# DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS

# MEMORIA


1. Antecedentes administrativos ..... 3
2. Objeto del proyecto ..... 3
3. Condicionantes externos ..... 3
4. Reportaje fotográfico ..... 4
5. Estudio de tráfico ..... 4
6. Levantamiento topográfico ..... 4
7. Estudio hidrológico ..... 5
8. Estudio hidráulico ..... 8
9. Geología ..... 9
10. Afecciones territoriales ..... 9
11. Trazado de la solución adoptada ..... 10
12. Movimientos de tierras ..... 10
13. Taludes adoptados ..... 11
14. Estructuras de paso ..... 11
15. Firmes ..... 13
16. Obras complementarias ..... 13
17. Clasificación del contratista ..... 13
18. Resumen del Presupuesto ..... 14

## 1. Antecedentes administrativos

Con fecha de 1 de marzo de 2.016 se comienza la redacción del “PROYECTO DE TRAZADO DE LA CARRETERA CA-5101 DESDE EL P.K. 1+900 HASTA EL P.K. 12+450”, como una parte del Trabajo de Fin de Máster (en adelante TFM) en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos del alumno D. Marcos Mariscal Rosado, siendo el tutor el profesor D. Blas González González, del Departamento de Construcciones Arquitecónicas I.

Los documentos que componen dicho TFM son:

1. DOCUMENTO INICIAL.
2. PROYECTO DE TRAZADO DE LA CARRTERERA CA-5101 DESDE EL P.K. 1+900 HASTA EL P.K. 12+450.
3. PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE DE TRAZADO DE LA CA-5101, DESDE EL P.K. 1+900 AL P.K. 5+722.

Se ha llevado a cabo el diseño de una "Mejora puntual de trazado y sección", definida según la Ley 8/2001, de 12 de julio, de Carreteras de Andalucía como:

> *"obra de modernización de una carretera que afecta a su sección transversal y modifica puntualmente su planta o su alzado. La longitud acumulada de la modificación del eje no deberá superar los siguientes límites:*
>
> *a) Desplazamientos de 100 metros del eje en planta, en una longitud acumulada inferior a seis kilómetros o a su longitud catalogada, en caso de ser ésta inferior.*
>
> *b) Desmontes o terraplenes con altura superior a la fijada en la Ley 7/1994, de Protección Ambiental, en una longitud acumulada de eje inferior a un kilómetro o a su longitud catalogada, en caso de ser ésta inferior."*

En el presente documento se desarrolla el Proyecto de Construcción entre los P.K. 1+900 y P.K. 5+722 de la nueva variante de trazado que está comprendida en el "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE DE TRAZADO DE LA CA-5101 DESDE EL P.K. 1+900 HASTA EL P.K. 5+722", siendo la longitud total proyectada de 3822.00 metros.

Se ha escogido la carretera CA-5101, en los términos municipales de Arcos de la Frontera y Jerez de la Frontera, debido a que se encuentra en el entorno de residencia del autor del proyecto, además de por su cercanía y conocimiento del ámbito del proyecto. También ha sido importante la posibilidad de acceder a información básica para la redacción del proyecto, como cartografías, modelo digital del terreno, PGOU vigente, etc.

## 2. Objeto del proyecto

La carretera comarcal CA-5101 se constituye como un eje principal de conexión entre Arcos de la Frontera y Gibalbín, un núcleo poblacional perteneciente al término municipal de Jerez de la Frontera. Tampoco se puede obviar su importancia como conexión con otras vías que enlazan con otros núcleos cercanos, como pueden ser El Cuervo, Lebrija y Las Cabezas de San Juan, todos ellos en la provincia de Sevilla.

Como principal justificación del proyecto, se pretende dotar a los núcleos afectados de un buen acceso al servicio sanitario y el servicio educacional, atendiendo a los principios de igualdad. Además, se adaptarán los parámetros de trazado antiguos a los indicados por las normativas vigentes, más adecuados a las características de los vehículos actuales a efectos de aumentar la seguridad vial.

