

# ANEJO 2

---

## ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Estudio básico del nuevo ramal ferroviario en la línea C3 de cercanías entre el P.K. 78+000 de la línea 310 Utiel-Valencia F.S.L. y el Centro Comercial Bonaire (T.M. de Aldaya, Valencia)

Álvaro Ibáñez Cerrillo

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	5
2.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	5
3.	CONDICIONANTES .....	6
3.1	Condicionante topográfico.....	6
3.2	Condicionante geológico/geotécnico.....	6
3.3	Condicionante hidrológico .....	7
3.4	Condicionante medioambiental y de planeamiento urbanístico.....	8
3.5	Afección a infraestructuras existentes.....	9
3.6	Área de influencia de la estación .....	9
4.	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	11
4.1	Alternativa 0.....	12
4.2	Alternativa 1.....	12
4.3	Alternativa 2.....	14
4.4	Alternativa 3.....	15
5.	CRITERIOS DE VALORACIÓN .....	16
5.1	Afección a infraestructuras viarias existentes. ....	16
5.2	Economía del trazado ferroviario.....	17
5.3	Planeamiento urbanístico. ....	17
5.4	Área de influencia de la estación. ....	17
6.	VALORACIÓN Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	17
7.	CONCLUSIÓN .....	22

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa geológico del área de estudio. (Fuente: Hoja 722-MAGNA 50 IGME) .....	6
<b>Figura 2.</b> Mapa de alternativas junto a las capas estudiadas del PATRICOVA. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	7
<b>Figura 3.</b> Mapa de alternativas junto a las capas de clasificación del suelo. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	8
<b>Figura 4.</b> Mapa de alternativas junto a la traza de la vía pecuaria. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	9
<b>Figura 5.</b> Áreas de influencia de las estaciones. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	10
<b>Figura 6.</b> Zonas comerciales y de ocio del C.C Bonaire. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	11
<b>Figura 7.</b> Mapa general de alternativas de trazado. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	12
<b>Figura 8.</b> Mapa de detalle de la alternativa 1. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	13
<b>Figura 9.</b> Mapa de detalle de la alternativa 1. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	13
<b>Figura 10.</b> Mapa de detalle de la alternativa 2. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	14
<b>Figura 11.</b> Mapa de detalle de la alternativa 2. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	15
<b>Figura 12.</b> Mapa de detalle de la alternativa 3. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	15
<b>Figura 13.</b> Mapa de detalle de la alternativa 3. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia) .....	16

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Escala de preferencia de Saaty. (Fuente: Archivo Excel AHP) .....	18
<b>Tabla 2.</b> Índices aleatorios (RI) en función del tamaño de la matriz. (Fuente: Archivo Excel AHP).....	18
<b>Tabla 3.</b> Valores máximos de proporción de consistencia (CR). (Fuente: Archivo Excel AHP).....	19
<b>Tabla 4.</b> Criterios y alternativas propias del presente estudio básico. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia) .....	19
<b>Tabla 5.</b> Matriz decisión de comparación de criterios. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia) .....	20
<b>Tabla 6.</b> Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 1. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia) .....	20
<b>Tabla 7.</b> Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 2. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia) .....	21
<b>Tabla 8.</b> Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 3. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia) .....	21
<b>Tabla 9.</b> Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 4. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia) .....	21
<b>Tabla 10.</b> Vectores prioridad obtenidos de las 5 matrices decisión y vector prioridad alternativa. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia).....	23

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el anejo actual se van a estudiar diferentes alternativas de trazado y estación, para posteriormente valorar conforme a unos criterios cuál es la más idónea. El trazado de la alternativa finalmente elegida se describirá en profundidad en el siguiente anejo.

Como ya se ha indicado en la introducción del presente Trabajo Final de Grado, el ramal ferroviario a estudiar tiene el fin último de conectar el C.C. Bonaire con el resto de la red de Cercanías de Valencia, reduciendo así los desplazamientos en vehículo privado a favor del transporte público. En principio, el trazado formaría parte de la línea C3 de Cercanías.

Para homogeneizar el ramal a la línea ferroviaria con la que enlaza (310 Utiel-Valencia F.S.L.), se ejecutará con las mismas características de vía. A pesar de la futura duplicación de vía prevista en la línea origen, el ramal contará con plataforma apta para vía única de ancho ibérico (1668 mm) con la posibilidad de efectuar el cambio a ancho estándar (1435 mm) mediante la instalación de traviesas polivalentes. En la estación, el ramal se diseñará para albergar dos vías provistas de andén. Toda la infraestructura también estará preparada para su futura electrificación.

El nuevo ramal comienza en el PK 0+000 (PK 78+530 de la línea 310) y finaliza en el PK 1+220. Discurre en su totalidad por el término municipal de Aldaya y tendrá una velocidad de proyecto inicial de 100 km/h, siendo inferiores las velocidades comerciales debido a la pequeña longitud del ramal.

## **2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

El Centro Comercial Bonaire constituye por si solo un gran foco de demanda. Un trabajo de campo realizado en el año 2009 por la “Oficina Pateco – Comercio y Territorio” del Consejo de Cámaras de Comercio, Industria y Navegación de la Comunidad Valenciana, revela que 9.477.936 personas se desplazaron allí ese año para realizar actividades de todo tipo (ocio, comerciales,...). Una cifra de visitantes que ha aumentado con el paso de los años. Según datos del año 2016 presentados en el PMoMe de Valencia, existen unos 90.000.000 de desplazamientos en el corredor de l’Horta Oest (Xirivella-Aldaya-Alaquas), tanto internos como procedentes de otros corredores del área metropolitana. Estos datos han sido una de las principales razones por las que el ramal ferroviario objeto del presente estudio básico se ha incluido recientemente en los planes de infraestructuras del PMoMe a ejecutar a medio plazo.

Otra razón con la que se puede justificar la construcción de dicho ramal es el objetivo de reducción del tráfico motorizado. La gran parte de los desplazamientos actuales a Bonaire se efectúan mediante vehículo privado, generando en días y horas punta situaciones de congestión en los accesos por carretera. A través del nuevo medio de transporte público, se ampliarán las zonas conectadas con el centro comercial, sobre todo nuevas áreas en Valencia ciudad, Xirivella y Aldaya/Alaquás. Mediante la intermodalidad y unificación de tarifas y zonas entre líneas de Cercanías y con otros medios de transporte, numerosos municipios del área metropolitana también podrán beneficiarse de la nueva infraestructura.

