
Emisiones CO_2 (tn)	0,00	1,19	1,24	1,29	1,24	1,36	1,40	1,45	1,41
Precio emisiones CO_2 eq (€)	0,0	42.806,3	44.760,7	46.497,6	44.543,2	49.086,9	50.352,4	52.089,3	50.823,8
TOTAL									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**	**Alternativa 1A**	**Alternativa 2A**	**Alternativa 3A**	**Alternativa 4A**
Miles de Km anuales	915.216,1	904.929,4	901.812,9	904.255,2	907.591,1	903.847,1	900.716,7	903.159,1	906.508,6
Emisiones CO_2 (tn)	95,12	91,74	91,36	91,59	91,99	91,82	91,42	91,64	92,07
Precio emisiones CO_2 eq (€)	3.424.169	3.302.763	3.288.930	3.297.129	3.311.645	3.305.504	3.290.982	3.299.181	3.314.386

Si se compara el conjunto de los tres medios de transporte (bus, privado y tranvía), la **situación actual**, con un coste de 3.424.169 € es la opción que **presenta un mayor coste económico**, por ser también la que tiene un mayor número de kilómetros de vehículo privado y bus y, en consecuencia, también una mayor emisión de CO_2 a la atmósfera. Por el contrario, las alternativas 2 y 2A presentan unos valores similares (3.288.930 y 3.290.982 € respectivamente), que suponen un ahorro del 3,95 y 3,89% respectivamente en el cuarto año de explotación. Este hecho se debe a que estas alternativas son las que presentan un menor número de kilómetros de vehículo privado y bus.

6.4. EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO

Para cada uno de los parámetros analizados anteriormente (emisiones de gases contaminantes, consumo energético y coste económico de las emisiones de CO_2), se realizan estimaciones de su evolución durante el tiempo de explotación de la línea del tranvía, tanto para la situación actual (bus y privado) como para cada una de las alternativas barajadas.

El horizonte temporal del proyecto es de 30 años, por lo que el tiempo de explotación de la línea del tranvía es de 28 años ya que los dos primeros años se dedican a la construcción de la misma.

6.4.1. DATOS DE PARTIDA

Para realizar la estimación de la evolución en el tiempo de los citados parámetros se han utilizado los siguientes datos de partida:

- Km de la situación actual y km calculados para cada una de las alternativas barajadas para la línea del tranvía Este – Oeste durante los 30 años.
- Estimación de las emisiones de CO_2, NOx, CO y pm del bus y privado hasta el año horizonte de explotación. A partir de los datos de emisiones de CO_2 del bus (Documento "Zaragoza 2020 por la movilidad urbana sostenible. Informe final (09/04/2015)" y datos utilizados para su elaboración), y del vehículo (Renault Mégane), teniendo en cuenta su evolución desde el año 2000 hasta el 2015, se ha extrapolado dicha evolución hasta el año horizonte de explotación. En el caso de los gases NO_x, CO y pm, se ha aplicado la evolución observada en las sucesivas normas EURO publicadas y se ha extrapolado hasta el año horizonte de explotación.
- En cuanto al consumo energético del bus se ha estimado una reducción en 0,5% anual, aunque se carecen de datos objetivos que avalen esta reducción. Por otra parte, sí se ha podido conocer la evolución en el consumo de combustible y, por tanto de energía, del modelo Renault Mégane a lo largo de los últimos años, por lo que, se estima su consumo futuro hasta el año horizonte de explotación mediante una extrapolación.
- En relación a la variación en las emisiones de los gases contaminantes y del consumo energético del tranvía, se ha establecido una reducción en las mismas del 1% anual, por tanto, en el año horizonte de explotación habría una reducción en las mismas del 30% respecto a los datos actuales.
- Precios emisiones CO_2 equivalente para el año 2010, con un incremento del 1%/año, obtenidos de "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects", editada por la Unión Europea. Como la relación de CO_2 a CO_2 equivalente es 1:1, a partir del resultado de las emisiones de CO_2 se aplican las tarifas correspondientes al CO_2 equivalente.

6.4.2. EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO DE LOS PARÁMETROS DURANTE LOS 30 AÑOS DE EXPLOTACIÓN

En las siguientes tablas se pueden consultar los resultados obtenidos para cada uno de los medios de transporte, en los diferentes escenarios, es decir, situación actual y alternativas (1, 1A, 2, 2A, 3, 3A, 4 y 4A) durante los 30 años del proyecto de la línea del tranvía.

A continuación se muestran las tablas de la evolución de las emisiones, el consumo energético y el coste de las emisiones de CO_2 en el horizonte de 30 años, para cada uno de los medios de transporte.

En la última tabla, se muestra para el conjunto de los próximos 30 años, lo que suponen las emisiones, el consumo energético y el coste económico de las mismas para cada una de las alternativas así como la no implantación del tranvía.

A continuación se detalla la metodología para la obtención de los resultados reflejados en las siguientes tablas:

Bus

En primer lugar, se ha analizado la evolución de las emisiones de los diferentes gases contaminantes en los últimos años a través de las diferentes normas EURO aprobadas, para posteriormente, extrapolar dicha evolución hasta el horizonte de los 30 años (factores de reducción aplicados: CO_2 1,33%; NO_x 4%; CO 1,9% y PM 5,3%.). Mismo criterio aplicado para el consumo energético, es decir, se extrapola el consumo energético de los buses en función de la tendencia seguida en los últimos años (factor de reducción aplicado: 0,5%) . En cuanto al coste económico, se ha extrapolado la tendencia de incrementar anualmente un euro la tasa de emisión indicada en la "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects", editada por la Unión Europea. Una vez obtenidos estos datos, se multiplica el número de kilómetros para cada año (desde el año 0 hasta el 30) por los valores de cada uno de los parámetros indicados anteriormente. El valor que aparece en cada una de las celdas es el sumatorio de los resultados obtenidos en cada uno de los 30 años que conforman el periodo del proyecto. Como ya se ha indicado anteriormente, las alternativas 1 y 1A presentan el mismo número de kilómetros, lo mismo sucede con la 2 y 2A, 3 y 3A, 4 y 4A.

Vehículo Privado

Idéntica metodología detallada anteriormente. En primer lugar, se ha analizado la evolución de las emisiones de los diferentes gases contaminantes en los últimos años a través de las diferentes normas EURO aprobadas, para posteriormente, extrapolar dicha evolución hasta el horizonte de los 30 años (factores de reducción aplicados: CO_2 2,2%; NO_x 5,6%; CO 1,5% y PM 6,6%). Mismo criterio aplicado para el consumo energético, es decir, se extrapola el consumo energético de los buses en función de la tendencia seguida en los últimos años. En cuanto al coste económico, se ha extrapolado la tendencia de incrementar anualmente un euro la tasa de emisión indicada en la "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects", editada por la Unión Europea. Una vez obtenidos estos datos, se multiplican por los kilómetros para cada año (desde el año 0 hasta el 30). El valor que aparece en cada una de las celdas es el sumatorio de los resultados obtenidos en cada uno de los 30 años que conforman el periodo de explotación. Como se ha indicado anteriormente, cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

Tranvía

Al no disponer de datos sobre la disminución en el consumo energético de los tranvías y consecuentemente de las emisiones de CO_2, se han extrapolado los datos actuales suponiendo que cada año que transcurra hasta el horizonte de los 30 años, los

motores del tranvía consumirán un 1% menos de energía y por lo tanto se emitirá un 1% menos de los gases procedentes de la generación de la electricidad necesaria. En cuanto al coste económico, se ha extrapolado la tendencia de incrementar anualmente un euro la tasa de emisión indicada en la "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects", editada por la Unión Europea. Una vez obtenidos estos datos, se multiplican por los kilómetros (en el caso del precio de las emisiones además se multiplica por la tasa de emisión). Una vez obtenidos estos datos, se multiplican por los kilómetros para cada año (desde el año 0 hasta el 30). El valor que aparece en cada una de las celdas es el sumatorio de los resultados obtenidos en cada uno de los 30 años que conforman el periodo del proyecto. Cabe recordar, que cada una de las alternativas presenta un número de kilómetros diferente.

Tabla 25. Emisiones, consumo energético y coste económico durante los 30 años de explotación para cada una de las alternativas por modos

BUS									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alt. 1**	**Alt. 2**	**Alt. 3**	**Alt. 4**	**Alt. 1A**	**Alt. 2A**	**Alt. 3A**	**Alt. 4A**
Km anuales	18.464.753,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO_2 (miles de tn) AÑO 0-30	588,7	492,8	488,0	487,6	492,4	492,8	488,0	487,6	492,4
Emisiones NOx (tn) AÑO 0-30	625,9	527,3	522,4	522,0	526,9	527,3	522,4	522,0	526,9
Emisiones CO (tn) AÑO 0-30	625,7	524,5	519,4	519,0	524,0	524,5	519,4	519,0	524,0
Emisiones pm (tn) AÑO 0-30	5,3	4,5	4,4	4,4	4,5	4,5	4,4	4,4	4,5
Consumo de energía (GW)	3,03	2,53	2,50	2,50	2,53	2,53	2,50	2,50	2,53
Precio emisiones CO_2 eq (M€)	26,20	21,82	21,60	21,58	21,80	21,82	21,60	21,58	21,80
PRIVADO									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alt. 1**	**Alt. 2**	**Alt. 3**	**Alt. 4**	**Alt. 1A**	**Alt. 2A**	**Alt. 3A**	**Alt. 4A**
Km anuales	896.751.438,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO_2 (miles de tn) AÑO 0-30	1.805,3	1.791,1	1.785,7	1.790,1	1.795,9	1.789,0	1.783,6	1.787,9	1.793,7
Emisiones NOx (tn) AÑO 0-30	994,7	987,3	984,5	986,8	989,8	986,2	983,4	985,7	988,7
Emisiones CO (tn) AÑO 0-30	10.733,3	10.648,3	10.615,9	10.642,1	10.676,8	10.635,2	10.602,9	10.629,0	10.663,7
Emisiones pm (tn) AÑO 0-30	55,3	54,9	54,7	54,8	55,0	54,8	54,7	54,8	54,9
Consumo de energía (GW)	7,38	7,32	7,30	7,32	7,34	7,31	7,29	7,31	7,33
Precio emisiones CO_2 eq (M€)	79,15	78,51	78,27	78,47	78,73	78,41	78,17	78,37	78,63
TRANVÍA									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alt. 1**	**Alt. 2**	**Alt. 3**	**Alt. 4**	**Alt. 1A**	**Alt. 2A**	**Alt. 3A**	**Alt. 4A**
Km anuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO_2 (miles de tn) AÑO 0-30	0	27,3	28,6	29,7	28,4	31,3	32,1	33,2	32,4
Emisiones NOx (tn) AÑO 0-30	0	75,0	78,4	81,4	78,0	86,0	88,2	91,2	89,0
Emisiones CO (tn) AÑO 0-30	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Emisiones pm (tn) AÑO 0-30	0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,1
Consumo de energía (GW)	0,00	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10
Precio emisiones CO_2 eq (M€)	0,00	1,23	1,29	1,34	1,28	1,42	1,45	1,50	1,47

Tabla 26. Emisiones, consumo energético y coste económico durante los 30 años de explotación para cada una de las alternativas. Total

TOTAL									
Alternativas con reordenación	**Situación actual**	**Alt. 1**	**Alt. 2**	**Alt. 3**	**Alt. 4**	**Alt. 1A**	**Alt. 2A**	**Alt. 3A**	**Alt. 4A**
Km anuales	915.216.192	-	-	-	-	-	-	-	
Emisiones CO_2 (miles de tn) AÑO 0-30	2.394,03	2.311,24	2.302,33	2.307,37	2,316.70	2.313,07	2.303,72	2,308.76	2,318.53
Emisiones NOx (tn) AÑO 0-30	1,620.56	1.589,61	1.585,32	1.590,19	1.594,71	1.,599,47	1.593,98	1.598,85	1.604,58
Emisiones CO (tn) AÑO 0-30	11.359,1	11.173,0	11.135,7	11.161,4	11.201,2	11.160,0	11.122,7	11.148,4	11.188,2
Emisiones pm (tn) AÑO 0-30	60,58	60,31	60,16	60,32	60,48	60,38	60,22	60,38	60,55
Consumo de energía (GW)	10.406,40	9.931.25	9.888,33	9.907,00	9.951,67	9.934,18	9.889,97	9.908,65	9.,954,60
Precio emisiones CO_2 eq (M€)	105,35	101,57	101,16	101,39	101,82	101,65	101,23	101,45	101.90

Como se puede observar en la última tabla, la **situación actual**, es la que **más emisiones de gases contaminantes** produce a la atmósfera (2.394.033 tn), **más energía necesita** para recorrer dicha distancia (10.406 GW) y **más coste económico** supone en emisiones (105.353.369 € hasta el año horizonte de explotación).

Por el contrario, la **alternativa 2** genera un 4,38% menos de emisiones de CO_2 que la situación actual (91.704 tn menos de CO_2 emitidos), y por tanto supone un ahorro económico del 4,98% (4.189.736 € menos). Además, es la alternativa que menor energía consume, 9.888 GW, que supone un ahorro del 4,98% respecto a la situación actual.

7. RESIDUOS PELIGROSOS

En algunas de las calles que se proyectan las alternativas de trazado de la L2 del tranvía disponen de tuberías de fibrocemento.

La Unión Europea en 1999 dio un plazo de cinco años (hasta el año 2005) para que todos los países de la Unión prohibieran su uso. Declarándose en el año 2003 prohibida la extracción de amianto y la fabricación y la transformación de productos de amianto

La gestión de residuos peligrosos requiere una actuación conforme a pautas concretas que se derivan de la legislación actual para el manejo de residuos que representan peligro para la salud.

Según las mediciones realizadas que se reflejan en la Tabla 27 la alternativa que presenta mayor número de toneladas de tuberías de fibrocemento es la Alternativa 3 con algo más de 516 tn, la Alternativa 2 con 562,5, la Alternativa 1 con casi 458 tn y, por último, la Alternativa 4 con algo más de 412 tn. La extensión a la carretera de Madrid no supone afección a tuberías de fibrocemento

Tabla 27. Tn de fibrocemento estimadas para cada una de las alternativas

Alternativa 1 y 1A	Alternativa 2 y 2A	Alternativa 3 y 3A	Alternativa 4 y 4A
457,84	562,54	516,78	412,14

8. PATRIMONIO CULTURAL

En el apéndice 1 se adjunta el informe que evalúa de forma preliminar la afección sobre el Patrimonio Cultural de las cuatro alternativas propuestas para la L2 del tranvía.

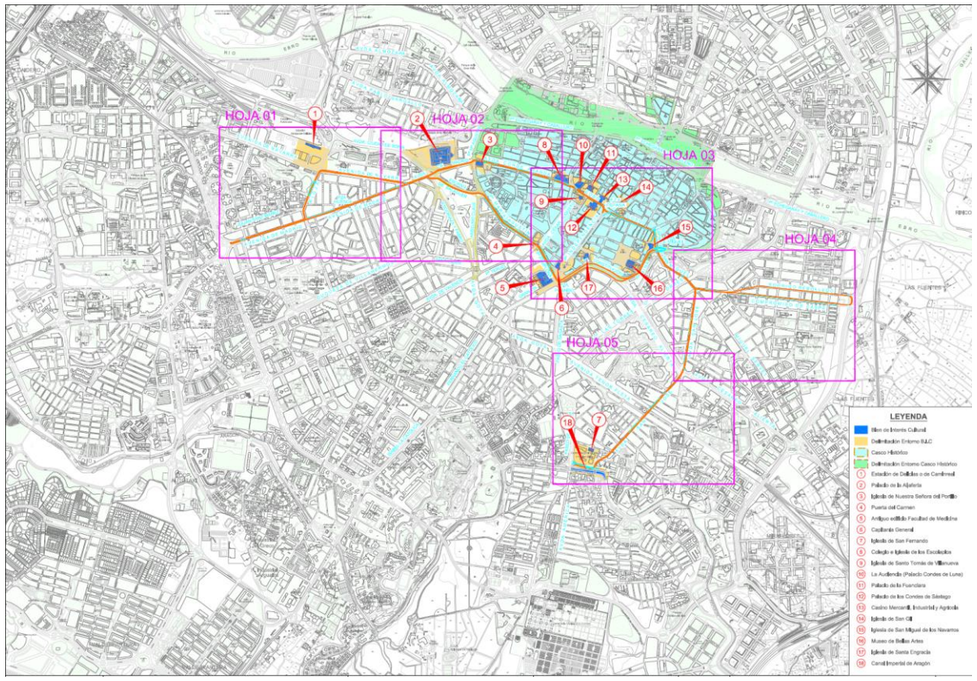


Ilustración 10. Bienes de Interés Cultural

La diferencia fundamental entre los dos planteamientos es que, mientras el trazado de las Alternativas 1, 1A, 4 y 4A del tranvía discurre por el interior del área declarada B.I.C. del Casco Histórico de Zaragoza, zona que además coincide con el área de restos arqueológicos de mayor interés, las alternativas 2, 2A, 3 y 3A bordean el perímetro de la delimitación, si bien también se sitúa en el entorno de la misma.