Se ha elaborado un estudio de alternativas cualitativo y estimado, a fin de determinar a grandes rasgos cuál de ellas es la más adecuada.

Por la CA-5101 discurre un elevado número de vehículos (ligeros y pesados) para el tipo de carretera del que se trata, como se muestra en el *Anejo 02. Estudio de tráfico*, con todos los inconvenientes en cuanto a seguridad vial conlleva. Tiene una longitud de 10,45 km, por lo que en este proyecto se pretende llevar a cabo una mejora puntual de sección y trazado de la misma, y a su vez, actuar en la zona inundable y realizar el deslinde de la vía pecuaria "Colada de Lebrija" (protección del patrimonio ganadero).

Uno de los motivos principales por lo que se redacta este proyecto es evitar que la carretera CA-5101 se inunde en el punto de encuentro con el Arroyo Salado de Espera (como ha ocurrido con los temporales de lluvias acaecidos en la provincia de Cádiz durante los últimos años) provocando cortes de carretera que dificulten la accesibilidad de los núcleos de población.

De este modo, como resumen, con el proyecto de trazado y el posterior proyecto de construcción de la nueva variante se pretende:

1. La elevación de la rasante de la carretera, con el fin de evitar los habituales cortes de la circulación por inundación del Arroyo Salado de Espera.
2. Mejorar la seguridad y el confort de los viajeros reduciendo el riesgo de accidentes.
3. Deslinde de la Colada de Lebrija.
4. Adecuación del trazado de la carretera a los parámetros establecidos por las normativas vigentes.
5. Reducir la longitud de trazado del tramo en cuestión.

## 3. Condicionantes externos

Se ha tomado como documento de partida el "PROYECTO DE TRAZADO DE LA CARRETERA CA-5101 DESDE EL P.K. 1+900 HASTA EL P.K. 12+450", así como todas las especificaciones técnicas derivadas del mismo, las cuales se destacan a continuación.

- La carretera objeto del proyecto pertenece a la Red de Carreteras de Andalucía, con la matrícula CA-5101. Por ello, esta mejora puntual de trazado y sección habrá de someterse a la normativa de la Junta de Andalucía.

- Se proyectará una carretera convencional tipo C-100, con una sola calzada y un carril en cada sentido.
- Se evitará la inundación del tramo de carretera atravesado por el Arroyo Salado de Espera, que actualmente provoca frecuentes cortes de tráfico, incluso con eventos de bajo periodo de retorno.
- Se tomará un caudal de diseño correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno.
- Modificación de la traza de la vía pecuaria Colada de Lebrija y proyectar la variante de la CA-5101 evitando, la superposición de ambas trazas, debido a la alta sinuosidad del trazado actual.
- Dado que el proyecto consiste en una mejora puntual de trazado y sección de la actual carretera, esta se realizará de acuerdo al criterio de máxima visibilidad, permitiendo el adelantamiento en la medida de lo posible.
- Integración paisajística de la actuación.