Por último y relacionado con la anterior justificación, las medidas impulsadas por instituciones municipales, autonómicas, nacionales e internacionales para la reducción de la contaminación

A continuación, se detallarán los condicionantes que se van a tener en cuenta para justificar la elección de la alternativa más idónea. Algunos de ellos no son determinantes, ya que, o no tienen relevancia en esta situación o son muy similares para las diferentes alternativas.

Tal y como se exige en la Norma ADIF Plataforma N.A.P. 1-2-1.0, las pendientes para los trazados ferroviarios deben ser lo más reducidas posibles. Para poder proyectar con precisión los peraltes y rasantes se requieren áreas llanas, por lo que la topografía existente en el trazado será muy determinante.

En este caso, no tendrá importancia en la elección de una u otra alternativa, ya que la práctica totalidad del área de estudio se encuentra ubicada en una gran planicie, a una cota aproximada de 60 msnm.

El presente condicionante se estudiará con mayor nivel de detalle en el anejo de Geología y Geotecnia (Anejo 4), indicando en este caso únicamente un pequeño resumen.

- Q<sub>1</sub><sup>1</sup> K: Costra calcárea.
- Q<sub>1</sub><sup>3</sup> Ma: Mantos de arroyada modernos. Arcillas arenosas rojas con cantos de costra.



En todo el área de estudio, tal y como indican las fuentes de información que se han consultado para elaborar el Anejo 4, el terreno que se ha prospectado no ha mostrado problemas evidentes para ejecutar sobre él una plataforma ferroviaria. La topografía

es prácticamente horizontal y se ha indicado que los terrenos son estables tanto naturalmente como bajo la acción del hombre.

Los datos de las prospecciones realizadas revelan que los segundos niveles bajo el suelo vegetal ya presentan compacidades altas, y por tanto son terrenos aptos para apoyar estructuras o terraplenes. Por otro lado, son materiales permeables y semipermeables, dónde el nivel freático no se ha encontrado a profundidades superiores a los 12-15 metros. Tampoco son expansivos, colapsables ni agresivos con el hormigón.

Es por ello que, a falta de ejecutar un estudio geotécnico específico en la zona por la que discurren las trazas para asegurar esta información, la geología o geotecnia no serán condicionantes determinantes para escoger entre una u otra alternativa.

### 3.3 Condicionante hidrológico

Al igual que el punto anterior, la hidrología y drenaje se estudiarán con mayor detalle en un anejo específico del estudio básico (Anejo 5)

Como resumen se puede indicar que, según datos del PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana), gran parte del trazado de las alternativas se ve afectado por la envolvente de peligrosidad por inundación debido a la proximidad del cauce del *Barranco de la Saleta*, perteneciente a la cuenca del río Júcar. Es una información a tener en cuenta pero con poca importancia, ya que se ha comprobado que esta envolvente afecta a gran parte de los núcleos urbanos de Aldaya y Alaquás, al propio Centro Comercial Bonaire, a polígonos industriales colindantes y a otras importantes infraestructuras de transporte. Por tanto, no ha generado ninguna limitación a la hora de construir dichas infraestructuras.

Como se verá en la imagen a continuación, únicamente el final del tramo y la estación de la alternativa 1 están dentro de la zona de peligrosidad por inundación de nivel 3 (frecuencia alta y calado bajo).

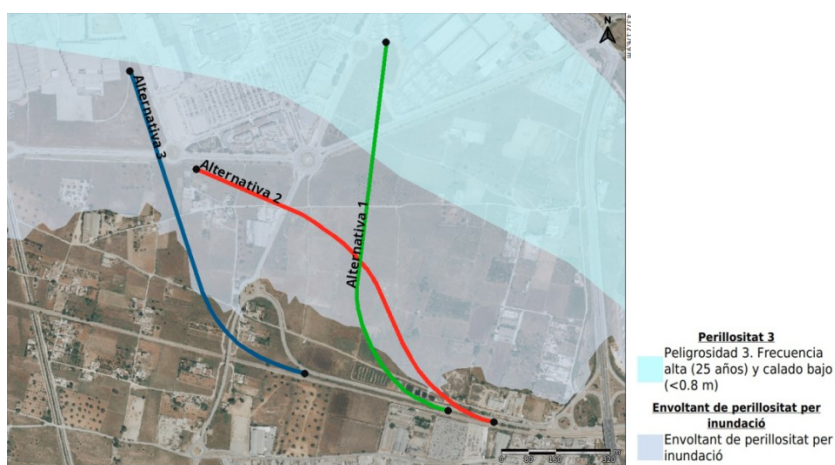


Figura 2. Mapa de alternativas junto a las capas estudiadas del PATRICOVA. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

El condicionante hidrológico no será un factor decisivo a la hora de elegir la alternativa final, ya que se ha comprobado que este nivel 3 de peligrosidad por inundación también afecta a gran parte de los núcleos urbanos, industriales y comerciales de Aldaya y Alaquás.

### 3.4 Condicionante medioambiental y de planeamiento urbanístico

El área de estudio no se encuentra en ninguna zona natural protegida, ni en la Red Natura 2000, en gran parte debido al carácter urbano e industrial del entorno. Tampoco se han encontrado parajes o edificaciones catalogadas como BIC (Bien de Interés Cultural).

El planeamiento urbanístico será un factor importante a la hora de elegir la mejor solución de trazado ferroviario, ya que se intentará que no afecte a suelo urbano ni urbanizable o industrial. La mayoría del suelo afectado por la traza ferroviaria está clasificado como no urbanizable protegido (zona rural protegida agrícola), teniendo superficies medias de suelo urbanizable (nuevos desarrollos industriales/terciarios) en las alternativas 1 y 3. La alternativa 2 apenas afecta a suelo urbanizable unos pocos metros. Según el SIOSE del 2015, se localizan en mayor medida terrenos de pastizal (cultivos abandonados) y algunos cultivos de cítricos (naranjos).

Cualquiera de las tres alternativas que se presentarán a continuación sí afecta a una vía pecuaria denominada “Colada del Camino de los Frailes”, que aunque se encuentra en situación de desuso, requiere de permeabilidad.