En el primer caso son dos las zonas de posibles afecciones arqueológicas, previsiblemente importantes:

- El tramo entre la Plaza San Miguel a la Plaza de España.
- El tramo entre César Augusto y El Portillo.

Hay que señalar que en este caso el espacio entre Plaza España y César Augusto ya ha sido intervenido.

En las alternativas 2, 2A, 3 y 3A las afecciones se centran en el área de la Puerta del Carmen y la posible presencia de restos poco definidos en relación con los arrabales musulmanes y estructuras de la muralla de los Sitios.

Es necesario recordar que al tratarse de viales, objeto de intervenciones habituales para los servicios urbanos (vertido, agua corriente, gas, electricidad), en la mayoría de los casos las obras coincidirán con espacios sin restos conservados.

Dentro de los espacios poco definidos, objeto de atención, al igual que se ha señalado las posibles prolongaciones de los arrabales islámicos y restos de los Sitios, común a todas las alternativas, están las posibles afecciones de elementos extensos, en el área de Las Fuentes/Miguel Servet, como es el caso de la necrópolis romana de la calle Nuestra Señora del Pueyo, que al ser de carácter extensivo pudiera prolongarse hacia Miguel Servet. En cualquier caso sería una afección puntual.

Del mismo modo, en el área de Torrero, se afecta el entorno del B.I.C. del Canal Imperial. A efectos arqueológicos faltan referencias sobre esta zona, que tuvo una gran importancia durante los Sitios de Zaragoza.

No se prevén afecciones arqueológicas en la extensión hasta la carretera de Madrid.

A continuación se presenta una tabla donde se recogen los BICs y sus entornos que pueden verse afectados directamente por las alternativas estudiadas.

Tabla 28. Bienes de Interés Cultural Identificados en los trazados del ramal de las Fuentes San José y las distintas alternativas

	BICs	Alternativas 1 y 1A (*)	Alternativas 2 y 2A (*)	Alternativas 3 y 3A (*)	Alternativas 4 y 4A (*)	Ramal Las Fuentes - San José
1	Estación de Delicias o Caminreal	O	O	X	X	O
2	Palacio de la Aljafería	X	O	O	X	O
3	Iglesia de Nuestra señora del Portillo	X	O	O	X	O
4	Puerta del Carmen	O	X	X	O	O
5	Antigua edificio Facultad de Medicina	O	X	X	O	O
6	Capitanía General	O	X	X	O	O
7	Iglesia de San Fernando	O	O	O	O	O
8	Colegio e Iglesia de los Escolapios	X	O	O	X	O
9	Iglesia de Santo Tomás de Villanueva	O	O	O	O	O
10	La Audiencia (Palacio Condes de Luna)	X	O	O	X	O
11	Palacio de la Fuenclara	O	O	O	O	O
12	Palacio de los Condes de Sástago	X	O	O	X	O
13	Casino, Mercantil, Industrial y Agrícola	X	O	O	X	O
14	Iglesia de San Gil	O	O	O	O	O
15	Iglesia de San Miguel de los Navarros	X	X	X	X	O
16	Museo de Bellas Artes	O	O	O	O	O
17	Iglesia de Santa Engracia	O	O	O	O	O
18	Canal Imperial de Aragón	O	O	O	O	X
19	Conjunto Histórico	X	X	X	X	O
	TOTAL	8	5	6	9	

(*) Sin incluir los ramales a Las Fuentes y San José

Por último, comentar que la escultura emplazada en vía de la Hispanidad a la altura de la avenida Madrid se verá afectada por la extensión que se plantea desde el inicio de la línea (glorieta de los Enlaces) hacia la carretera Madrid (N-IIa) hasta su intersección con la ronda Ibón de Plan.

APENDICE 1 – ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LAS ALTERNATIVAS 2 Y 3 DE LA LINEA 2 DEL TRANVIA EN EL PASEO CONSTITUCION

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 4
2. DESCRIPCIÓN DEL PASEO Y SUS ELEMENTOS 4
3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS 6
3.1. TRAMO 1 7
3.2. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 1 PROPUESTA ACTUAL 8
3.3. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 2. DESPLAZAMIENTO DE LA PLATAFORMA DEL TRANVÍA HACIA LAS ACERAS LATERALES 10
3.4. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 3. INCREMENTAR COTA DE LA PLATAFORMA DEL TRANVÍA 11
3.5. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 4. REAJUSTAR A DIMENSIONES MÍNIMAS 12
3.6. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 5. CARRIL BICI EN EL BULEVAR 13
4. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS A CONSIDERAR PARA EVITAR AFECCIÓN A ARBOLADO 14
5. CONCLUSIONES 15
ANEJO 1. INFORME DE ESTRUCTURAS. 16
1. INTRODUCCIÓN Y DATOS DE PARTIDA 17
2. ANTECEDENTES 17
3. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN 18
ANEJO 2. PLANO SOLUCIÓN Nº 1 AFECCIÓN AL ARBOLADO DEL PASEO DE LA CONSTITUCIÓN 19
ANEJO 3. SECCIONES COMPARATIVAS DE LAS SOLUCIONES RESPECTO A LA SITUACIÓN ACTUAL 21
ANEJO 4. PRESUPUESTO 26

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estado estructura soterramiento río Huerva bajo bulevar de Paseo Constitución. 4

Ilustración 2. Tramificación del Paseo Constitución según las propuestas de actuación en la estructura del cubrimiento del río Huerva 5

Ilustración 3. Detalle de los daños identificados en el pavimento del bulevar de Paseo Constitución provocados posiblemente por el sistema radicular del arbolado del bulevar 5

Ilustración 4. Detalle de algunos de los daños identificados en el pavimento del bulevar de Paseo Constitución. 6

Ilustración 5. Señalización que únicamente el autoriza el paso de vehículos autorizados y de menos de 3,5 tn. 6

Ilustración 6. Magnolio emplazado en la mediana del Paseo de Constitución enfrente del ábside de la iglesia de Santa Engracia. 7

Ilustración 7. Detalle del tramo 1 según el estado de la estructura del cubrimiento del río Huerva en el Paseo Constitución 8

Ilustración 8. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar. (sustituir por las del carril bici de 1,5 m) 8

Ilustración 9. Arbolado afectado en el tramo 2 del Paseo Constitución por la implantación de las alternativas 2 y 3. 9

Ilustración 10. Vista de los ejemplares de magnolio (se ha considerado como un solo ejemplar por su pequeño tamaño) afectados por la banda de 4 m desde el límite de las obras. 9

Ilustración 11. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativa 2 y 3. Solución 2. 10

Ilustración 12. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativas 2 y 3. Solución nº 3. 11

Ilustración 13. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativas 2 y 3. Solución nº 4. 12

Ilustración 14. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativas 2 y 3. Solución nº 5. 13

Ilustración 15. Detalle de las estructuras del cubrimiento del Huerva 18

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco del contrato de "Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa económico de una línea de tranvía Este-Oeste en Zaragoza", se está redactando el Estudio de Viabilidad.

Una parte del trazado de las alternativas 2 y 3, valoradas en el Estudio de Viabilidad, discurren por el Paseo de la Constitución. En este informe se pretende realizar un breve análisis de las distintas posibilidades de actuación en dicho Paseo, al objeto de seleccionar aquellas técnicamente viables y que afecten en menor medida al arbolado y zonas verdes.

2. DESCRIPCIÓN DEL PASEO Y SUS ELEMENTOS

El paseo de la Constitución cuenta con un bulevar en la parte central del mismo. En la parte perimetral de éste, junto a la calzada por donde circulan los vehículos a motor en ambos sentidos existen unas jardineras, se localizan numerosos árboles, cuyo porte en general es importante. Asimismo, en el interior del bulevar existen varias jardineras con arbolado de cierto valor ornamental debido al tamaño que presentan, teniendo en cuenta las especies que son.

La estructura del paseo Constitución, comprendida desde la última bóveda de la plaza de Paraíso hasta la intersección con el paseo de la Mina, presenta una longitud de 505,5 m. Todo este tramo presenta una misma configuración de sección rectangular de 14 m de anchura y altura variable (máximo 11 m y mínimo 3,7 m), quedando la estructura superior conformada por una losa "nervada" de hormigón armado "in situ", con vigas de sección rectangular situadas a una distancia libre de 2,4 m en zona de Paseos y 1.0 m en viales. La losa tiene espesor 10 cm de espesor en zona de paseos y de 18 cm en zona de viales.

El informe elaborado por A.T.I.C.A. ("Análisis, Informe y posterior proyecto para la estabilización y mejora de la estructura del río Huerva y su encauzamiento". Año 1997) expone que "*en el tramo 3º* –comprendido desde la última bóveda de la plaza de Paraíso hasta la intersección con el Paseo de la Mina-*, a nivel general puede decirse que las vigas presentan un estado de conservación aceptable aunque algunas de ellas han perdido el recubrimiento inferior y los redondos de la fila inferior están al aire. Sin embargo, la losa propiamente dicha presenta un número muy grande de vanos en los que se puede ver todo el mallazo o una parte importante de él, con diferentes grados de oxidación (*Ilustración 1*). En otros vanos, aunque no aparece el mallazo, se observan zonas con fuertes humedades que han deteriorado el hormigón y seguramente afectado a la armadura*"

Más allá del propio estado de conservación de la estructura, el documento de 2006 refiere una limitación funcional en cuanto al paso del tranvía y posibilidad de nuevos usos; y es que el mismo informe de 1997 ya establece un déficit resistente frente a las solicitaciones requeridas por la normativa vigente (concretamente en las zonas de viales de los tramos 1º -Gran vía hasta plaza Paraíso- y 3º - Paseo Constitución desde plaza Paraíso y Paseo la Mina-, y en el tramo 4 - Desde la intersección con el Paseo de la Mina hasta finalizado el giro de 90º que contornea el Colegio del Sagrado Corazón-). En el anejo 1 se acotan estos tramos

Existe en dicho informe de 1997 una relación tabulada por tramos entre perfiles de inspección, a partir de la cual, mediante el examen del grado de reparación asignado (de 1 a 4, siendo el valor 4 asignado a la reparación de mayor grado), puede decirse que la zonas con patologías más severas (gran densidad de tratamiento de reparación 4) quedan acotadas desde la marca (0-1) a la marca (70-71) [aproximadamente entre las Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio de Loyola].

A partir de ese perfil, y hasta la marca (97-99), que corresponde con el inicio del Paseo de la Mina y, por tanto, del tramo 4º, existe un predominio de tratamiento tipo 3 o inferior.

Dicho lo anterior, y si se confirma el contenido del informe de inspección vigente, el planteamiento estructural puede pasar por remplazar la superestructura (tablero) de los tramos 1º y 3º hasta la marca 70-71 (entre perfiles 22 y 23) y extender la reparación estructural desde ese punto hasta el inicio del Paseo de la Mina.

En el anejo 1 se adjunta el informe relativo a la estructura de cubrimiento del río Huerva en el paseo Constitución.

Ilustración 1. Estado estructura soterramiento río Huerva bajo bulevar de Paseo Constitución.

De acuerdo con el informe de estructuras el paseo de la Constitución puede dividirse en dos tramos definidos en base a las actuaciones estructurales que deberían practicarse para la implantación de la línea 2 del tranvía.

- TRAMO 1: Entre la plaza Paraíso y las Calles D. Hernando de Aragón.
- TRAMO 2: Entre las Calle Don Hernando de Aragón y el Paseo la Mina.

Ilustración 2. Tramificación del Paseo Constitución según las propuestas de actuación en la estructura del cubrimiento del río Huerva

TRAMO 1: Entre la plaza Paraíso y la Calle Don Hernando de Aragón

En el primer tramo, comprendido entre la plaza Paraíso y la Calle San Ignacio de Loyola, se han identificado en el perímetro del bulevar, junto a las calzadas de ambos sentidos, 50 ejemplares de platanero. Todos ellos se corresponden con árboles de gran tamaño a excepción de uno de pequeño porte.

En este mismo tramo, en las jardineras del centro del Paseo, se han identificado 14 ejemplares de magnolio, de los cuáles 11 presentan un tamaño medio y 3 pequeño. Además, en este tramo existe un magnolio de gran porte en la mediana existente a la altura de la iglesia de Santa Engracia.

En cuanto al estado cualitativo del arbolado, cabe mencionar que todos los plataneros a excepción de uno presentan un buen estado (49). Mientras que de los 14 magnolios de este tramo, emplazados todos ellos en las jardineras del Paseo central, 7 presentan un estado bueno, 6 un estado regular y 1 un estado malo.

Por último, como puede apreciarse en las siguientes imágenes, destacar las afecciones que provoca el sistema radicular de los plataneros fundamentalmente sobre el pavimento e incluso la calzada del Paseo Constitución.

Ilustración 3. Detalle de los daños identificados en el pavimento del bulevar de Paseo Constitución provocados posiblemente por el sistema radicular del arbolado del bulevar

TRAMO 2: Entre la Calle Don Hernando de Aragón y el Paseo la Mina

En el segundo tramo, comprendido entre la intersección de la Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio Loyola y el Paseo la Mina, se han identificado 91 ejemplares de diferentes especies (álamo blanco, alianto, chopo, falsa acacia, amelia, ciprés, plataneros [10], magnolio, palmera y *prunus sp*), por lo que la biodiversidad de este tramo del Paseo de Constitución es elevada.

Los magnolios de mayor tamaño y mejor estado se localizan en este tramo del Paseo de Constitución. Otro aspecto a destacar de este tramo del Paseo es que de entre los árboles emplazados entre la calzada y el Paseo central, 1 chopo negro (*Populus nigra*) está catalogado cómo singular (número 46) por el Ayuntamiento de Zaragoza.

En cuanto al estado cualitativo del arbolado cabe mencionar que de los 91 ejemplares, 82 presentan un estado bueno, 2 regular y 7 no se han calificado.

Al igual que en el tramo 1, cabe destacar las afecciones que provoca el sistema radicular de los plataneros fundamentalmente sobre el pavimento e incluso la calzada del Paseo Constitución como puede apreciarse en las siguientes imágenes. Este aspecto es complicado de definir actualmente, de ahí que como medida preventiva se propone realizar una radiografía del sistema radicular del arbolado para decidir cuáles de ellos se verán más afectados por la solución adoptada.

Ilustración 4. Detalle de algunos de los daños identificados en el pavimento del bulevar de Paseo Constitución.

3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

De lo extraído del informe de 1997 sobre el estado de la estructura del río Huerva citado en el apartado anterior, y tras una visita preliminar a la infraestructura, por parte de técnicos del equipo redactor de este documento y técnicos municipales, se corrobora el mal estado de las vigas del cubrimiento, el poco espesor de la losa y los problemas de filtraciones existentes en el primer tramo. Además, actualmente el bulevar tiene circulación restringida a vehículos autorizados y con peso inferior a 3,5 tn, por lo que un incremento de peso adicional como pudiera ser la implantación del tranvía no lo soportaría dicha estructura.

Ilustración 5. Señalización que únicamente el autoriza el paso de vehículos autorizados y de menos de 3,5 tn.

Considerando las propuestas de actuación del informe de estructuras que se aporta en el anejo 1 se proponen las soluciones siguientes:

Por un lado, se ha valorado la afección en este primer tramo, definido por la sección del Paseo constitución en el P.K. 3+275 de la línea 2 a la altura de la Calle arqugitecto Yarza, y por otro, se ha valorando las diversas soluciones del segundo tramo utilizando como referencia la sección realizada entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar (P.K. 3+515).

Al objeto de poder evitar impactos el arbolado y las zonas verdes localizadas en el tramo 2, se contemplan las siguientes soluciones:

- Solución nº 1. Propuesta actual de trazado.
- Solución nº 2. Desplazamiento de la plataforma del tranvía en ambos sentidos hacia las aceras.
- Solución nº 3. Incremento de la cota de la plataforma del tranvía.
- Solución nº 4. Ajuste al mínimo de la sección.
- Solución nº 5. Carril bici unidireccional por el bulevar.

En el anejo 3 se presentan unas secciones en las que se compara la situación actual con el resto de soluciones.

3.1. TRAMO 1

En este tramo del Paseo Constitución se plantea la renovación de la citada infraestructura, no siendo factible conservar las jardineras centrales del bulevar donde se localizan los magnolios de mayor valor ornamental, así como el arbolado situado en el perímetro del bulevar (junto a las calzadas de ambos sentidos) que igualmente se verán afectadas por las obras de renovación.

Aunque para le ejecución de la renovación del cubrimiento no es necesario eliminar el arbolado de las jardineras periféricas del bulervar, éste sí que se localiza muy próximo por lo que se afectará al sistema radicular de los ejemplares emplazados en dichas jardineras, ya que éstos son ejemplares de gran porte y se considera que disponen de un sistema radicular importante.