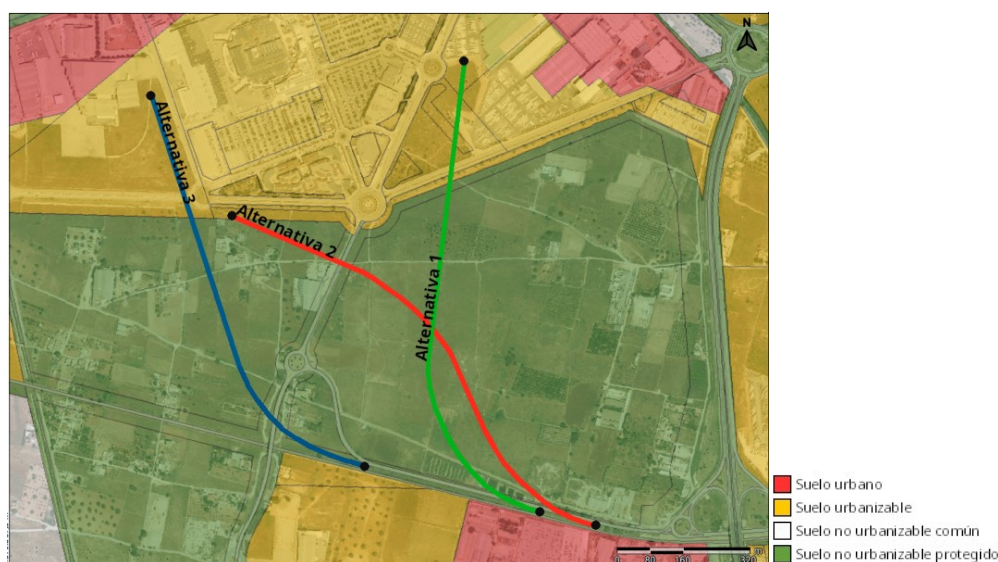


Figura 3. Mapa de alternativas junto a las capas de clasificación del suelo. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)



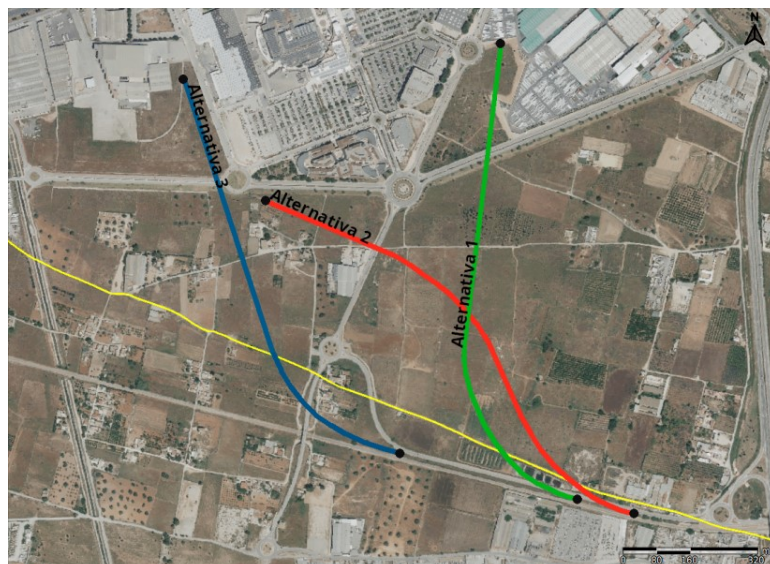


Figura 4. Mapa de alternativas junto a la traza de la vía pecuaria. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

### 3.5 Afección a infraestructuras existentes

El presente condicionante si va a ser decisivo a la hora de elegir la solución final, ya que cuanto mayor número e importancia de infraestructuras existentes tenga que salvar el nuevo trazado, mayor número de obras de permeabilidad a ejecutar, y por tanto mayor incremento de coste final.

Las infraestructuras viarias presentes en el área de estudio y que son afectadas por la traza del nuevo ramal ferroviario en las distintas alternativas son las siguientes:

- Carretera convencional “Camino del Coscollar”, que une el municipio de Aldaya y el C.C. Bonaire.
- Camino asfaltado “Maset dels Flares”, empleado en la actualidad como vía ciclo-peatonal Aldaia-Bonaire.
- Carretera convencional que une el C.C. Bonaire con el P.I. “El Coscollar” y la carretera CV-413.
- Camino asfaltado “la Foia”
- Carretera convencional de dos carriles de circulación por sentido que une el P.I. “Valencia 2000” con el C.C. Bonaire.
- Carretera convencional “Polígono nº 7”, de dos y tres carriles de circulación por sentido y que une el C.C. con la carretera CV-410.

Las tres alternativas tendrán cierta afección a los terrenos de industrias colindantes al trazado ferroviario, pero se considera mínima.

### 3.6 Área de influencia de la estación

Por último, y también de cierta importancia, es el área generada alrededor de la estación, dónde las personas ubicadas dentro de ella se consideran posibles usuarios potenciales del tren de cercanías. Es por ello que la ubicación de la estación, distinta para cada alternativa, desempeña un papel esencial para que el nuevo medio de transporte tenga el mayor número de viajeros posible y sea rentable económicamente.

En este caso se ha definido un área de influencia de 300 m de radio, calculado aproximadamente para un desplazamiento a pie de 5 minutos. Como se observará a continuación, apenas varían unos centenares de metros entre las distintas alternativas.

No obstante, se debe tener en cuenta que no todos los recintos comerciales y de ocio ubicados en el C.C. Bonaire tienen el mismo tipo y número de usuarios. En cada caso concreto se tendrán unas necesidades que favorecerán o no el uso del transporte público, ya que se buscarán distintos niveles de rapidez y comodidad para acceder a su destino dentro del centro comercial. A continuación se detallan las principales zonas comerciales y de ocio ubicadas en Bonaire:

- Centro neurálgico de Bonaire. Gran infraestructura comercial, mayoritariamente con pequeñas tiendas de textil, tecnología e informática y grandes almacenes de alimentación. También dispone de numerosos locales de restauración de todo tipo, grandes salas de cine, salas de juegos, etc. Esta zona es la de mayor interés de captación de usuarios, ya que los desplazamientos suelen ser para compras poco voluminosas o para disfrutar de la gastronomía y ocio.
- Factory Bonaire. Al igual que el anterior, dispone de tiendas de textil, tecnología y cuidado personal, así como un local de restauración de comida rápida. Atrae muchos menos usuarios que la zona anterior ya que tiene un número más reducido de locales y en un área más pequeña. No obstante, el usuario típico de este recinto también resulta de interés.
- Instalaciones deportivas. Gran local con gimnasio, piscina, spa, pistas deportivas, etc. Esta zona también resulta de interés para captar usuarios, aunque en menor medida que las anteriores.
- Otros grandes almacenes. Disponen de productos para construcción, decoración y productos del hogar, jardinería, bricolaje, equipos electrónicos, ropa y equipamientos deportivos, etc. Los usuarios de estas áreas no resultan de interés para el posible desplazamiento en transporte público, ya que los productos que se adquieren en ellos son en muchos casos de gran volumen y pesados.

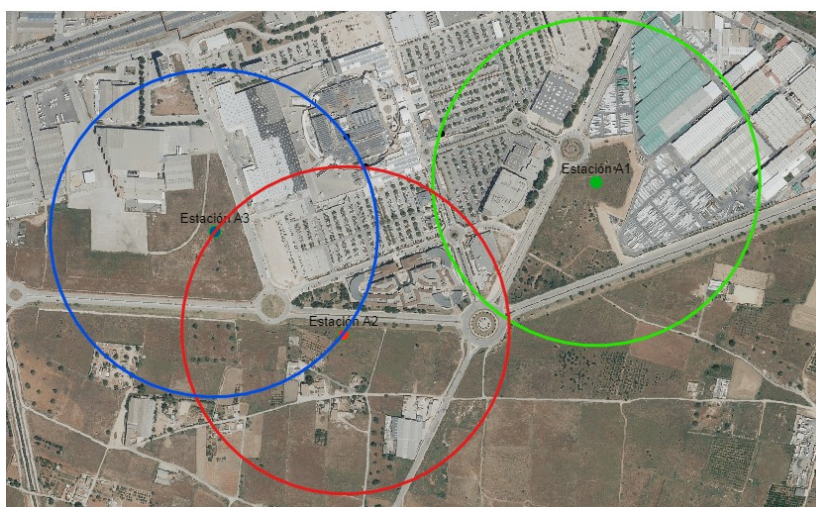


Figura 5. Áreas de influencia de las estaciones. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)



Figura 6. Zonas comerciales y de ocio del C.C Bonaire. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

#### 4. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este punto se va a proceder a presentar y justificar cada una de las alternativas que se valoraran en posteriores apartados. Se van a considerar 4 alternativas para la elección del trazado más viable del nuevo ramal ferroviario al C.C. Bonaire. Como ya se indicó anteriormente, todas ellas se plantean en el término municipal de Aldaya (Valencia).

En primer lugar, la **alternativa 0** consiste en no realizar ninguna intervención en el área de estudio.

En segundo lugar, se tiene la **alternativa 1**, en la cual se proyecta el trazado del nuevo ramal ferroviario partiendo al norte del P.I. “El Coscollar” y discurriendo al este de la carretera convencional C.C. Bonaire-Carretera CV-413. La estación estaría ubicada al sureste del centro comercial.

En tercer lugar, la **alternativa 2** plantea un trazado inicialmente paralelo a la anterior alternativa, pero que gira finalmente hacia el oeste para ubicar la estación al sur del Bonaire.

Por último está la **alternativa 3**, la cual parte del sur del núcleo disperso de viviendas denominado “Les Barraques”, unos centenares de metros antes que las anteriores, y discurre hacia el suroeste del centro comercial dónde se ubicará la estación semi soterrada.



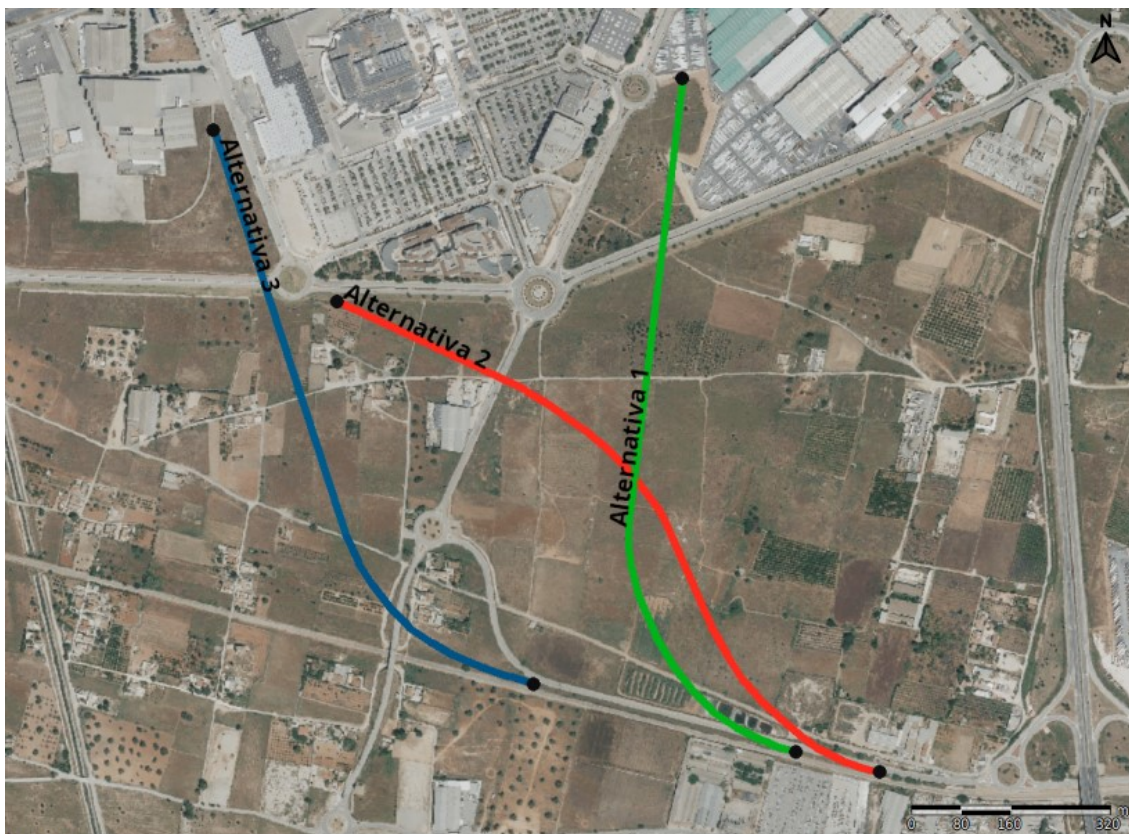


Figura 7. Mapa general de alternativas de trazado. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

#### 4.1 Alternativa 0

Consiste en no realizar actuación alguna en el área de estudio. De aquí en adelante, se va a descartar la presente propuesta ya que supone la no conexión del C.C. Bonaire con el resto de la red de Cercanías de Valencia, impidiendo así la reducción de los desplazamientos en vehículo privado a favor del transporte público sostenible.

#### 4.2 Alternativa 1

El trazado de la presente alternativa se ejecutará en ligero terraplén en todo el tramo, comenzando en torno al PK 78+385 de la línea 310 Utiel-Valencia F.S.L., al norte del P.I. “El Coscollar”, punto que se considera el PK 0+000 del nuevo ramal.