El impacto sobre el arbolado y las zonas verdes en este tramo 1 se desglosa a continuación: El tramo 1 presenta las siguientes afecciones sobre el arbolado y la zona verde del Paseo Constitución:

- Eliminación de los 50 plataneros emplazados entre la calzada y el bulevar y los 14 magnolios pequeños del Paseo central (bulevar).
- En este tramo se salvaría el magnolio (0) de tamaño grande emplazado en la mediana de enfrente del ábside de la iglesia de Santa Engracia.
- En cuanto a zonas verdes esta alternativa afecta a todo el espacio del bulevar clasificado como zona verde, aproximadamente 4.358,9 m^2.

Ilustración 6. Magnolio emplazado en la mediana del Paseo de Constitución enfrente del ábside de la iglesia de Santa Engracia.

Ilustración 7. Detalle del tramo 1 según el estado de la estructura del cubrimiento del río Huerva en el Paseo Constitución

3.2. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 1 PROPUESTA ACTUAL

Inicialmente la propuesta de trazado del tranvía de las alternativas 2 y 3 en el Paseo de Constitución se proyecta en la actual calzada por donde circulan los vehículos a motor, en el costado del bulevar, afectándose a una pequeña parte de éste.

PASEO CONSTITUCIÓN PK 3+515 (ALT 2) PK 3+770 (ALT 3)

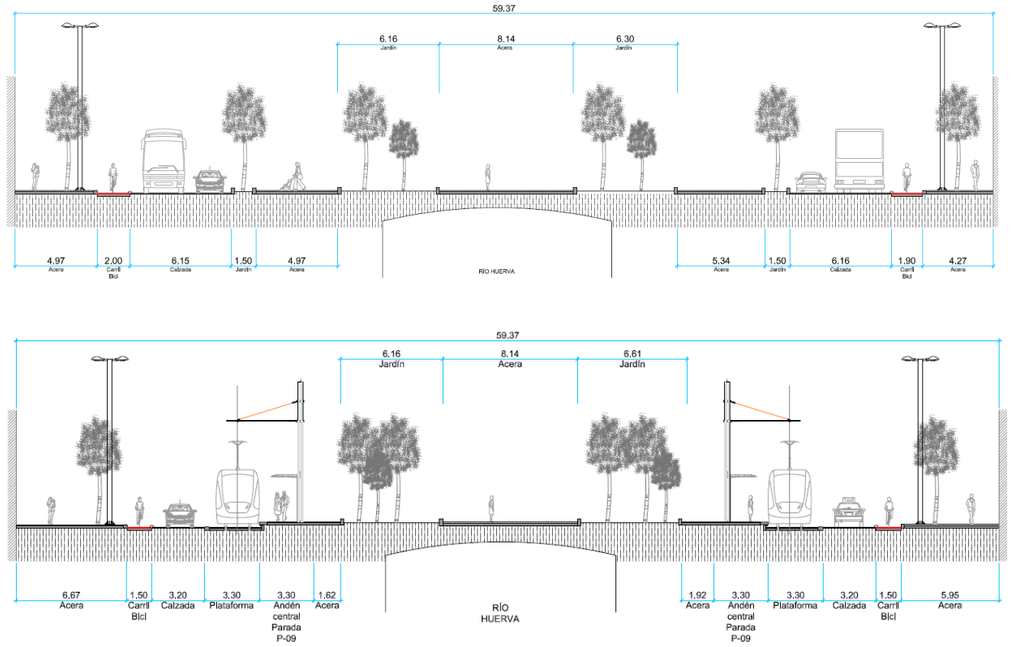


Ilustración 8. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar. (sustituir por las del carril bici de 1,5 m)

En ambos sentidos la calzada se proyecta de 3,20 m de ancho y se localiza entre la plataforma del tranvía (3,30 m) y el carril bici unidireccional (1,50 m), y éste último, se proyecta entre la calzada y la acera. La acera, en el sentido de avance de los P.P.K.K.s, presentará un acho de 5,95 m mientras que en el sentido contrario se estima un ancho de 6,67 m.

En total esta sección, desde la fachada de los edificios, compuesta por la acera +la parada + la plataforma del tranvía + la calzada de los vehículos privados y el carril bici unidireccional en el sentido de avance de los P.P.K.K.s presenta un ancho de 19,17 m, mientras que actualmente la calzada, el carril bici unidireccional y la acera tienen un ancho de 12,33 m. En el

sentido contrario de avance de los P.P.K,K.s actualmente la acera, el carril bici unidireccional y la calzada presentan un ancho de 13,12 m mientras que la solución nº 1 presenta un ancho de 19,59 m.

Con esta disposición la solución nº 1 supone una afección directa sobre los árboles situados en el perímetro del bulevar. De igual forma, implica la afección al sistema radicular (considerando la banda de afección unos 4 m desde el límite de la excavación) de 6 ejemplares.

A continuación se presenta un plano con el arbolado afectado por esta alternativa.

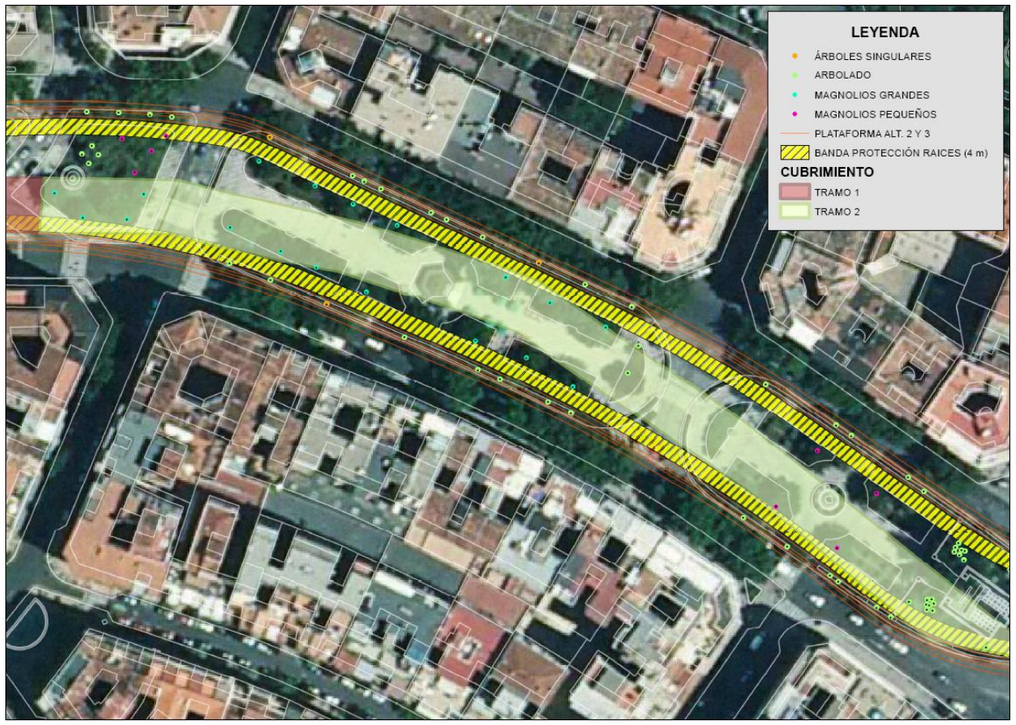


Ilustración 9. Arbolado afectado en el tramo 2 del Paseo Constitución por la implantación de las alternativas 2 y 3.

En el tramo 2 esta alternativa presenta las siguientes afecciones sobre el arbolado y la zona verde del Paseo Constitución:

- Eliminación de los 33 árboles existentes en las jardineras situadas entre la calzada y el bulevar. De estos 7 son aliantos, 1 amelia, 9 plataneros, 5 álamos blancos, 2 chopos negros y 9 acacias. Entre estos ejemplares hay 1 de ellos que está catalogado como árbol singular. (1 chopo negro) por el ayuntamiento de Zaragoza.
- Se ha considerado una banda de afección al sistema radicular del arbolado de 4 m desde el límite de la plataforma del tranvía. Dentro de esta banda de 4 m se han identificado 6 ejemplares afectados: dos cipreses de pequeño tamaño, un magnolio de pequeño tamaño y dos chopos negros de tamaño grande.
- Por último, cabe destacar que con esta alternativa se salvarán todos los magnolios emplazados en la mediana entre las Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio de Loyola a excepción del indicado en el párrafo anterior el bulevar. Asimismo, no se afectará a los ejemplares de esta especie localizados en el bulevar del Paseo Constitución.
- No se afectará al arbolado emplazado en las jardineras centrales del bulevar.
- Eliminación del arbolado existente en las aceras laterales de las calzadas.

Ilustración 10. Vista de los ejemplares de magnolio (se ha considerado como un solo ejemplar por su pequeño tamaño) afectados por la banda de 4 m desde el límite de las obras.

3.3. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 2. DESPLAZAMIENTO DE LA PLATAFORMA DEL TRANVÍA HACIA LAS ACERAS LATERALES

Esta alternativa proyecta el retranqueo de la plataforma del tranvía hacia el costado de la calzada que limita con las aceras laterales, lo que implica alejar la plataforma del tranvía (requiere una mayor excavación que la calzada o el carril bici) del bulevar.

En ambos sentidos la calzada se proyecta de 3,2 m de ancho y se localiza entre la plataforma del tranvía (3,3 m) y el carril bici (1,5 m), y éste último, se proyecta entre la calzada y el bulevar. La acera, en el sentido de avance de los P.P.K.K.s, presenta un acho de 1,54 m más 2,80 m de la parada del tranvía mientras que en el sentido contrario presenta un ancho de 2,31 m más 2,80 m de parada.

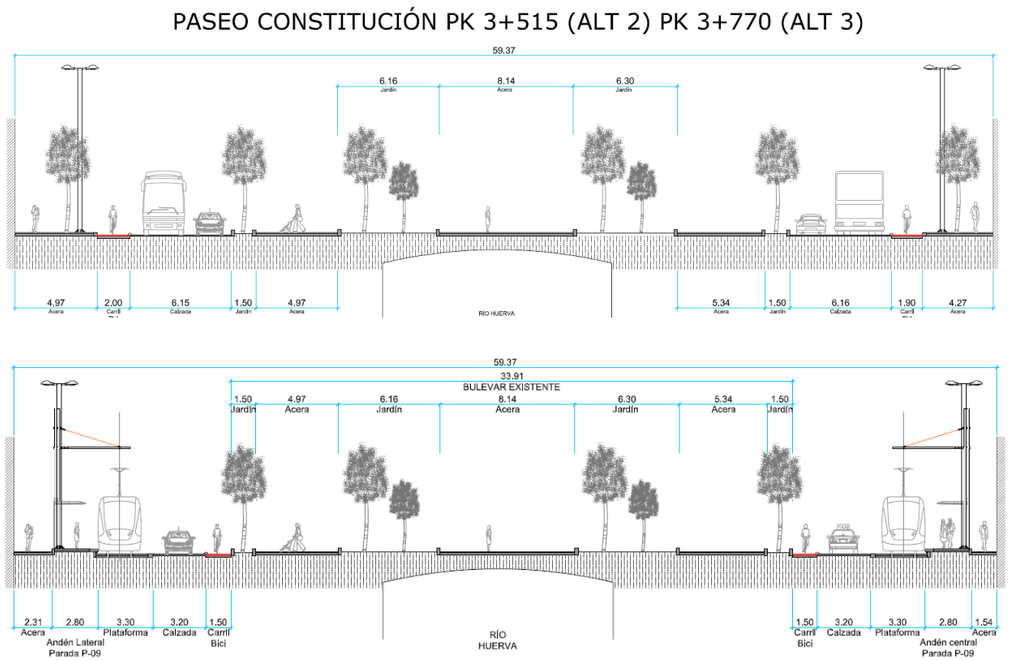


Ilustración 11. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativa 2 y 3. Solución 2.

En total esta sección, acera, parada, plataforma, tranvía, calzada y carril bici, en el sentido de avance de los P.P.K.K.s presenta un ancho de 12,33 mientras que la solución nº 1 presenta un ancho de 19,17 m y en el sentido contrario un ancho de 13,11 m mientras que la solución nº 1 tiene un ancho de 19,59 m. Con esta reducción del ancho de ocupación de 5,81 m en el sentido de avance de los P.P.K.K.s y de 6,48 m en el sentido contrario se consigue no eliminar el arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar.

Un problema que plantea esta solución es la ubicación de las paradas del tranvía, puesto que a ambos lados de las aceras hay entradas a garajes y servicios y la elevación del pavimento en zona de parada podría suponer un problema de accesos a éstos. Se tendría que pensar en “atrincherarlas” para garantizar los accesos de los vehículos privados a los garajes y servicios.

La reducción del ancho comentado anteriormente supone que esta solución respecto a la solución nº 1 no afecte al arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar. No obstante, si bien la profundidad de excavación junto a las jardineras periféricas del bulevar es menor, hecho que reduce el impacto sobre el sistema radicular de los ejemplares, la construcción del carril bici, de igual forma, supondrá una afección al sistema radicular del arbolado emplazado en las jardineras periféricas del bulevar.

Esta solución nº 2 no supone un impacto sobre los 6 ejemplares a los que afecta la solución nº 1 (sistema radicular). La minimización del impacto, se debe a que la construcción del carril bici junto al bulevar requiere una profundidad de excavación menor que la construcción de la plataforma del tranvía, por lo que el sistema radicular de los árboles próximos se verá menos afectado.

En el tramo 2, esta alternativa presenta las siguientes afecciones sobre el arbolado y la zona verde del Paseo Constitución:

- Eliminación de los 33 árboles existentes en las jardineras situadas entre la calzada y el bulevar (7 aliantos, 1 amelia, 9 plataneros, 5 álamos blancos, 2 chopos negros y 9 acacias) respecto al impacto de la solución nº 1 es menor porque la excavación para la construcción de la plataforma del tranvía se traslada al costado de la acera, lo más alejada posible de las jardineras perimetrales del bulevar.

- Se ha considerado una banda de afección al sistema radicular del arbolado de 4 m desde el límite de la plataforma del tranvía. Esta alternativa evitará la afección de 6 ejemplares: dos cipreses de pequeño tamaño, unos magnolios de pequeño tamaño y dos chopos negros de tamaño grande.

- Se salvarán todos los magnolios emplazados en la mediana entre las Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio de Loyola a excepción unos ejemplares muy pequeños. De igual forma no se afectará a los ejemplares de esta especie localizados en el bulevar del Paseo Constitución.

- Eliminación del arbolado existente en las aceras laterales de la calzada.

3.4. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 3. INCREMENTAR COTA DE LA PLATAFORMA DEL TRANVÍA

Otra alternativa que se ha barajado es mantener el eje del tranvía entre el bulevar y la calzada e incrementar la cota de la rasante de la plataforma del tranvía. Es decir, se plantea realizar un relleno de la plataforma en vez de excavar. De esta forma, se minimiza la afección sobre el sistema radicular del arbolado situado entre el bulevar y la calzada.

PASEO CONSTITUCIÓN PK 3+515 (ALT 2) PK 3+770 (ALT 3)

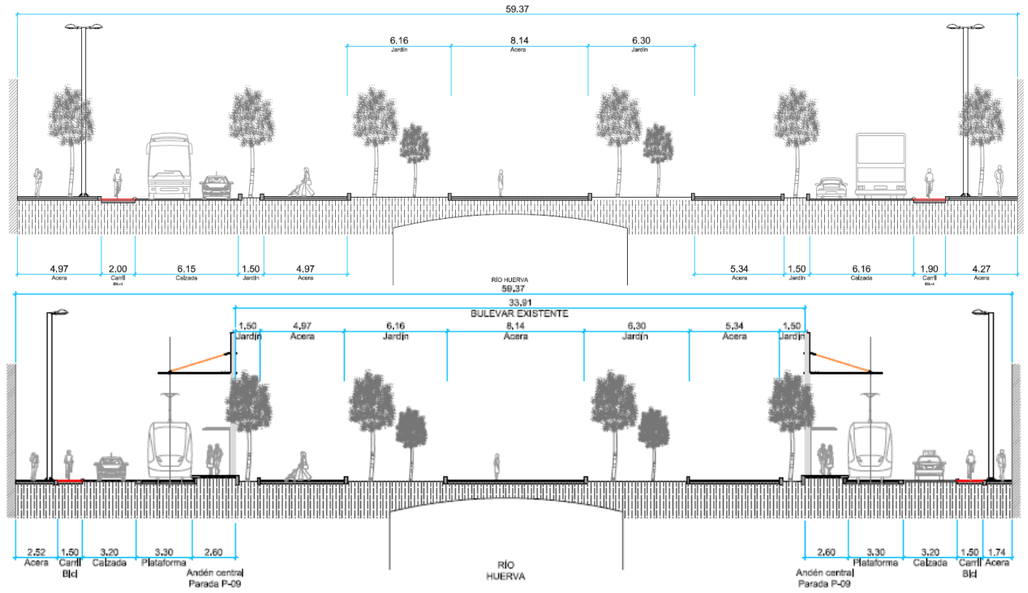


Ilustración 12. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativas 2 y 3. Solución nº 3.