Una vez iniciada la nueva infraestructura, el trazado gira rápidamente hacia el norte, dónde a los pocos metros deberá salvar la carretera convencional de dos carriles “Camino del Coscollar” mediante un nuevo paso superior de la misma.



Figura 8. Mapa de detalle de la alternativa 1. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

A continuación, la traza todavía en curva se topa con el camino asfaltado “Maset dels Flares”, empleado en la actualidad como vía ciclo-peatonal Aldaya-Bonaire. Para la permeabilidad de dicha infraestructura se plantea encaminarla por el paso superior anteriormente mencionado, ejecutando para ello un tablero más ancho que incluya la vía ciclo-peatonal, a parte de los dos carriles de circulación. Con este paso elevado también se daría continuidad a la vía pecuaria “Colada del Camino de los Frailes”

Tras discurrir unos centenares de metros por un terreno llano de pastizal y cultivos cítricos al este de la carretera C.C. Bonaire-Carretera CV-413, la última obra de permeabilidad necesaria será para salvar la carretera convencional “Polígono nº 7” en torno al PK 0+970 del nuevo ramal. Se ejecutará un paso inferior apto para tres carriles de circulación en cada sentido y tablero para albergar dos vías de ferrocarril debido a su proximidad a la estación.

Finalmente, en los últimos 220 metros del trazado aproximadamente se ubicará la estación, al sureste del C.C., dotada de doble vía y dos andenes hasta llegar al PK 1+240,33.

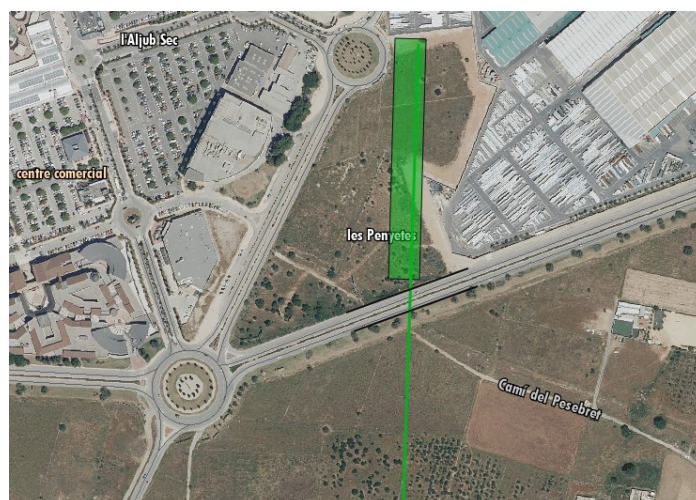


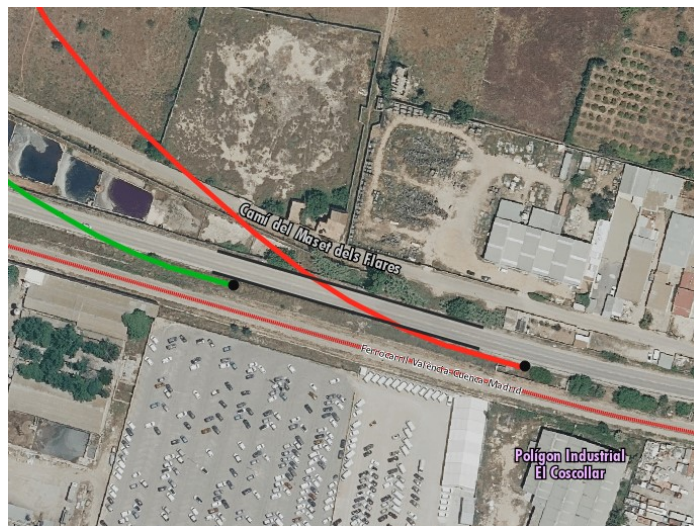
Figura 9. Mapa de detalle de la alternativa 1. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)



#### 4.3 **Alternativa 2**

En la presente solución se ejecutará un trazado en ligero terraplén en la totalidad del ramal ferroviario. El comienzo del tramo está muy próximo al de la anterior alternativa, comenzando en este caso en el PK 78+530 de la línea 310, punto que se considera el PK 0+000 del nuevo ramal al C.C. Bonaire.

Aproximadamente paralelo a la alternativa 1, el trazado gira rápidamente hacia el noroeste, dónde a los pocos metros deberá salvar también la carretera convencional de dos carriles “Camino del Coscollar” mediante un nuevo paso superior de la misma.



*Figura 10. Mapa de detalle de la alternativa 2. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)*

Dicho paso superior se empleará también para permitir la permeabilidad de la vía pecuaria y la vía ciclo-peatonal Aldaya-Bonaire, ampliando la anchura del tablero para incluirla a parte de los dos carriles de circulación de la carretera.

A continuación, la traza discurre unos centenares de metros por un terreno llano de pastizal y cultivos cítricos, pero a diferencia de la alternativa 1, llega un punto en que gira hacia el oeste. Al llegar a la última alineación recta, la traza debe salvar la carretera convencional C.C. Bonaire-Carretera CV-413 en el PK 0+920. Para ello, se ejecutará un paso inferior apto para dos carriles de circulación y un carril ciclo-peatonal para dar permeabilidad también a la senda Aldaya-Bonaire, que vuelve a toparse con el trazado ferroviario en este punto. El tablero albergará un ancho suficiente para dos vías de ferrocarril debido a su proximidad a la estación.

Finalmente, en los últimos 218 metros del trazado aproximadamente se ubicará la estación, al sur del C.C., dotada de doble vía y dos andenes hasta llegar al PK 1+220,93.



Figura 11. Mapa de detalle de la alternativa 2. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

#### 4.4 Alternativa 3

La última alternativa que se va a presentar en el estudio básico es diferente a las dos anteriores. El trazado se ejecutará en su mayor parte en rampa descendente para llegar a un túnel de corta longitud y a la estación deprimida pero a cielo abierto, con los andenes y vías a una cota inferior al edificio de viajeros.

El nuevo ramal ferroviario tiene su comienzo al sur del núcleo disperso de viviendas denominado "Les Barraques", en el PK 77+950 de la línea existente 310 de ADIF, punto que se considera el PK 0+000 del ramal a Bonaire. Una vez iniciada la nueva infraestructura, el trazado gira rápidamente hacia el noroeste. A los pocos metros se topa con el paso elevado sobre la línea actual de la carretera convencional C.C. Bonaire-Carretera CV-413, dónde será necesario construir un nuevo paso elevado paralelo al actual, que amplíe la longitud del tablero para salvar también el trazado en cuestión.

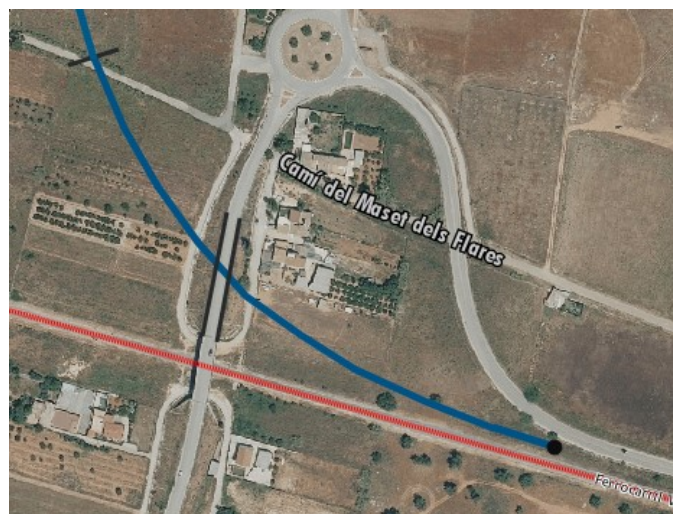


Figura 12. Mapa de detalle de la alternativa 3. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

A los pocos metros de finalizar el trazado en curva, en el PK 0+420 se iniciará la rampa descendente que tendrá una longitud de 380 metros. Será ejecutada con muros pantalla y plataforma apta para vía única hasta el PK 0+780.

En el PK 0+640, se debe dar permeabilidad al “Camino de la Foia” asfaltado y que da acceso al núcleo de “Les Barraques”. Para ello se ejecutará un nuevo paso superior de pequeña elevación, debido a que la vía de ferrocarril ya se encuentra a una cota notablemente inferior a la del terreno, y con anchura suficiente para dos carriles de circulación. Esta obra también dará permeabilidad si es necesario a la vía pecuaria “Colada del Camino de los Frailes” que vería modificado su recorrido ligeramente.

Al finalizar la rampa, en el PK 0+780 se inicia inmediatamente el nuevo túnel de 80 metros de longitud y apto para doble vía por su proximidad a la estación. Su construcción se debe a la necesidad de permeabilidad de la carretera convencional de dos carriles de circulación por sentido que conecta el P.I. “Valencia 2000” y el C.C. Bonaire.

Finalmente, y como ya se ha indicado con anterioridad, la estación estará situada al suroeste del C.C., deprimida en el terreno pero a cielo abierto a partir del PK 0+860 y hasta el PK 1+078,04 (218 metros de longitud). Estará dotada de dos vías con un único andén central de 210 metros de longitud. El edificio de viajeros estará situado en superficie, a la cota de la calle paralela “Arrabal Z. Valor-01 Comercial”.

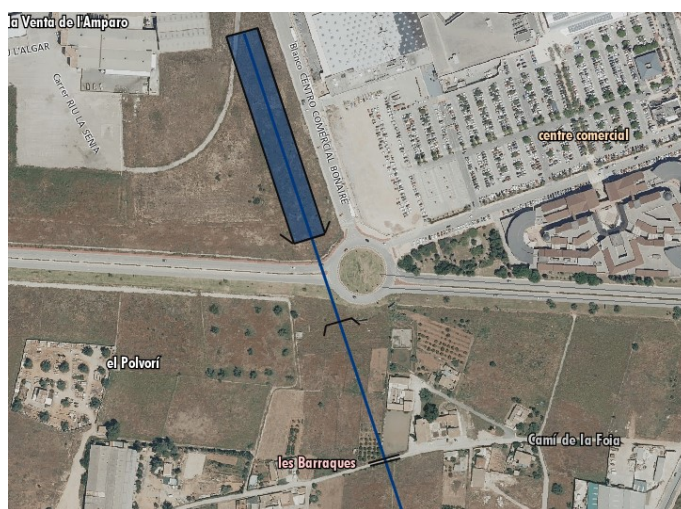


Figura 13. Mapa de detalle de la alternativa 3. (Fuente: Visor cartográfico de la GVA y elaboración propia)

## 5. CRITERIOS DE VALORACIÓN

Llegados a este punto, se van a definir brevemente los criterios a tener en cuenta para valorar y comparar posteriormente las tres alternativas propuestas y elegir la óptima.

**5.1 Afección a infraestructuras viarias existentes.** A mayor número y envergadura de infraestructuras viarias (carreteras, caminos...) que deba dar permeabilidad la nueva traza ferroviaria, mayor afección a estas durante la fase de ejecución de la obra de permeabilidad correspondiente y por tanto mayor plazo y coste final de la obra. Se



otorgará mayor puntuación a la alternativa que menor número de infraestructuras viarias deba dar permeabilidad, teniendo en cuenta también la relevancia en cuanto al tráfico o número de carriles de las mismas.

- 5.2 Economía del trazado ferroviario.** A pesar de no poder contar con un presupuesto total de cada alternativa, en función de las características del trazado definidas en el apartado anterior se puede hacer una aproximación de la variación del coste de una alternativa a otra. Mayor puntuación recibirán las que dispongan de un trazado llano, en terraplén, teniendo en cuenta también la longitud total del tramo. En cambio, menor puntuación recibirán las que requieran desmontes, soterramientos u obras de fábrica.
- 5.3 Planeamiento urbanístico.** En la ejecución del nuevo ramal ferroviario, como cualquier otra infraestructura viaria, debe evitarse la afección a suelo urbano e intentar que todo el trazado discurra por suelo no urbanizable agrícola, sin afectar a suelo urbanizable que tenga contemplados nuevos desarrollos de viviendas, industriales, terciarios, etc. Mayor puntuación, por tanto, recibirán las soluciones que no afecten lo especificado anteriormente.
- 5.4 Área de influencia de la estación.** Por último, como ya se definió con anterioridad, a mayor cercanía y accesibilidad de la estación ferroviaria de los principales centros neurálgicos del C.C. Bonaire, mayor número de usuarios potenciales puede llegar a tener el nuevo servicio de ferrocarril y por tanto mayor rentabilidad económica y retorno de la inversión ejecutada. A pesar de la gran similitud entre las áreas de influencia de las tres estaciones planteadas, mejor puntuación recibirá la que mayor accesibilidad y comodidad tenga para acceder a las zonas principales del centro comercial, es decir, la que menor número de cruces con calzadas tenga, un trazado más recto y llano para personas de movilidad reducida, iluminación adecuada, etc.