La disposición del carril bici se localiza junto a la acera y el ancho de la acera es el mismo que el proyectado en las soluciones nº 1 y 2.

El incremento de la cota de la rasante de la plataforma del tranvía implica que se incremente la misma diferencia de altura en la parada emplazada en el bulevar.

Las dimensiones de esta sección en sentido de avance de los P.P.K.K.s es la siguiente: andén central con parada de 2,60 m, plataforma del tranvía de 3,30 m, calzada de 3,20 m, carril bici de 1,50 m y acera de 1,74 m. En sentido contrario a los P.P.K.K.s la sección presenta las siguientes dimensiones: andén central de 2,60 m, plataforma de 3,30 m, calzada de 3,20 m, carril bici de 1,50 m y acera de 2,52 m.

En total esta sección, acera, parada, plataforma, tranvía, calzada y carril bici, en el sentido de avance de los P.P.K.K.s presenta un ancho de 12,34 m mientras que la solución nº 1 tiene un ancho de 19,17 m y en el sentido contrario tiene un ancho de 13,12 m mientras que la solución nº 1 19,59 m. Con esta reducción del ancho de ocupación de 6,83 m en el sentido de avance de los P.P.K.K.s y de 6,47 m en el sentido contrario se consigue no eliminar el arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar.

Este relleno de la plataforma hasta el nivel de la acera, en algunos puntos, como es el P.K. 3+515 no supone ningún problema para la estructura del cubrimiento del Huerva. Sin embargo, hay puntos en la que la plataforma del tranvía se proyecta muy próxima (llegando a solaparse en dos puntos) al cubrimiento del Huerva. Es en esas zonas se tendría que hacer un estudio de cargas para conocer qué peso de más del que soporta actualmente es capaz de resistir la estructura del cubrimiento del Huerva.

Esta solución respecto a la solución nº 1 no elimina el arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar

En el tramo 2, esta alternativa presenta las siguientes afecciones sobre el arbolado y la zona verde del Paseo Constitución:

- No se eliminan los 33 árboles existentes en las jardineras situadas entre la calzada y el bulevar. (7 aliantos, 1 amelia, 9 plataneros, 5 álamos blancos, 2 chopos negros y 9 acacias).

- Se afectará todo el arbolado existente en las aceras laterales de la calzada.

- No se afectará a los magnolios emplazados en la mediana entre las Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio de Loyola. De igual forma no se afectará a los ejemplares de magnolio localizados en el bulevar del Paseo Constitución.

- Se ha considerado una banda de afección al sistema radicular del arbolado de 4 m desde el límite de la plataforma del tranvía. Esta alternativa evitará la afección de 6 ejemplares: dos cipreses de pequeño tamaño, un magnolio de pequeño tamaño y dos chopos negros de tamaño grande.

3.5. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 4. REAJUSTAR A DIMENSIONES MÍNIMAS

La cuarta solución que se ha barajado para la implantación de las alternativas 2 y 3 de la L2 del tranvía en el Paseo Constitución consiste en reajustar la sección tipo planteando dimensiones mínimas para cada uno de los elementos que componen la propuesta.

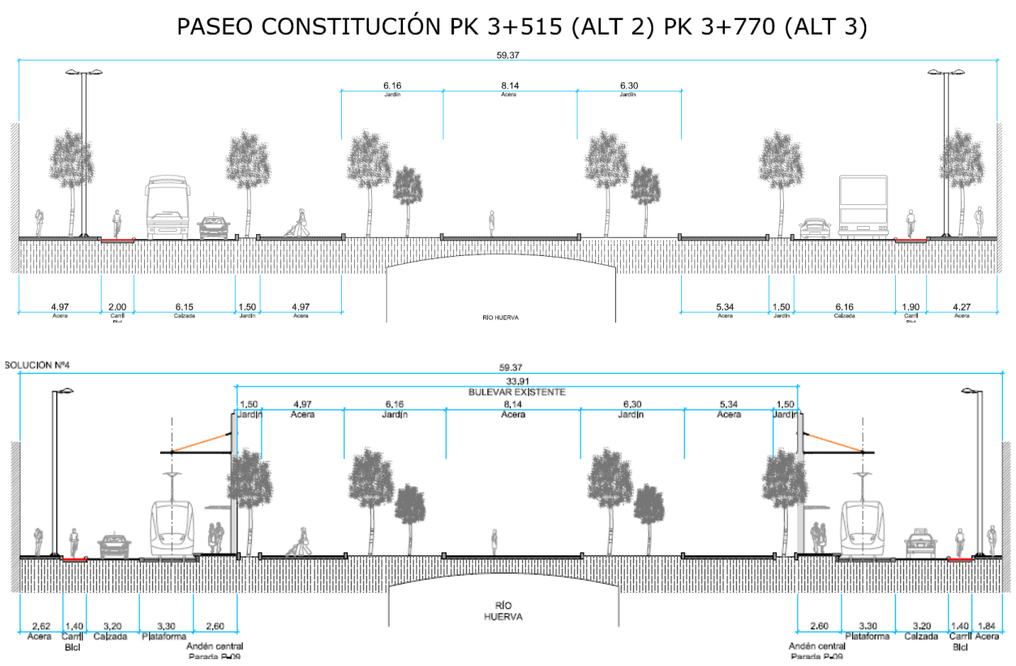


Ilustración 13. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativas 2 y 3. Solución nº 4.

De acuerdo con la Ordenanza de Supresión de Barreras Arquitectónicas y Urbanísticas del Municipio de Zaragoza de 2001, en lo referido en el Artículo 6. Diseño y trazado de las vías, perteneciente al Capítulo II Accesibilidad en el plano horizontal, en vías colectoras de tráfico rodado continuo deberá mantenerse un espacio de libre circulación peatonal de 1,80 metros. Cuando en el espacio de libre circulación señalado sea imprescindible instalar barreras funcionales, como: buzones, señales, farolas, etcétera, deberán colocarse éstas lateralmente de forma que no dificulten la accesibilidad al menos en un ancho de 1,00 metro con trayectoria rectilínea.

Inicialmente se planteaba reducir la calzada de los vehículos a 3,00 m, sin embargo la curva del Paseo Constitución a la altura de CCOO presenta un radio muy pequeño impidiendo que se adopte esta medida para la calzada al no permitir el giro de vehículos pesados.

Teniendo en cuenta estas premisas, se plantea para el sentido de avance de los P.P.K.K.s, una sección tipo que de fachada al borde de la jardinera bulevar estuviera compuesta por: 1,84 m de acera + 1,40 m de carril bici unidireccional + 3,20 m de carril para vehículo privado + 3,30 m de plataforma tranviaria y 2,60 m de andén central. Algo más holgada quedaría la acera en sentido opuesto a los P.K.s resultando: 2,62 m de acera, 1,40 m de carril bici unidireccional, 3,20 m de calzada, 3,30 m de plataforma y 2,60 m de andén central.

En total esta sección, acera, carril bici, plataforma del tranvía y calzada para los vehículos privados, en el sentido de avance de los P.P.K.K.s presenta un ancho de 12,34 m mientras que la solución nº 1 tiene un ancho de 19,17 m y en el sentido contrario tiene un ancho de 13,11 m mientras que la solución nº 1 presenta un acho de 19,59 m. Con esta reducción del ancho de ocupación de 6,06 m en el sentido de avance de los P.P.K.K.s y de 6,48 m en el sentido contrario respecto a la solución 1 se consigue no eliminar el arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar.

En el tramo 2, esta alternativa presenta las siguientes afecciones sobre el arbolado y la zona verde del Paseo Constitución:

- Se salvarían los 33 árboles existentes en las jardineras situadas entre la calzada y el bulevar. De estos 7 son aliantos, 1 amelia, 9 plataneros, 5 álamos blancos, 2 chopos negros y 9 acacias. Entre estos ejemplares hay 1 que está catalogado como árbol singular (chopo negro).
- Se afectará todo el arbolado existente en las aceras laterales de la calzada.
- Con esta solución se salvarán todos los magnolios emplazados en la mediana entre las Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio de Loyola así como todos los ejemplares de magnolio localizados en el bulevar del Paseo Constitución.
- Se ha considerado una banda de afección al sistema radicular del arbolado de 4 m desde el límite de la plataforma del tranvía. Esta alternativa evitará el impacto de 6 ejemplares afectados por la solución nº 1.

3.6. TRAMO 2. SOLUCIÓN Nº 5. CARRIL BICI EN EL BULEVAR

La solución nº 5 proyecta el carril bici por el bulevar de Paseo Constitución. De esta forma se minimiza en 1,50 m en cada sentido la ocupación de las soluciones propuestas anteriormente.

En el Plan Director de la Bicicleta de Zaragoza se indica que *"en las zonas con elevado tránsito peatonal es recomendable segregar los flujos circulatorios, lo cual se puede realizar mediante una acera bici sugerida o incluso mediante una vía ciclista".*

El ancho de la vía ciclista al ser unidireccional deberá presentar un ancho de 1,50 m.

PASEO CONSTITUCIÓN PK 3+515 (ALT 2) PK 3+770 (ALT 3)

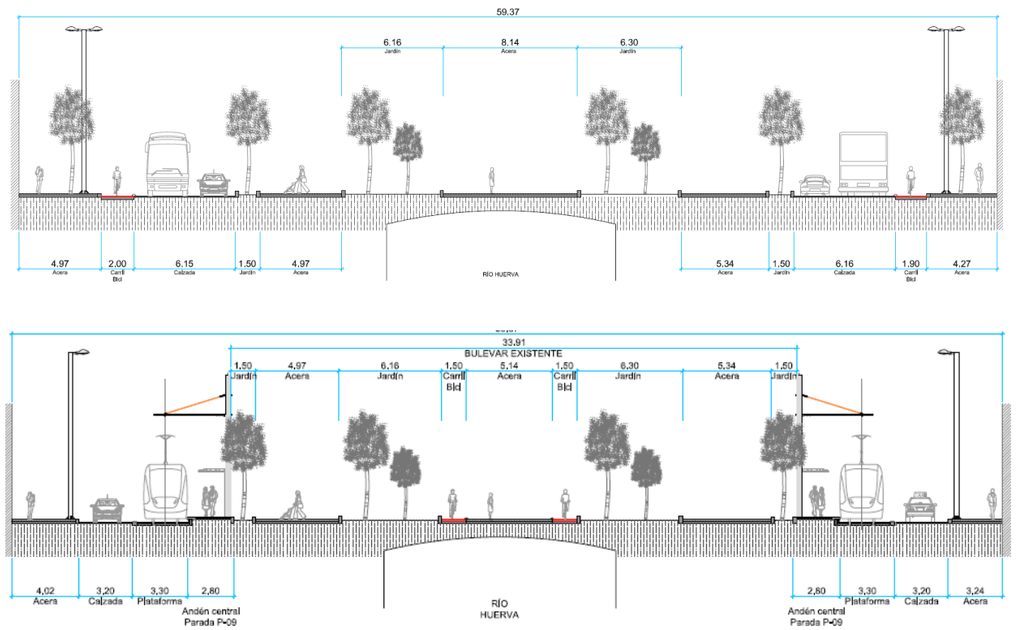


Ilustración 14. Sección del Paseo Constitución actual y propuesta para la línea 2 del tranvía entre las Calles Isaac Peral y Mariano Escar alternativas 2 y 3. Solución nº 5.

Debido a la disposición de las jardineras centrales el carril bici diseñado deberá ajustarse a éstas, por lo que presentará un trazado curvilíneo.

Teniendo en cuenta estas premisas, se plantea para el sentido de avance de los P.P.K.K.s, una sección tipo que de fachada al borde de la jardinera bulevar estuviera compuesta por: 3,24 m de acera + 3,20 m de carril para vehículo privado + 3,30 m de plataforma tranviaria y 2,80 m de andén central. Algo más holgada quedaría la acera en sentido opuesto a los P.K.s resultando: 2,72 m de acera, 1,50 m de carril bici unidireccional, 3,00 m de calzada, 3,30 m de plataforma y 2,80 m de andén central.

En total esta sección, acera, carril bici, plataforma del tranvía y calzada para los vehículos privados, en el sentido de avance de los P.P.K.K.s presenta un ancho de 12,54 m mientras que la solución nº 1 tiene un ancho de 19,17 m y en el sentido contrario tiene un ancho de 13,34 m mientras que la solución nº 1 presenta un acho de 19,59 m. Con esta reducción del ancho de ocupación de 6,33 m en el sentido de avance de los P.P.K.K.s y de 6,25 m en el sentido contrario se consigue no eliminar el arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar.

- Se salvarían los 33 árboles existentes en las jardineras situadas entre la calzada y el bulevar. De estos 7 son aliantos, 1 amelia, 9 plataneros, 5 álamos blancos, 2 chopos negros y 9 acacias. Entre estos ejemplares hay 1 que está catalogado como árbol singular (chopo negro).
- Se afectará todo el arbolado existente en las aceras laterales de la calzada.
- Se salvarán todos los magnolios emplazados en la mediana entre las Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio de Loyola a excepción del indicado en el párrafo anterior. De igual forma, se salvarán todos los ejemplares de esta especie localizados en el bulevar del Paseo Constitución.
- Se ha considerado una banda de afección al sistema radicular del arbolado de 4 m desde el límite de la plataforma del tranvía. Esta alternativa evitará la afección de 6 ejemplares: dos cipreses de pequeño tamaño, un magnolio de pequeño tamaño y dos chopos negros de tamaño grande.

4. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS A CONSIDERAR PARA EVITAR AFECCIÓN A ARBOLADO

Como medida correctora para salvar los magnolios de Paseo Constitución se plantea el trasplante de los ejemplares afectados. Esta medida supone una inversión elevada (entre 10.000 y 15.000 € por unidad) y no garantiza la supervivencia al 100 % de todos los ejemplares.

Otra medida que se plantea para precisar en qué ejemplares del arbolado de las jardineras perimetrales pueden ser afectado su sistema radicular es realizar un estudio de detalle de su sistema radicular al objeto de definirlo. De esta forma, se dispondrá de una información para poder decidir qué arboles deben eliminarse y cuales podrían mantenerse al no verse afectadas sus raíces principales.

Antes de iniciar cualquier tipo de actuación, en todos aquellos árboles que se quiera conservar se deberán realizar las siguientes medidas:

- Una poda del arbolado en la época adecuada para ello (otoño e invierno).
- Según la Sección II de Ordenanza municipal de protección del arbolado urbano de 2013, en la que se describen las normas de protección se tendrá en cuenta lo siguiente:

  a) ***Artículo 7. Protección del arbolado en las obras***. Cuando se realicen obras que no impliquen excavación. En aquellos casos en que la ejecución de la obra exija ocupar todo el espacio existente alrededor del árbol y no puedan llevarse a cabo las anteriores protecciones (vallar todo el terreno delimitado por la línea de goteo, de forma que no sea posible el acceso al interior excepto de aquellas personas que lleven a cabo el mantenimiento del árbol. Cuando no sea posible se procurará realizar el vallado a una distancia mínima de cuatro veces el diámetro normal del tronco), se colocarán tablones de madera a lo largo del tronco, en una altura no inferior a tres metros desde el suelo.

  b) ***Artículo 8. Protección específica de raíces y ramas***. Cuando al realizar una excavación resulten alcanzadas raíces de grueso superior a cinco centímetros, se realizará un corte limpio y liso, procediéndose al retapado en un plazo no superior a tres días y regando a continuación. Siempre que sea posible se procurará que la apertura de zanjas y hoyos próximos al arbolado se produzca en época de reposo vegetativo (diciembre, enero y febrero). Cuando se modifique el nivel del suelo en el entorno de un árbol, si se trata de un desmonte se practicará un corte previo de raíces a una distancia de treinta centímetros de la apertura de la zanja, y esa distancia se rellenará con medio de cultivo en el que puedan crecer nuevas raíces.

  c) ***Artículo 10. Obras en la vía pública***. Cuando se realicen obras que impliquen excavación. Para una adecuada conservación de los árboles que pudieran verse afectados por la realización de las obras, se procurará evitar la excavación de zanjas a una distancia menor de diez veces el diámetro del árbol medido a treinta centímetros del suelo; se promoverá el uso de técnicas que no produzcan el desgarro o rotura de las raíces y se restringirá el uso de grúas, excavadoras y otra maquinaria en el área de la copa del árbol para no afectar a la integridad de las ramas. En caso de ser necesaria la poda del árbol no deberá afectar a un volumen mayor del diez por ciento de la copa, con carácter general.

5. CONCLUSIONES

A continuación se realiza una valoración global de las soluciones expuestas.

Partiendo de la premisa que marca el informe de estructuras, adjunto en el anejo 1 del presente apéndice, en el que se indica que para la implantación de las alternativas 2 y 3 de la L2 del tranvía en el tramo comprendido entre la plaza Paraíso y la calle Don Hernando de Aragón (tramo 1) debe renovarse el cubrimiento. En este tramo se afectará a todo el arbolado, tanto el emplazado en las jardineras del centro del bulevar como el que se localiza entre el bulevar con la calzada.