## 6. VALORACIÓN Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este apartado final del anejo de Estudio de Alternativas, se va a llevar a cabo el análisis multicriterio entre las tres alternativas propuestas, comparándolas y valorándolas mediante los criterios presentados en el apartado anterior.

Para el análisis, se va a emplear el método americano *Analytic Hierarchy Process (Proceso Analítico Jerárquico AHP)*, aplicado en muchos ámbitos de empresa, económicos, investigación, etc. El método selecciona la alternativa óptima en función de una serie de criterios jerarquizados que suelen entrar en conflicto.

En primer lugar se deben definir correctamente los criterios y realizar la estructura jerárquica (por si existen subcriterios). En segundo lugar, se comparan por pares los criterios del mismo nivel jerárquico y posteriormente, también por pares, las distintas alternativas respecto a cada uno de los criterios anteriores. Para estas comparaciones se emplean matrices cuadradas denominadas matrices de decisión (A), asignando una escala fundamental de valores del 1 al 9 (*Escala de preferencia de Saaty*).

ESCALA DE PREFERENCIA DE SAATY	
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuerte y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 1. Escala de preferencia de Saaty. (Fuente: Archivo Excel AHP)

Las matrices de decisión tienen las propiedades de reciprocidad ( $a_{ij}=x$ ,  $a_{ji}=1/x$ ), homogeneidad (si  $i$  y  $j$  son igualmente importantes,  $a_{ij}=a_{ji}=1$ , y  $a_{ii}=1$  para todo  $i$ ), y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada).

A continuación, las matrices son normalizadas y se procede a obtener el vector prioridad ( $w$ ) para cada una de ellas. Se calcula realizando el promedio de cada fila de la matriz normalizada anterior, por tanto serán vectores  $4 \times 1$  para la primera matriz y  $3 \times 1$  para las cuatro restantes en nuestro caso particular.

Una vez calculado todo lo anterior, se debe realizar un análisis de consistencia. Para ello, se obtiene primero el vector resultado de multiplicar  $A$  por  $w$ . A continuación se calcula otro vector resultado de dividir el anterior entre el vector promedio ( $w$ ). Al sumar todos los valores de este último vector y dividirlos por su dimensión (3 o 4, según corresponda), se obtiene el máximo autovalor  $\lambda_{max}$ . El índice de consistencia (CI), dónde  $n$  es la dimensión de la matriz  $A$  se calcula de la siguiente forma:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Posteriormente se calcula la proporción de consistencia (CR), que no debe ser mayor que los valores de la tabla 3, ya que si lo es se deberán revisar las ponderaciones en las matrices de decisión. RI es el índice aleatorio, que indica la consistencia de una matriz aleatoria y se obtiene de la tabla 2.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,89	1,11	1,24	1,32	1,40	1,45	1,49

Tabla 2. Índices aleatorios (RI) en función del tamaño de la matriz. (Fuente: Archivo Excel AHP)

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 3. Valores máximos de proporción de consistencia (CR). (Fuente: Archivo Excel AHP)

Por último, verificada la consistencia, se sitúan por columnas en una matriz 3x4 los vectores prioridad (w) de las 4 matrices decisión de comparación entre alternativas para cada criterio. Multiplicando esta matriz por el vector prioridad de la matriz de decisión que compara los criterios (4x1) se obtiene el vector prioridad alternativa (3x1), dónde cada fila se refiere a una alternativa. El valor de la fila que sea superior, o lo que es lo mismo, la alternativa con el mayor valor será la óptima.

Una vez definido brevemente el procedimiento a seguir del método de análisis multicriterio AHP, se va a aplicar a las tres alternativas del nuevo ramal ferroviario al C.C. Bonaire, justificadas en el apartado 4, y a los criterios indicados en el apartado anterior.

En primer lugar, se han definido los criterios y alternativas correspondientes al ramal ferroviario objeto de estudio y ya justificados anteriormente en el presente anejo.

<b>Criterios</b>	<b>1. Afección a infraestructuras viarias existentes</b> <b>2. Economía del trazado ferroviario</b> <b>3. Planeamiento urbanístico</b> <b>4. Área de influencia de la estación</b>
<b>Alternativas</b>	<b>Alternativa 1</b> <b>Alternativa 2</b> <b>Alternativa 3</b>

Tabla 4. Criterios y alternativas propias del presente estudio básico. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia)

En segundo lugar, se han construido las matrices decisión para comparar por pares los criterios definidos y seguidamente las destinadas a comparar las alternativas para cada uno de los criterios. Como se ha indicado previamente, los criterios y alternativas se han comparado con una escala de valores del 1 al 9.

	1. Afección a infraestructuras viarias existentes	2. Economía del trazado ferroviario	3. Planeamiento urbanístico	4. Área de influencia de la estación
1. Afección a infraestructuras viarias existentes	1	2	5	5
2. Economía del trazado ferroviario	1/2	1	5	5
3. Planeamiento urbanístico	1/5	1/5	1	3
4. Área de influencia de la estación	1/5	1/5	1/3	1

Tabla 5. Matriz decisión de comparación de criterios. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia)

Los criterios se han ordenado inicialmente de mayor a menor peso para este estudio básico en particular, como se puede ver reflejado en la matriz de decisión. Los dos primeros criterios tienen prácticamente la misma importancia, siendo el criterio 1 ligeramente más preferible por la afección a otras infraestructuras, ejecución de obras de desvío, incremento del coste total y posibles retrasos del plazo de la obra. Los dos últimos criterios tienen una importancia menor que los dos anteriores. El criterio 3 es moderadamente preferible al 4 debido a su repercusión en los trámites previos a la ejecución (expropiaciones) y que afectan del mismo modo al plazo total de ejecución del proyecto.

<u>CRITERIO:</u>	1. Afección a infraestructuras viarias existentes		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	0,5	5
Alternativa 2	2	1	5
Alternativa 3	1/5	0,2	1

Tabla 6. Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 1. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia)

En la comparación por pares de alternativas para el criterio 1, se ha decidido que la alternativa 2 sea ligeramente preferible a la 1, ya que a pesar de que dos carreteras deben salvar el trazado ferroviario con un paso superior y otro inferior respectivamente, la primera alternativa debe ser salvada por la carretera convencional "Polígono nº 7, de dos y tres carriles de circulación por sentido, frente a la segunda salvada por dos carreteras de un carril por sentido únicamente. La ejecución de la carretera de desvío y la obra de permeabilidad de mayor envergadura supondrán una mayor afección a los usuarios de esta vía, un plazo de ejecución superior y un incremento del coste final. Aunque la alternativa 2 cortará uno de los dos accesos para vehículos en la empresa "VIJAMA Decoración", la alternativa 1 afectará en el ámbito de la estación una pequeña porción de terreno propiedad de la empresa "SP-Berner", por lo que será mayor el coste relativo a expropiaciones.

Sin embargo, las alternativas 1 y 2 son fuertemente preferibles a la tercera, ya que en esta se deben ejecutar dos pasos superiores que salven la traza ferroviaria, uno de ellos (el de la carretera convencional C.C. Bonaire-carretera CV-413) paralelo al existente. Además, se debe construir un falso túnel del ferrocarril bajo la carretera convencional de dos carriles de circulación por sentido que conecta el P.I. "Valencia 2000" y el C.C. Bonaire, que afectará al

tráfico en algún periodo de la ejecución de la obra. La barrera que generaría el trazado en el núcleo de viviendas “Les Barraques” también es un punto negativo para la tercera alternativa.

<b>CRITERIO:</b>	<b>2. Economía del trazado ferroviario</b>		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/2	7
Alternativa 2	2	1	7
Alternativa 3	1/7	1/7	1

Tabla 7. Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 2. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia)

En la comparación por pares de alternativas para el criterio 2, se aprecia la gran similitud de preferencia entre las alternativas 1 y 2. Ambos trazados ferroviarios se han previsto llanos, en ligero terraplén en todo su recorrido. Asimismo las estaciones dispondrán de plataforma apta para doble vía y un andén para cada vía en ambas. Se da una ligera mejor puntuación a la alternativa 2 por su menor longitud total, unos 20 metros menos que la alternativa 1.

Por el contrario, las dos primeras alternativas son muy fuertemente preferibles a la alternativa 3, ya que como se describió anteriormente esta dispone de una rampa descendente y un trazado semi-soterrado que incrementa notablemente el presupuesto de ejecución de la obra.

<b>CRITERIO:</b>	<b>3. Planeamiento urbanístico</b>		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/7	2
Alternativa 2	7	1	7
Alternativa 3	1/2	1/7	1

Tabla 8. Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 3. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia)

En la comparación por pares de alternativas para el criterio 3, la alternativa 2 vuelve a ser notablemente la mejor valorada, ya que todo el trazado estará construido en suelo no urbanizable agrícola, excepto unos pocos metros del final de la traza. Todo el tramo de la estación de la alternativa 3 discurre por suelo urbanizable (nuevo desarrollo industrial), por lo que se le da ligera preferencia respecto a la alternativa 1, que discurre también a la altura de la estación por suelo urbanizable (nuevo desarrollo terciario). Esto es debido a la mayor probabilidad de ampliación del P.I. “Valencia 2000” en los mencionados terrenos aledaños a medio plazo, respecto al C.C. Bonaire, que presenta una cierta estabilización en su expansión en los últimos años.

<b>CRITERIO:</b>	<b>4. Área de influencia de la estación</b>		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/2	1/4
Alternativa 2	2	1	1/4
Alternativa 3	4	4	1

Tabla 9. Matriz decisión de comparación de alternativas para el criterio 4. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia)

En la comparación por pares de alternativas para el criterio 4, a pesar de la gran similitud de las áreas de influencia, presentadas en el apartado 3, es entre moderadamente y fuertemente preferible la alternativa 3, ya que el recorrido desde el edificio de viajeros hasta la entrada al centro neurálgico del Bonaire es de apenas 150 m, dónde prácticamente todo es zona peatonal y solo habría que ejecutar un paso de peatones en la carretera de dos carriles de circulación "Arrabal Z. Valor-01 Comercial". Desde la estación de la alternativa 2 se deben recorrer a pie 300 metros aproximadamente y 400 metros si es desde la de alternativa 3. Es por ello que se ha dado ligeramente preferencia a la alternativa 2, aunque en ambos casos se deben ejecutar obras auxiliares de acceso peatonal que aumentarán el coste final. En las dos alternativas se deben realizar pasos de peatones en carreteras de dos carriles de circulación por sentido, y preferiblemente regulados con semáforo por la mayor intensidad de tráfico que registran.

Tras haber constituido las matrices decisión, estas son normalizadas y se obtiene el vector prioridad.

Antes de llegar a la solución final, se debe realizar el análisis de consistencia cuyo procedimiento ha sido descrito anteriormente. Para cada una de las 5 matrices decisión analizadas se ha obtenido una proporción de consistencia (CR) muy cercana y por debajo de los valores de la tabla 3. Para la primera de comparación de criterios un 8,35%, para la segunda de comparación entre alternativas para el criterio 1 un 4,65%, mismo valor obtenido para la tercera comparación (criterio 2). En la cuarta, que compara alternativas para el criterio 3, se ha obtenido un 4,69% y un 4,80% en la última comparación entre alternativas para el criterio 4. Por todo ello, se aceptan los valores de las matrices de decisión y se procede a decidir cuál es la solución óptima.

## **7. CONCLUSIÓN**

Para finalizar el anejo se va a decidir cuál es la alternativa elegida tras el proceso de valoración y comparación. Volviendo al AHP, el último paso explicado en el apartado anterior es situar en columnas de una matriz 3x4 los vectores prioridad ( $w$ ) de las cuatro matrices decisión ( $A$ ) que comparan alternativas para cada criterio. Al multiplicar esta matriz por el vector prioridad de la matriz decisión que compara los criterios, obtenemos el vector prioridad alternativa. Se puede observar que el valor más elevado es el correspondiente a la alternativa 2 y por tanto es la más favorable.

	1. Afección a infraestructuras viarias existentes	2. Economía del trazado ferroviario	3. Planeamiento urbanístico	4. Área de influencia de la estación
Alternativa 1	0,3537	0,3631	0,1429	0,1251
Alternativa 2	0,5559	0,5706	0,7671	0,2114
Alternativa 3	0,0904	0,0664	0,0900	0,6551

<b>Vector Prioridad</b>	0,4782	0,3389	0,1167	0,0662
-----------------------------	--------	--------	--------	--------

<b>Vector Prioridad Alternativa</b>	
0,3172	
0,5627	<b>MEJOR ALTERNATIVA</b>
0,1196	

Tabla 10. Vectores prioridad obtenidos de las 5 matrices decisión y vector prioridad alternativa. (Fuente: Archivo Excel AHP y elaboración propia)

Finalmente, se concluye con los resultados obtenidos que la alternativa 2 debe ser la seleccionada para ejecutar el nuevo ramal ferroviario en la línea C3 de cercanías al C.C. Bonaire (Aldaya, Valencia)