En dicho informe adjunto en el anejo 1, se indica que en el tramo 2, comprendido entre la Calle Don Hernando de Aragón y Paseo la Mina (tramo 2), no puede incrementarse su peso.

La solución nº 2, si bien no tiene que eliminar la vegetación de las jardineras perimetrales del bulevar, presenta numerosos inconvenientes. El primero de ellos es la ubicación de las paradas del tranvía, puesto que a ambos lados de las aceras hay entradas a establecimientos y la elevación del pavimento en zona de parada supone un problema, ya que habría que pensar en "atrincherarlas" para garantizar los accesos de los vehículos privados a los garajes.

La solución nº 3 proyecta rellenar la plataforma hasta el nivel de la acera. En algunos puntos, como es el P.K. 3+515 no supone ningún problema para la estructura del cubrimiento del Huerva. Sin embargo, hay puntos del tramo 2 en los que la plataforma del tranvía se proyecta muy próxima (llegando a solaparse en dos puntos) al cubrimiento del Huerva. Es en esas zonas se tendría que hacer un estudio de cargas para conocer qué peso de más del que soporta actualmente es capaz de resistir la estructura del cubrimiento del Huerva. Como se indica en el informe de estructuras este cubrimiento no soportaría un incremento del peso.

La solución nº 4 plantea ajustar las dimensiones al mínimo. Con ella se evita eliminar el arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar, no obstante el límite de la obra se encuentra a menos de 5 m del arbolado emplazado en dichas jardineras, por lo que seguramente se verá afectado su sistema radicular.

Por último, la solución nº 5 proyecta dos carriles bici unidireccionales por el centro del bulevar. Con esta medida se evita la eliminación del arbolado emplazado en las jardineras perimetrales del bulevar, sin embargo, al igual que con la solución nº 4, el límite de las obras se localiza a menos 5 m de dicho arbolado. De ahí que se considere que el sistema radicular del arbolado de las jardineras perimetrales se verá afectado por las obras.

Por otro lado, cabe destacar, que en el caso que se tengan que renovar los servicios afectados, como son las tuberías de abastecimiento y saneamiento, las probabilidades de afectar en todas las soluciones a las raíces del arbolado de las jardineras perimetrales del bulevar son muy elevadas, ya que en este tramo se prevé que la profundidad a la que se encuentran estos servicios es de entre 6 y 7 metros. La elevada profundidad de dichos servicios implica que se realice una excavación con berma lo que da lugar a que el ancho de dicha excavación sea todavía mayor.

Por todo ello, en el tramo 2 del Paseo de la Constitución, antes de adoptar cualquier solución, se recomienda realizar un estudio del sistema radicular, fundamentalmente de los ejemplares emplazados en las jardineras centrales, al objeto de decidir si es necesario eliminar los árboles situados en el perímetro del Bulevar (junto a las calzadas de ambos sentidos), ya que a simple vista resulta muy difícil identificar qué arbolado no va a ver afectado sus sistema radicular.

Cabe destacar que los árboles en las ciudades, una vez han adquirido un tamaño pasan de ser un beneficio a un problema, ya que el tamaño de las raíces deterioran el asfalto (Ilustración 3), las baldosas (Ilustración 4), los servicios situados en el subsuelo y en este caso concreto, la estructura de cubrimiento del río Huerva. Asimismo, las grandes ramas y la fauna asociada a las mismas (aves, insectos, etc) en muchos casos también suponen un problema para los residentes, ya que balcones y ventanas resultan afectados. Es por esto que, es aconsejable urbanizar las zonas más afectas por el arbolado como son la jardinera y aceras entre el bulevar y la calzada.

Se entiende que en un plazo aproximado de diez años e incluso menos dependiendo la especie utilizada para la plantación, el nuevo arbolado tendrá un porte considerable y suficiente.

Por último, sin importar la solución que se adopte, parece bastante viable conservar las jardineras centrales entre la Calle Don Hernando de Aragón y el Paseo la Mina del tramo 2. En ellas se localizan los magnolios de mayor valor ornamental y apenas generan daños sobre el mobiliario urbano (baldosas).

ANEJO 1. INFORME DE ESTRUCTURAS.

1. INTRODUCCIÓN Y DATOS DE PARTIDA

Se redacta el presente informe de valoración de la reparación del cubrimiento del río Huerva dentro de los trabajos de "Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza", con el objetivo de aportar una visión general del estado de la estructura, sobre la base de la documentación previa que se relaciona a continuación y el acceso limitado realizado en la visita de fecha 4 de diciembre de 2015:

- "**Análisis, Informe y posterior proyecto para la estabilización y mejora de la estructura del río Huerva y su encauzamiento**", redactado por A.T.I.C.A., S.L. con fecha diciembre de 1997.
- **Presupuesto estimado de la sustitución del cubrimiento (2006)**

2. ANTECEDENTES

De forma breve, se resume a continuación la configuración y estado de conservación del cubrimiento, tal cual queda descrito en el documento antecedente de 1997.

De este modo, la longitud total del cubrimiento queda dividida en cuatro tramos:

- 1er tramo: Desde el comienzo aguas arriba hasta la primera bóveda en la Plaza de Paraíso.
- 2º tramo: El tramo de bóvedas de la plaza de Paraíso.
- 3er tramo: Desde la última bóveda de la plaza de Paraíso hasta la intersección con el Paseo de la Mina
- 4º tramo: Desde la intersección con el Paseo de la Mina hasta finalizado el giro de 90º que contornea el Colegio del Sagrado Corazón.
- 5º tramo: Comprende los últimos 18 m del recubrimiento

A efectos de tipología estructural, dicho informe refiere que los **tramos 1º y 3º** (que datan de los años 20 y 30, y con longitudes respectivas 400,759 m y 505,553 m) presentan una misma configuración de sección rectangular de 14 m de anchura y altura variable (máximo 11 m y mínimo 3,7 m), quedando la estructura superior conformada por una losa "nervada" de hormigón armado "in situ", con vigas de sección rectangular situadas a una distancia libre de 2,4 m en zona de Paseos y 1.0 m en viales. La losa tiene espesor 10 cm de espesor en zona de Paseos y de 18 cm en zona de viales.

Dicha superestructura descansa sobre sendos muros de hormigón en masa, de trasdós escalonado, y cimentados en mallacan.

Por su parte, el **tramo segundo** engloba, en una longitud de 87 metros y de acuerdo con dicho informe, tres bóvedas; dos de las cuales (1ª y 3ª) están formadas por muros de mampostería y bóveda en cañón de ladrillos macizos a soga, mientras que la 2ª quedaría integrada por muros de sillería y bóveda carpanel de ladrillos macizos.

Ha de decirse que, desde el punto de vista patológico, a la vista del informe de inspección, no revestirían interés significativo, puesto que [textualmente] "*las bóvedas no presentan fisura o grieta que haga pensar en un comportamiento defectuoso. Los ladrillos están en buenas condiciones, así como su mortero de unión. No obstante, se presentan las típicas eflorescencias de color blanco que pueden provenir del terreno circundante o de los propios ladrillos"*.

De otro lado, el **tramo cuarto** [de finales de los años 60], que correspondería al recorrido entre el Paseo de la Mina y el Colegio Sagrado Corazón (186 metros de longitud), presenta una tipología de muros en L de hormigón en masa, cimentados sobre las gravas aluviales (más superficialmente que los tramos anteriores), y sobre los que apoyan unas vigas nervadas de hormigón armado in situ, con unas dimensiones individuales de 0.35x1.20 m. y una separación libre entre vigas de 1.15. Se completa la estructura del tablero con una losa de espesor 0.20 m.

Finalmente, el definido como **tramo quinto** del cubrimiento corresponde con los últimos 18 metros [principios de los años 90], y la tipología del cubrimiento responde a unos muros de hormigón armado de canto 1.5 m. cimentados igualmente en las gravas aluviales y sobre los que se apoya un tablero de vigas prefabricadas pretensadas con intereje 2.75 y losa superior de 0.20 m. En lo referente al estado de conservación de este tramo del cubrimiento, el informe de 1997 señala que [textualmente] "*en el quinto tramo, no se observan defectos estructurales de importancia que reseñar*".

De este modo, a efectos de existencia de patologías desde el punto de vista estructural, el informe elaborado por A.T.I.C.A., S.L. se centra en los tramos 1º y 3º, y el 4º.

Así, expone que "*en los tramos nos 1 y 3, que son los más antiguos, a nivel general puede decirse que las vigas presentan un estado de conservación aceptable aunque algunas de ellas han perdido el recubrimiento inferior y los redondos de la fila inferior están al aire. Sin embargo, la losa propiamente dicha presenta un número muy grande de vanos en los que se puede ver todo el mallazo o una parte importante de él, con diferentes grados de oxidación. En otros vanos, aunque no aparece el mallazo, se observan zonas con fuertes humedades que han deteriorado el hormigón y seguramente afectado a la armadura*"

En lo que atañe al tramo cuarto, el mismo informe de 1997 señala que [textualmente] "*tanto las vigas como la losa presentan a nivel general un estado de conservación aceptable, aunque existen algunas vigas que han sufrido reparaciones y otras en las que se ven redondos (a pesar de haber sido reparados), al igual que en algún vano se puede ver el mallazo*".

Añade finalmente dicho informe que "*estos defectos son muy pocos, sobretodo en comparación con los tramos anteriores*"

Más allá del propio estado de conservación de la estructura, el documento de 2006 refiere una limitación funcional en cuanto al paso del tranvía y posibilidad de nuevos usos; y es que el mismo informe de 1997 ya establece un déficit resistente frente a las solicitaciones requeridas por la normativa vigente (concretamente en las zonas de viales de los tramos 1º y 3º, y en el tramo 4)

Textualmente, el documento de A.T.I.C.A., S.L. establece que: "*En la zona de Paseos y con separación entre ejes de vigas de 2.8 m, no debe permitirse el paso de vehículos, especialmente de vehículos pesados y que, como se vio en los resultados de los cálculos estructurales, la losa tiene un coeficiente de seguridad muy pequeño (1.13) y las vigas muy estricto (1.61), por lo que las sobrecargas adicionales podrían rebajar todavía más dichos coeficientes.*

En la zona de viales hay un problema añadido y es que, como se ha visto en los cálculos estructurales, la losa no tiene suficiente armadura para las cargas especificadas en la Instrucción de Puentes, tanto en la de los tramos nºs 1 y 3 como en la del tramo nº 4."

A estas consideraciones deben añadirse o incorporarse nuevos matices a efectos de consideración de cargas (por ejemplo, normativa vigente [IAP-11], o consideraciones de paquete de cargas muertas, etc.) que pueden aportar un carácter adicionalmente desfavorable a lo estudiado hasta la fecha.

Con todos los datos de dicho informe en la mano, se confirmaría que los tramos 1º y 3º presentan un peor estado de conservación, y en segunda instancia, el tramo 4º; más allá de las limitaciones funcionales que ofrecen en su conjunto todos ellos.

Particularizando, existe en dicho informe una relación tabulada por tramos entre perfiles de inspección, a partir de la cual, mediante el examen del grado de reparación asignado (de 1 a 4, siendo el valor 4 asignado a la reparación de mayor grado), puede decirse que la zonas con patologías más severas (gran densidad de tratamiento de reparación 4) quedan acotadas desde la marca (0-1) a la marca (70-71) [aproximadamente entre las Calles Don Hernando de Aragón y San Ignacio de Loyola].

A partir de ese perfil, y hasta la marca (97-99), que corresponde con el inicio del Paseo de la Mina y, por tanto, del tramo 4º, existe un predominio de tratamiento tipo 3 o inferior.

Finalmente, y si se confirman estos datos de la inspección, el tramo 4º (es decir, a partir de la marca 98-99) presente un grado de patología menor a los anteriores (como ya se ha dicho), puesto que no existen reparaciones de grados 3 & 4.

En la visita de 4 de diciembre de 2015 se observan parcialmente los aspectos de la inspección de 1997, pero no con suficiente alcance como para confirmarlos.

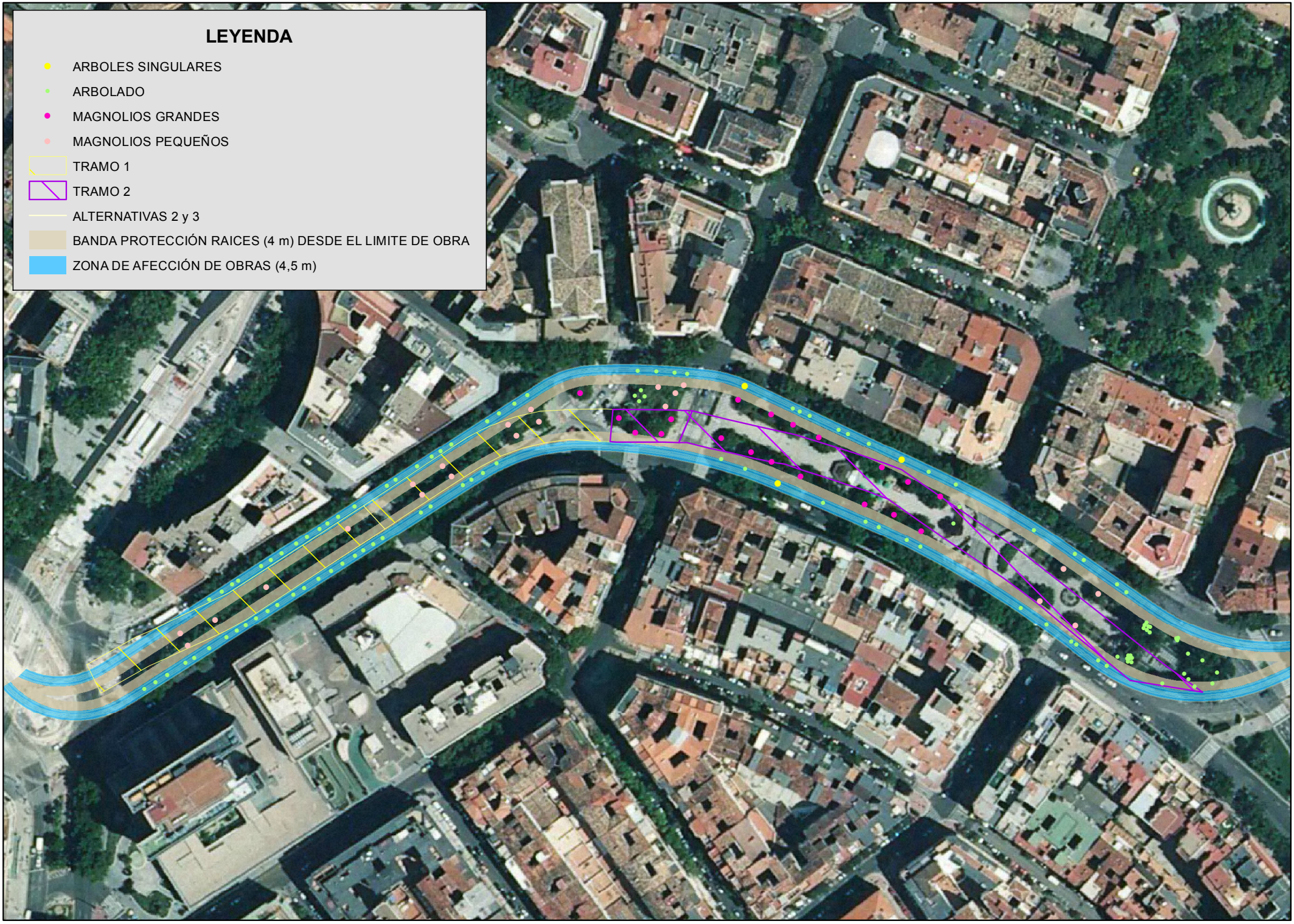
Ilustración 15. Detalle de las estructuras del cubrimiento del Huerva

3. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

Dicho lo anterior, y si se confirma el contenido del informe de inspección vigente, el planteamiento estructural puede pasar por remplazar la superestructura (tablero) de los tramos 1º y 3º hasta la marca 70-71 (entre perfiles 22 y 23) y extender la reparación estructural desde ese punto hasta el inicio del Paseo de la Mina.

A efectos de valoración económica, los ratios derivados del presupuesto estimado del año 2006 aportan unos valores razonables de ejecución material para ambos casos: así, de una parte, la reparación se cifra en unos 270 €/m² de superficie en planta del tablero (corrección a ±280); mientras que, por otro lado, la sustitución del tablero se elevaría a los 430 €/m² de superficie en planta del tablero (corregido a 450 €/m² e incluyendo la impermeabilización superior del mismo).

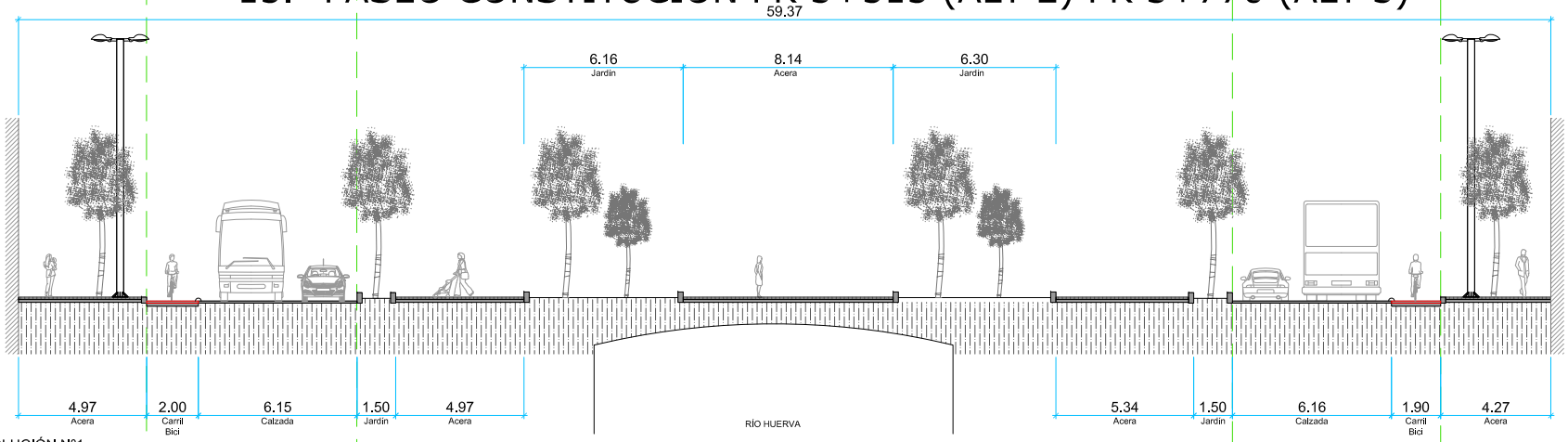
ANEJO 2. PLANO SOLUCIÓN Nº 1 AFECCIÓN AL ARBOLADO DEL PASEO DE LA CONSTITUCIÓN


LEYENDA
ARBOLES SINGULARES
ARBOLADO
MAGNOLIOS GRANDES
MAGNOLIOS PEQUEÑOS
TRAMO 1
TRAMO 2
ALTERNATIVAS 2 y 3
BANDA PROTECCIÓN RAICES (4 m) DESDE EL LIMITE DE OBRA
ZONA DE AFECCIÓN DE OBRAS (4,5 m)

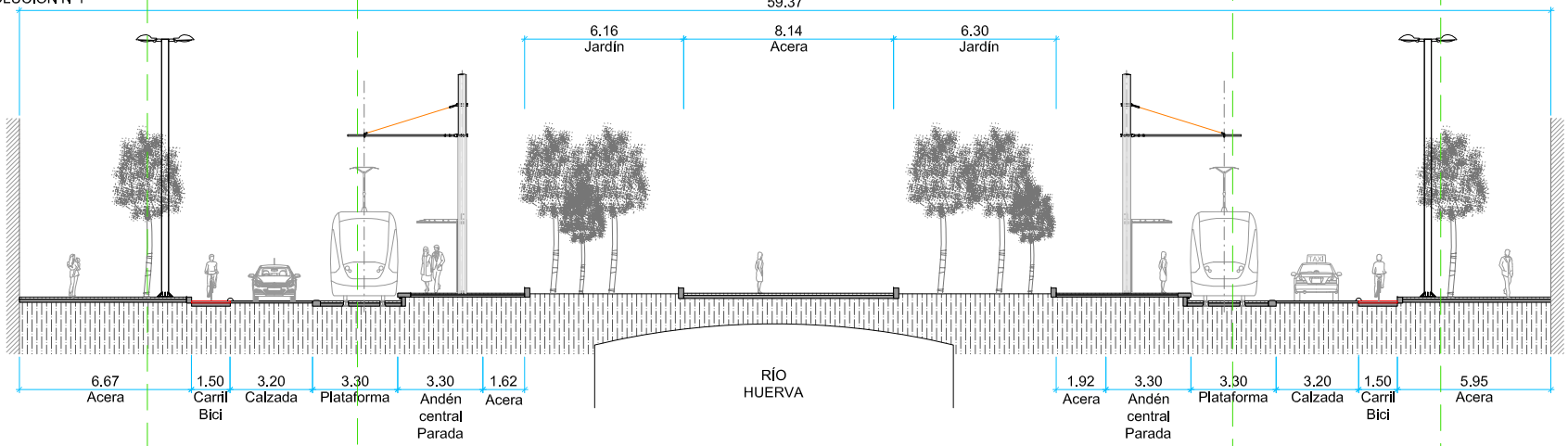
ANEJO 3. SECCIONES COMPARATIVAS DE LAS SOLUCIONES RESPECTO A LA SITUACIÓN ACTUAL

15.- PASEO CONSTITUCIÓN PK 3+515 (ALT 2) PK 3+770 (ALT 3)

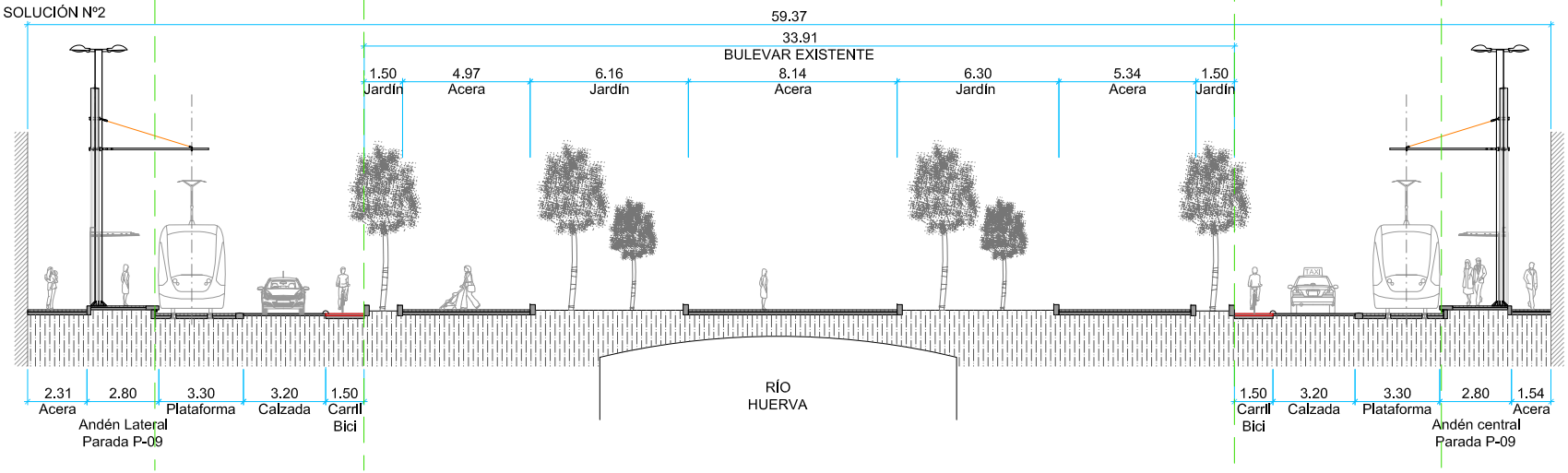
ESTADO ACTUAL



SOLUCIÓN Nº1

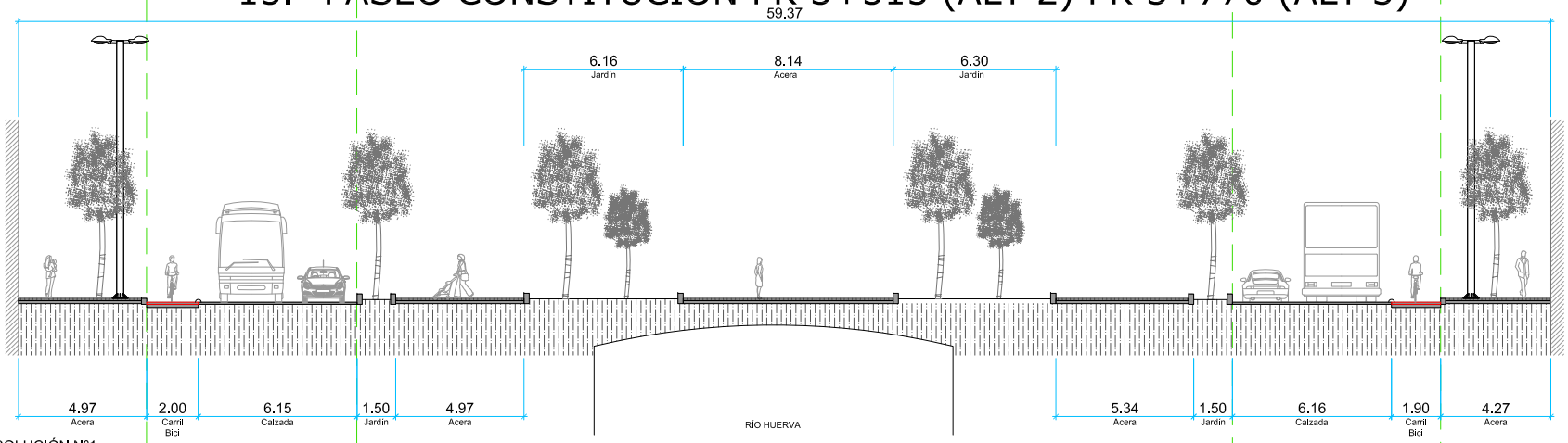


SOLUCIÓN Nº2

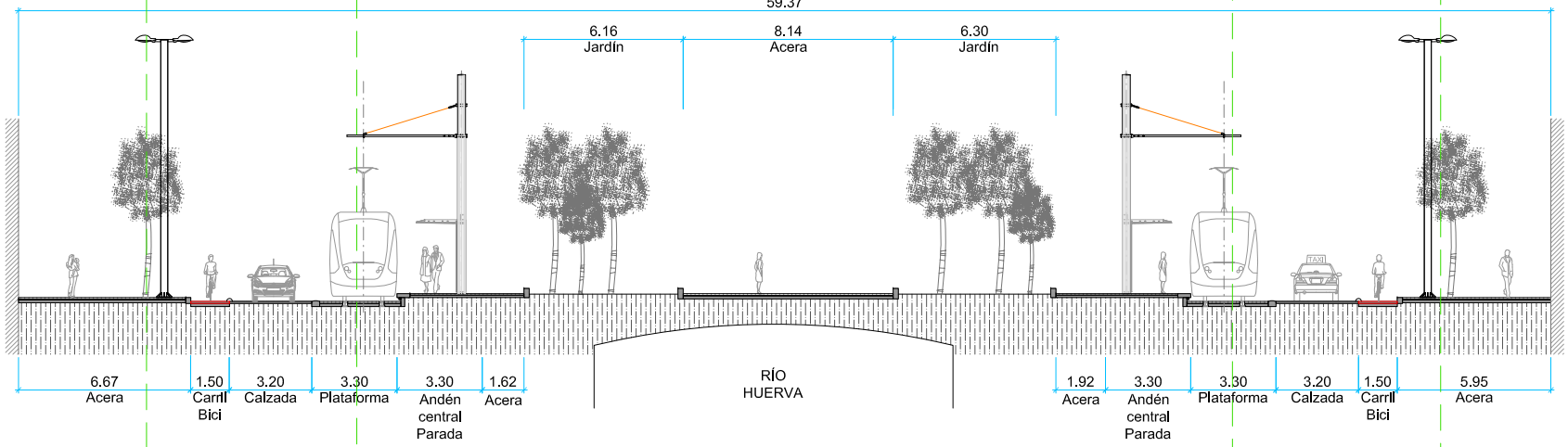


15.- PASEO CONSTITUCIÓN PK 3+515 (ALT 2) PK 3+770 (ALT 3)

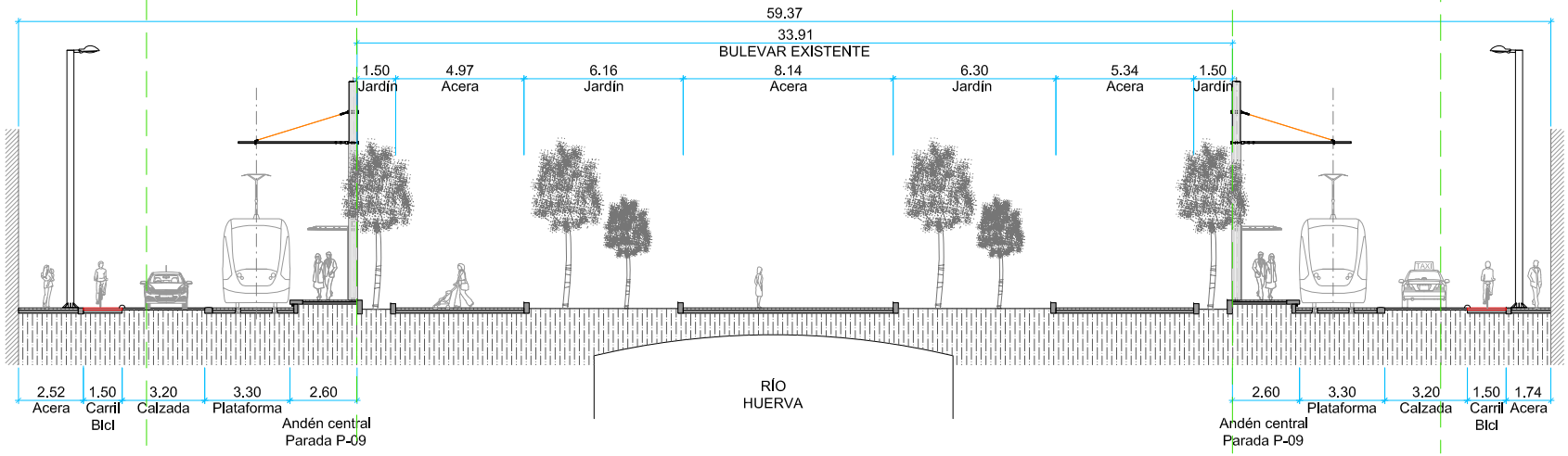
ESTADO ACTUAL



SOLUCIÓN Nº1

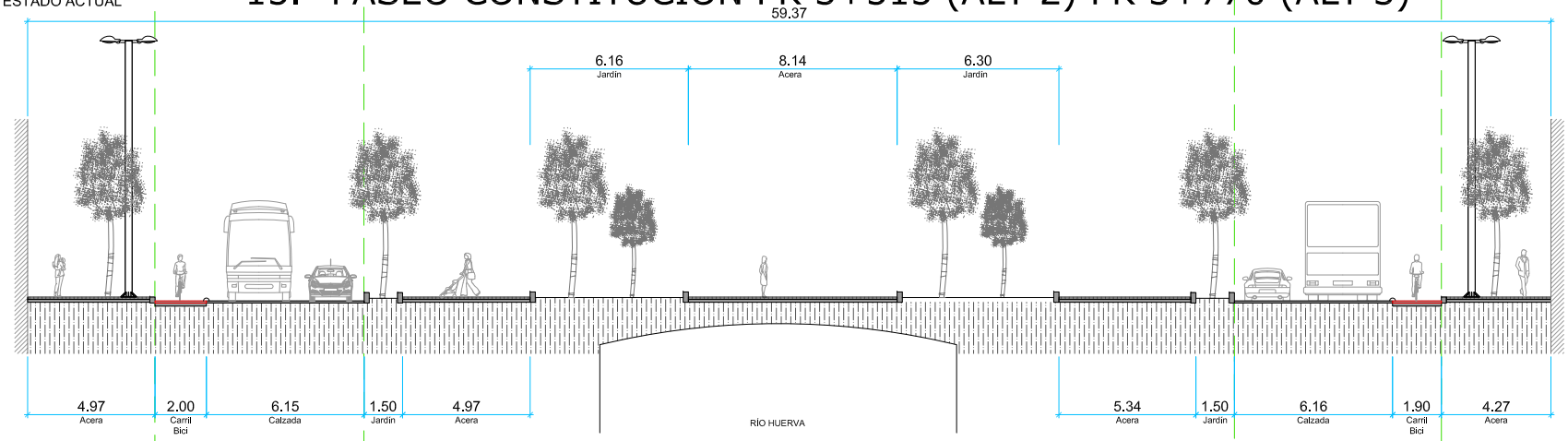


SOLUCIÓN Nº3

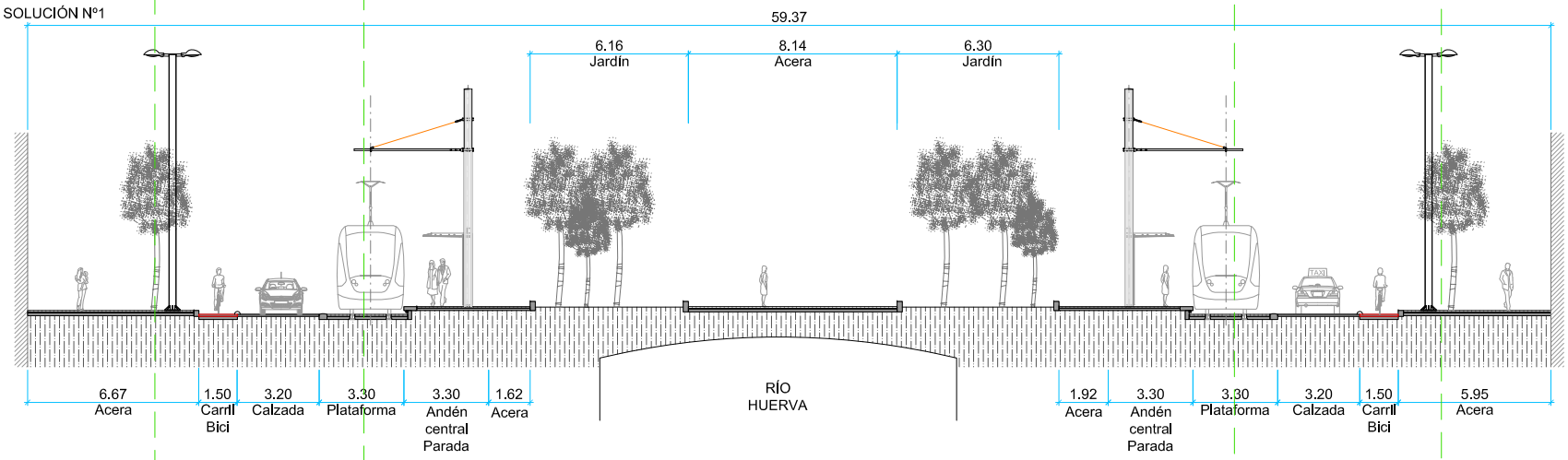


15.- PASEO CONSTITUCIÓN PK 3+515 (ALT 2) PK 3+770 (ALT 3)

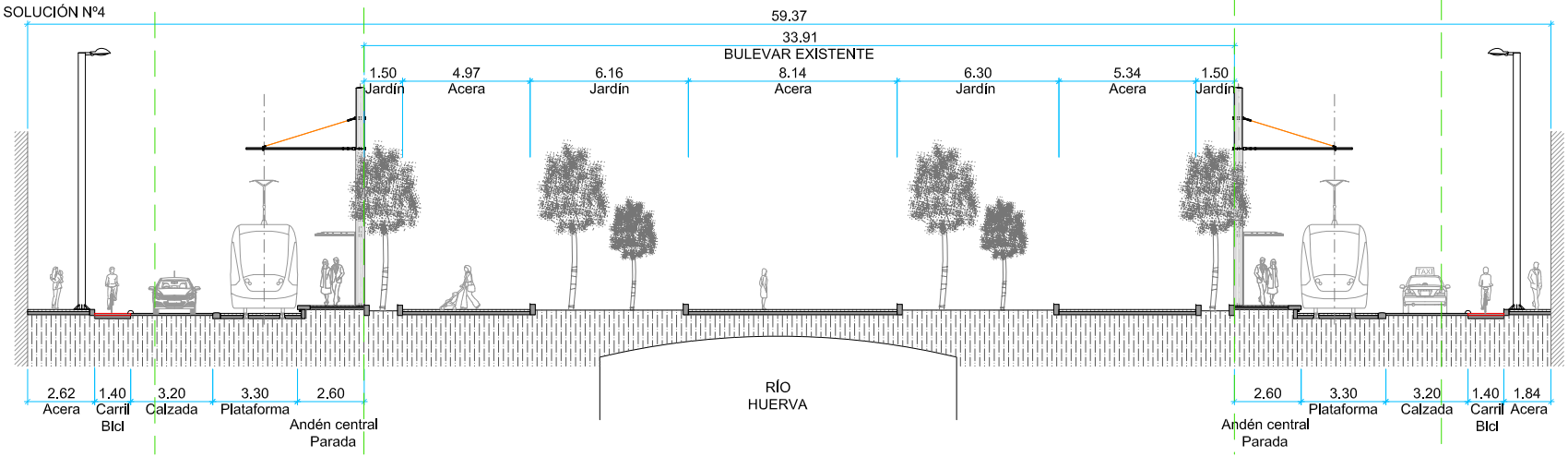
ESTADO ACTUAL



SOLUCIÓN Nº1

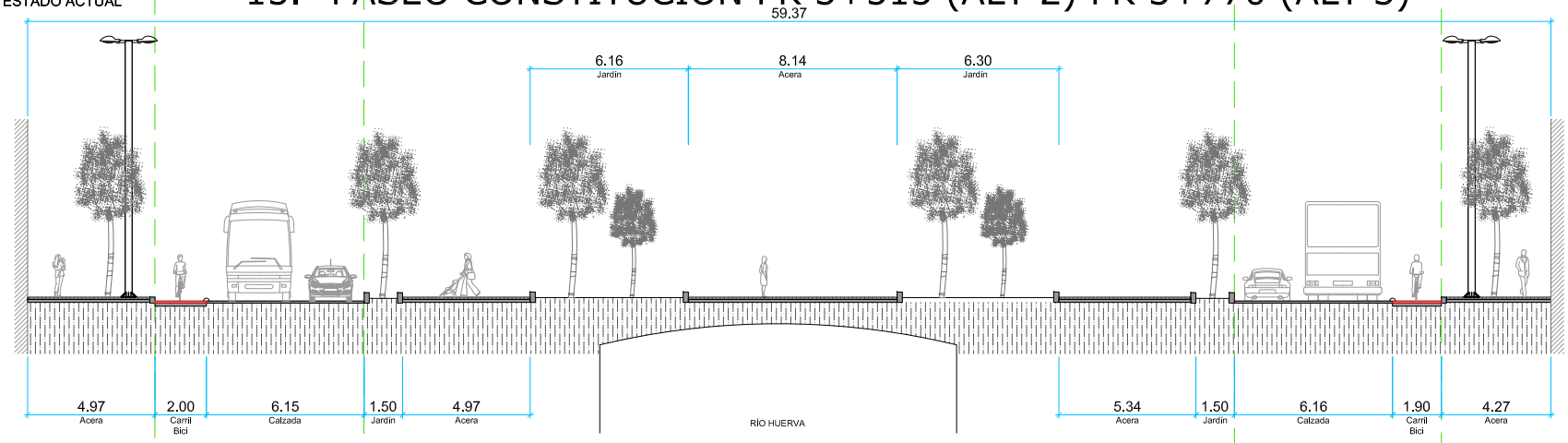


SOLUCIÓN Nº4

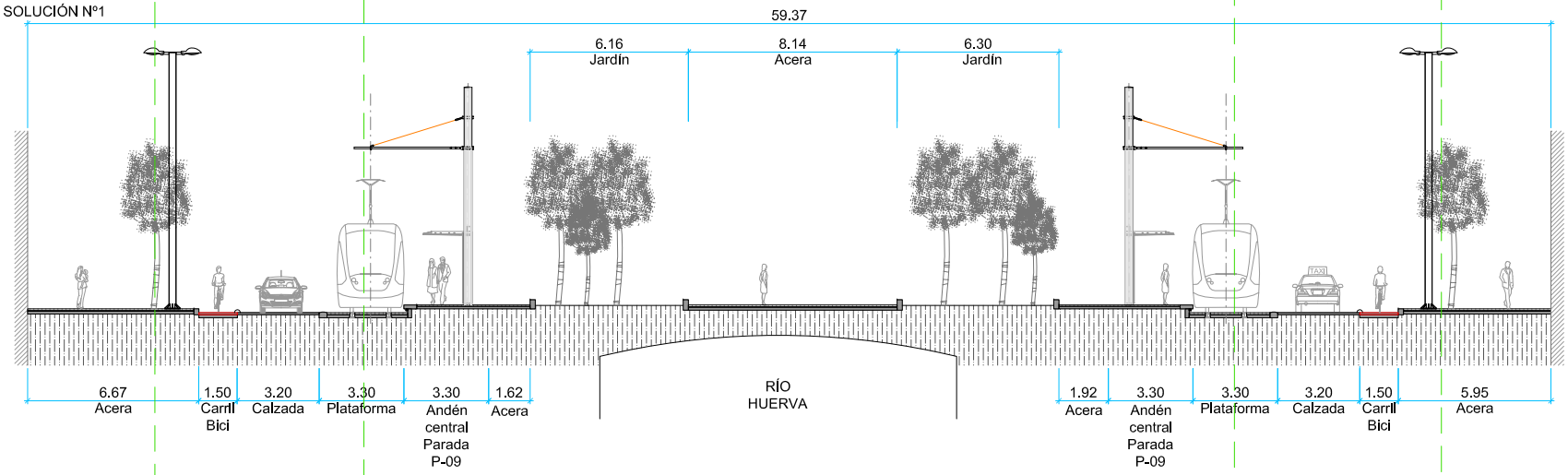


15.- PASEO CONSTITUCIÓN PK 3+515 (ALT 2) PK 3+770 (ALT 3)

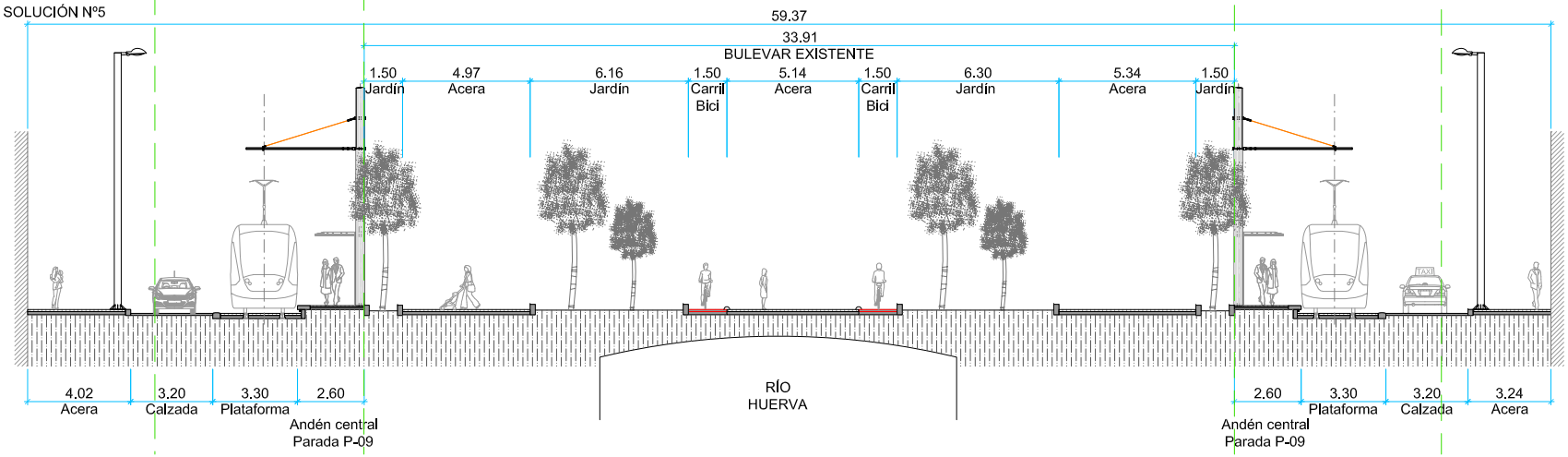
ESTADO ACTUAL



SOLUCIÓN Nº1



SOLUCIÓN Nº5



ANEJO 4. PRESUPUESTO

Se ha desglosado el presupuesto para cada uno de los 2 tramos de las siguientes partidas:

1. Reposición de servicios.
    a. Cubrimiento de la estructura del Huerva. (Incluye la demolición del mismo)
    b. Pavimentación (Incluye el drenaje, la reposición de aceras, viales, jardinería y alumbrado)
    c. Otras reposiciones (Saneamiento, Teléfono, Gas, Abastecimiento, movimientos de tierras y Endesa)
2. Plataforma calzada.
3. Paradas. En el tramo de constitución se han proyectado 4 paradas, dos en el tramo 1 y dos más en el tramo 2.
4. Trasplante del arbolado.

    Se han considerado aquellos ejemplares de magnolio afectados por la reposición del cubrimiento del Huerva. Estos ejemplares serán trasplantados donde sea oportuno y no volverán a trasplantarse en Paseo de la Constitución una vez finalizadas las obras de la línea 2 del tranvía.

5. Plantaciones.

    Se ha considerado en esta partida la reposición de todos los ejemplares afectados, tanto los de las jardineras perimetrales como los de las jardineras centrales.

PRESUPUESTO PASEO CONSTITUCION			
1.a Estructura	m2	Pvp	Total
Tramo 1	4,038.3	315	1,272,064.5
Tramo 2	4,935.7	315	1,554,745.5
Total	8,974.00		**2,826,810.0**
1.b Reposición Aceras	m2	Pvp	Total
Tramo 1	665.8	40.5	26,964.6
Tramo 2	813.7	40.5	32,956.8
Total	1,479.54		**59,921.4**
1.b Reposición Viales	m2	Pvp	Total
Tramo 1	1,847.2	31.5	58,187.8
Tramo 2	2,257.7	31.5	71,118.4
Total	4,104.96		**129,306.2**
1.b Jardinería	m2	Pvp	Total
Tramo 1	2,459.8	90	221,381.5
Tramo 2	3,006.4	90	270,577.4
Total	5,466.21		**491,958.9**
1.b Alumbrado	m	Pvp	Total
Tramo 1	288.6	342	98,711.5
Tramo 2	352.8	342	120,647.3
Total	641.40		**219,358.8**
1.c Otras reposiciones (Saneamiento, Teléfono, Gas, Abastecimiento, Mov. Tierras	m		Total
Tramo 1	288.6		1,647,988.6
Tramo 2	352.8		2,014,208.3
Total	641.40		**3,662,196.9**
2. Plataforma tranvía	m	Pvp	Total
Tramo 1	288.6	1,980	571,487.4
Tramo 2	352.8	1,980	698,484.6
Total	641.40		**1,269,972.0**
3 Paradas	Ud	Pvp	Total
Tramo 1	2.0	216,000	432,000.0
Tramo 2	2.0	216,000	432,000.0
Total	4.00		**864,000.0**
4. Transplante arbolado	Ud	Pvp	Total
Tramo 1	14	15,000	210,000.0
Tramo 2	16	15,000	240,000.0
Total			**450,000.0**
5. Plantaciones	Ud	Pvp	Total
Tramo 1	63	300	18,900.0
Tramo 2	86	300	25,800.0
Total			**44,700.0**

Presupuesto Tramo 1	4,557,685.9
Presupuesto Tramo 2	5,460,538.3
Total	10,018,224.2

APENDICE 2 – VIABILIDAD DE ALTERNATIVAS DE LA LINEA 2 DEL TRANVIA. ARQUEOLOGIA Y PATRIMONIO CULTURAL

ÍNDICE

APÉNDICE 2 – VIABILIDAD DE ALTERNATIVAS DE LA LÍNEA 2 DEL TRANVIA. ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO CULTURAL 1

1. ANTECEDENTES 3

2. EL PLANTEAMIENTO DE LAS CUATRO ALTERNATIVAS 3

3. ALTERNATIVAS 1 Y 4 4

3.1. EL TRAMO ENTRE LA PLAZA DE SAN MIGUEL Y LA PLAZA DE ESPAÑA. 4

3.2. EL TRAMO ENTRE CESAR AUGUSTO Y EL PORTILLO. 6

3.3. ALTERNATIVAS 2 Y 3 7

4. CONCLUSIONES 7

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Trazado urbano a mitad del siglo XIX (Coello 1853) del área de San Miguel. El puente sobre el Huerva, del que se conserva un estribo y la Puerta Quemada, en la muralla quedan a la derecha del viario actual, sin embargo la configuración urbana, heredera del trazado medieval, fue modificada con posterioridad, por lo que subyace un trazado urbanístico diferente. 4

Ilustración 2. Puerta del Duque y nueva configuración del área de la Plaza de San Miguel. La verja sustituye a la antigua muralla, manteniendo un carácter delimitador. 4

Ilustración 3. Hipótesis del trazado urbano general de época romana, las flechas rojas indican la presencia de cloacas romanas, definitorias del trazado urbano. A partir de ESCUDERO, F.de A., GALVE, M.P., 2013, Las Clocacas de Caesaraugusta y elementos de urbanismo y topografía de la ciudad antigua. Zaragoza, IFC, página 331. 5

Ilustración 4. Restos de la muralla romana en Coso 101, sólo aparece la muralla de sillería, no encontrándose los restos de la de argamasa, que pudo tener otro trazado, quizá atravesando el Coso. 5

Ilustración 5. Detalle del parcelario entre las actuales C/ Cesar Augusto y Plaza del Portillo según Coello 1853. La calle Conde Arando no existe y se prolonga el trazado del Burgo del Rey (siglo XIII). 6

Ilustración 6. C/ Agustina de Aragón, angular con plaza del Portillo, zona más extrema documentada en dirección a La Alfajería del poblamiento islámico. Estructuras-tipo. 6

Ilustración 7. Plano de las defensas de los Sitios en el área del Portillo y el desaparecido convento de Agustinos Descalzos, desaparecido, tomado de las memorias de General Lejeune. 6

Ilustración 8. Plano de las defensas de los Sitios en el área del la Puerta del Carmen, tomado de las memorias de General Lejeune. Se incluye la muralla realizada por los franceses tras la conquista de la ciudad. 7

1. ANTECEDENTES

El presente anejo realizado por **Contrafuerte Técnicos en Patrimonio S.L** tiene por objeto evaluar de manera preliminar la afección sobre el Patrimonio Cultural de las cuatro alternativas propuestas para la denominada segunda línea del tranvía de la ciudad de Zaragoza.

La información existente para esta primera aproximación es de carácter variado, existiendo dos bloques principales:

- La documentación de carácter normativo general y particular, referida a Declaraciones de carácter patrimonial (Conjunto Histórico de Zaragoza, Bienes Culturales específicos).
- La información disponible sobre resultados de intervenciones arqueológicas y la potencialidad de zonas no sondeadas, pero que se encuentran sometidas a la obligatoriedad de seguimiento o excavación arqueológica.

Sobre el primer grupo de información de cara a determinar las afecciones, se incorpora una representación cartográfica sobre la localización de los elementos patrimoniales destacados, entendiendo como tales tanto el propio Conjunto Histórico de Zaragoza1, como aquellos monumentos (BIC) que cuentan con una declaración específica y su propio entorno de protección.

Estos monumentos cuentan con la máxima protección que otorga la legislación vigente2.

Las afecciones sobre este patrimonio y las medidas correctoras quedarán determinadas por la Comisión Provincial de Patrimonio Cultural.

A continuación nos centraremos en las posibles afecciones en materia de patrimonio arqueológico, que en ocasiones está íntimamente relacionado con los entornos de estos Bienes de Interés Cultural, como es el caso de las áreas cementeriales de los templos.

1 El "Centro Histórico" de Zaragoza, fue declarado BIC mediante el Decreto del Gobierno de Aragón 11/2003 de 14 de enero. En su anexo I se describe el Conjunto y su entorno. Hay que señalar la amplitud del segundo, de cara a la competencia que la Comisión Provincial de Patrimonio Cultural pueda tener.

2 Ley 3/1999 de 10 de marzo del Patrimonio Cultural Aragonés.

2. EL PLANTEAMIENTO DE LAS CUATRO ALTERNATIVAS

Las cuatro alternativas planteadas, a efectos de impacto sobre el patrimonio cultural, desde una aproximación generalista, podemos agruparlas en dos fundamentalmente, dado que la 1 y 2 y la 3 y 4 difieren exclusivamente en el tramo correspondiente a la zona de Avenida Madrid/Avenida de Navarra, donde la presencia de elementos patrimoniales es mínima y tampoco existen referencias a hallazgos o intervenciones arqueológicas, que en principio y con carácter general tampoco son prescritas en las obras que habitualmente se realizan.

La diferencia fundamental entre los dos planteamientos es que mientras las alternativas 1 y 4 se proyectan por el interior del área declarada B.I.C. del Casco Histórico de Zaragoza, zona que además coincide con el área de restos arqueológicos, mientras que la 2 y 3 bordea el perímetro de la delimitación, si bien también se sitúa en el entorno de la misma.

En el primer caso son dos las zonas de posibles afecciones arqueológicas, previsiblemente importantes:

- **El tramo entre la Plaza San Miguel la Plaza de España.**
- **El tramo entre Cesar Augusto y El Portillo.**

Hay que señalar que en este caso el espacio entre Plaza España y Cesar Augusto ya han sido intervenidas.

En el segundo, las afecciones se centran en el área de la Puerta del Carmen y la posible presencia de restos poco definidos en relación con los arrabales musulmanes y estructuras de la muralla de los Sitios.

Es necesario recordar que al tratarse de viales, objeto de intervenciones habituales para los servicios urbanos (vertido, agua corriente, gas, electricidad), en la mayoría de los caso las obras coincidirán con espacios sin restos conservados.

Dentro de los espacios poco definidos, objeto de atención, al igual que hemos señalado las posibles prolongaciones de los arrabales islámicos y restos de los Sitios, común a todas las alternativas están las posibles afecciones de elementos extensos, en el área de Las Fuentes/ Miguel Servet, como es el caso de la necrópolis romana de la C/ Nuestra Señora del Pueyo, que al ser de carácter extensivo pudiera prolongarse hacia Miguel Servet, en cualquier caso sería una afección puntual.

Del mismo modo, en el área de Torrero, se afecta el entorno del B.I.C. del Canal Imperial, a efectos arqueológicos faltan referencias sobre esta zona, que tuvo una gran importancia durante los Sitios de Zaragoza.

3. ALTERNATIVAS 1 Y 4

3.1. EL TRAMO ENTRE LA PLAZA DE SAN MIGUEL Y LA PLAZA DE ESPAÑA.

En este espacio se concentran un amplio conjunto de posibles afecciones, comenzando desde los elementos más recientes, hemos de situar la presencia de la muralla medieval de Zaragoza, que en ese punto, englobando en su interior a la iglesia de San Miguel bordeaba el río Huerva.

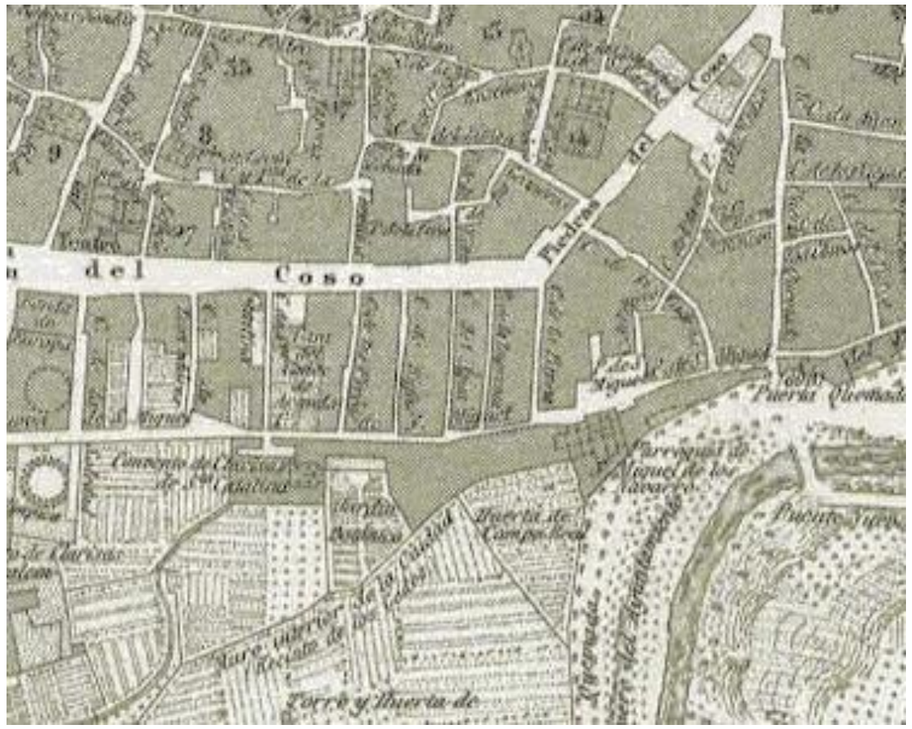


Ilustración 1. Trazado urbano a mitad del siglo XIX (Coello 1853) del área de San Miguel. El puente sobre el Huerva, del que se conserva un estribo y la Puerta Quemada, en la muralla quedan a la derecha del viario actual, sin embargo la configuración urbana, heredera del trazado medieval, fue modificada con posterioridad, por lo que subyace un trazado urbanístico diferente.

La muralla, que continuaría la línea marcada por la Calle Asalto, tras los Sitios se convirtió en esta zona, más en un elemento delimitador y conmemorativo que defensivo, ante el crecimiento urbano, generando una nueva arquitectura conmemorativa, como es la Puerta del Duque (en honor al general Espartero).

Ilustración 2. Puerta del Duque y nueva configuración del área de la Plaza de San Miguel. La verja sustituye a la antigua muralla, manteniendo un carácter delimitador.

Sin entrar en el carácter de la iglesia de San Miguel de los Navarros, su entorno inmediato sería utilizado como fosal o cementerio, hasta el siglo XIX, desde la Edad Media, por lo que tampoco son de extrañar la presencia de restos de enterramientos.

Bajo la plaza y hasta el Coso subyace no sólo el trazado medieval (donde se ubicó la Judería abierta), sino también la ciudad romana que se extendía hasta el río Huerva. Las hipótesis de trazado urbano romano (vid. más arriba), se confirman con restos en la propia plaza como pudimos ver en la excavación del Callejón del Perro o las estratigrafías de la calle Heroísmo,

68. Se trata de niveles de escombro de cronología romana, utilizados para elevar el nivel del terreno, en relación con el río Huerva, en el pasado mucho más caudaloso e impredecible[3].

Una vez dentro del Coso, se repite la misma problemática, ante la existencia de una continuidad de la ciudad romana (y su desarrollo posterior), que incluso implica la existencia de cloacas romanas que lo atravesarían, tal y como hemos visto. Está también aún por definir con precisión el trazado de la muralla romana que rodea el Coso y que en este punto pudo tener un trazado distinto, en alguna de sus fases, ante la reducción del perímetro que sufrieron la mayoría de las ciudades romanas en el siglo III d. C.4

Ilustración 3. Hipótesis del trazado urbano general de época romana, las flechas rojas indican la presencia de cloacas romanas, definitorias del trazado urbano. A partir de ESCUDERO, F.de A., GALVE, M.P., 2013, Las Clocacas de Caesaraugusta y elementos de urbanismo y topografía de la ciudad antigua. Zaragoza, IFC, página 331.

Ilustración 4. Restos de la muralla romana en Coso 101, sólo aparece la muralla de sillería, no encontrándose los restos de la de argamasa, que pudo tener otro trazado, quizá atravesando el Coso.

Hasta la Plaza de España, esta podría ser la problemática general, a nivel arqueológico, si bien la intensidad de las obras sufridas por el Coso, como zona de paso de servicios, reduce la posibilidad de la aparición de restos, la intensidad de la ocupación a través de la historia y la existencia en sus inmediaciones de edificios tan singulares como el propio Teatro Romano y la muralla y los elementos del urbanismo (cloacas) romano señalado, lleva a llamar la atención sobre este espacio (al igual que en el señalado anteriormente) en función de las profundidades que se alcancen y la extensión del área a intervenir.

[3] Según las fuentes medievales, en el siglo XIV el río Huerva, fue capaz de derribar la muralla medieval a la que nos hemos referido.

[4] No procede entrar en este informe a la problemática cronológica actualmente planteada sobre la muralla, que intenta llevarla a una cronología islámica.

3.2. EL TRAMO ENTRE CESAR AUGUSTO Y EL PORTILLO.

Al igual que ocurría en el tramo de la Plaza de San Miguel, la actual calle de Conde Aranda es de nueva apertura, aunque coincide con el antiguos viales más estrechos en parte de su trazado, es por ello que subyace también un trazado de cronología cristiana medieval, sobre otro de cronología islámica, documentado en diversos puntos (uno de los más extremos en la calle Agustina de Aragón).

Ilustración 5. Detalle del parcelario entre las actuales C/ Cesar Augusto y Plaza del Portillo según Coello 1853. La calle Conde Arando no existe y se prolonga el trazado del Burgo del Rey (siglo XIII).

Es necesario también señalar la existencia de importantes fortificaciones y restos de los Sitios (y convento de Agustinos Descalzos) en esta área, que además puede presentar resto de enterramientos conventuales y parroquiales.

Ilustración 6. C/ Agustina de Aragón, angular con plaza del Portillo, zona más extrema documentada en dirección a La Alfajería del poblamiento islámico. Estructuras-tipo.

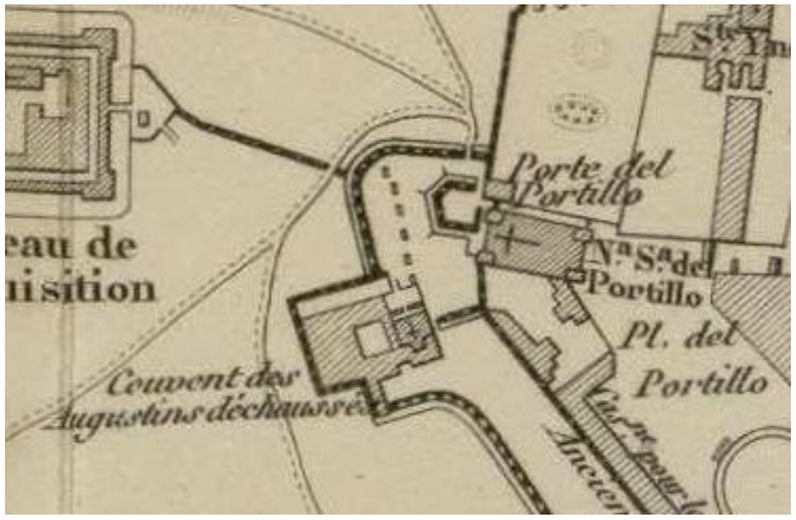


Ilustración 7. Plano de las defensas de los Sitios en el área del Portillo y el desaparecido convento de Agustinos Descalzos, desaparecido, tomado de las memorias de General Lejeune.

3.3. ALTERNATIVAS 2 Y 3

Para esta variante sirven las consideraciones generales que hemos expuesto inicialmente.

En esta propuesta la zona que parece presentar mayores riesgos a nivel arqueológico es la correspondiente al tramo entre la Plaza Aragón/Paraíso y la Puerta del Carmen.

Por una parte podrían quedar restos del llamado arrabal islámico, pero lo cierto es que la intensidad de las obras ya realizadas, por el propio tranvía y todas las anteriores, hace difícil la conservación de cualquier resto.

Más complejo resulta el entorno de la Puerta del Carmen, donde además de la presencia del propio monumento y los posibles restos de las diversas murallas, también existió el fosal conventual y el cementerio de los moriscos zaragozanos.

En el tramo del Portillo, nos remitimos al apartado anterior, si bien con un evidente menor nivel de afección.

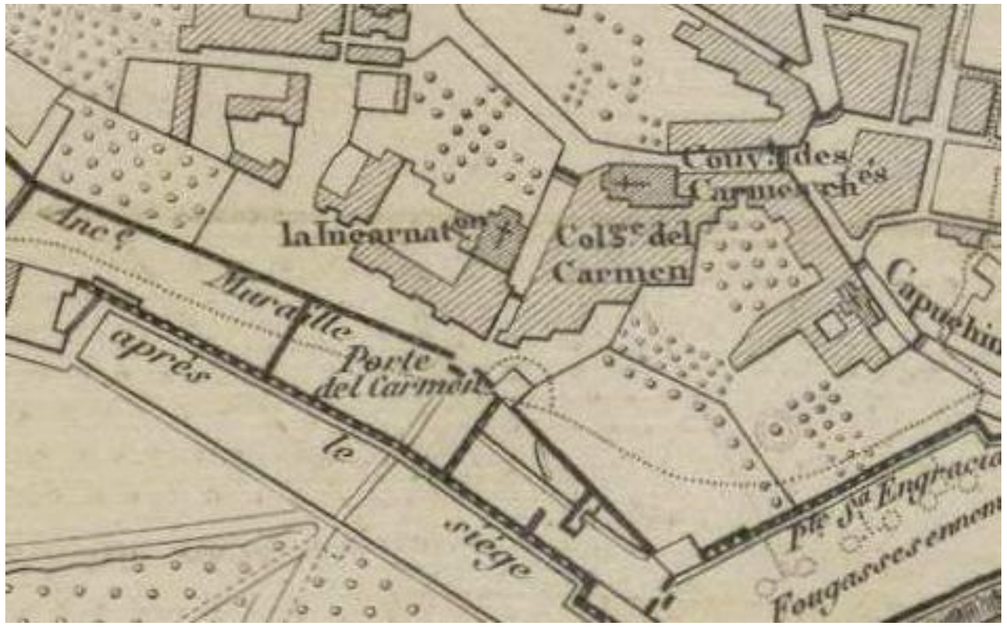


Ilustración 8. Plano de las defensas de los Sitios en el área del la Puerta del Carmen, tomado de las memorias de General Lejeune. Se incluye la muralla realizada por los franceses tras la conquista de la ciudad.

4. CONCLUSIONES

El carácter de este informe es preliminar y pretende sintetizar una abundante documentación histórica conservada y de informes arqueológicos y tiene un carácter orientativo, no obstante existen variables, como el azar de la conservación como consecuencia de obras a mayor o menor profundad, o la extensión de las obras en área y su coincidencia o no con servicios anteriores.

En principio la opción de las variantes 2-3 parece presentar menos riesgos de carácter arqueológico y menor afección sobre el patrimonio construido.

No obstante las medidas correctoras deberán ser señaladas por la Autoridad Cultural, en este caso el Gobierno de Aragón, a través de sus Servicios de Cultura y la Comisión de Patrimonio Cultural.