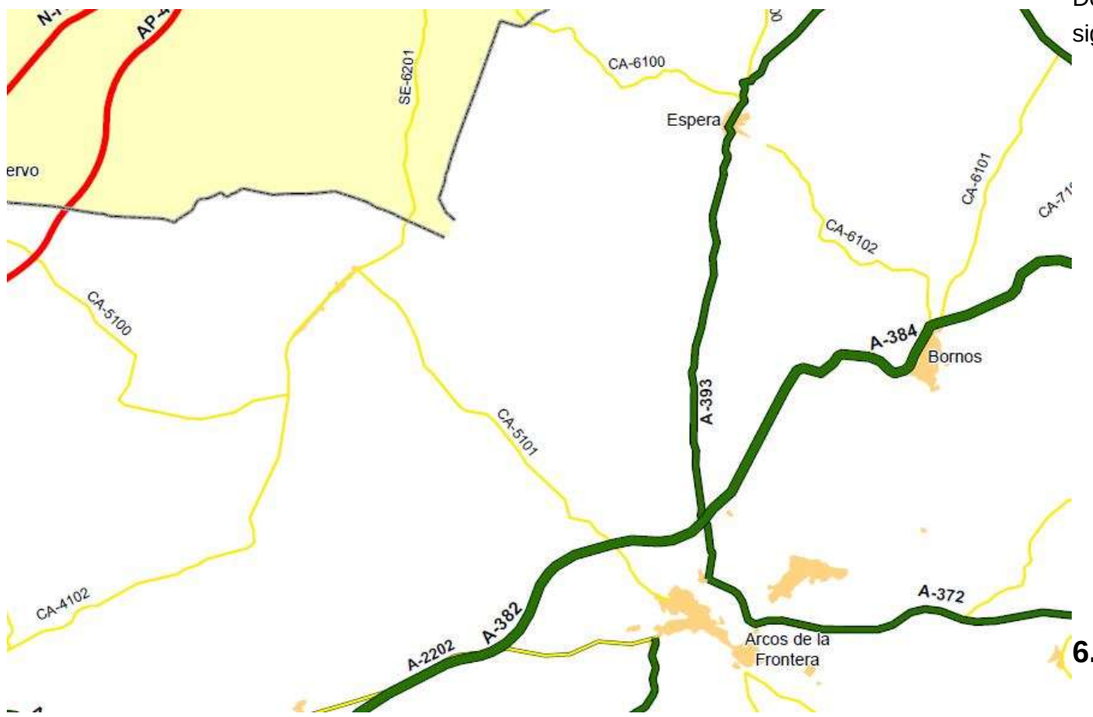



Figura 1. Mapa de Carreteras de la Provincia de Cádiz (Junta de Andalucía).

## 4. Reportaje fotográfico

En este Anejo se han incluido un total de 16 fotografías, tomadas a fecha de 14 de abril de 2016. Además, se incluye un plano de localización de las mismas, en el que se representa la orientación con la que se ha tomado cada una.

Se han elaborado fichas individualizadas correspondientes a las distintas imágenes tomadas en campo. En cada una de ellas, se realiza un breve comentario, con el fin de resaltar los aspectos más destacados que en ella aparecen.

## 5. Estudio de tráfico

Dado que el trazado de la carretera se realizó en el "PROYECTO DE TRAZADO DE LA CARRETERA CA-5101 DESDE EL P.K. 1+900 HASTA EL P.K. 12+450" (*Anejo 02. Estudio de tráfico*), no se considera realizarlo para el Proyecto de Construcción, remitiendo al primero para cualquier consideración.

De dicho *Anejo 02. Estudio de tráfico*, son de aplicación al presente Proyecto de Construcción los siguientes:

- IMD base (2014): 500 vehículos.
- Nivel de servicio mínimo: D.
- Periodo de Proyecto: 20 años.
- IMDp (2016) y prognosis del tráfico según las siguientes hipótesis de crecimiento:
  - Economía estancada.
  - Ciclo económico con depresión final.
  - Ciclo económico con depresión inicial.
  - Ciclo económico pendular.
- Porcentaje de vehículos pesados: 5,4.
- Porcentaje de vehículos de diseño: 50.
- Tráfico equivalente de proyecto: 80.000 ejes equivalentes.

## 6. Levantamiento topográfico

### 6.1. Bases cartográficas

Como base cartográfica, se han utilizado la Cartografía Oficial de Andalucía, concretamente el Mapa Topográfico de Andalucía (MTA) 1:10.000 (2013), además de la Base Cartográfica de Andalucía Básica (2013) en formato dwg. Se concibe como una base de datos de carácter topográfico a escala 1/10.000, que recoge la localización espacial de los elementos estructurantes del territorio (relieve, infraestructuras de comunicación, red hidrográfica, construcciones y poblamiento, usos del

parcelario aparente, usos del suelo, toponimia, etc.), y está orientada para su explotación mediante sistemas informáticos.

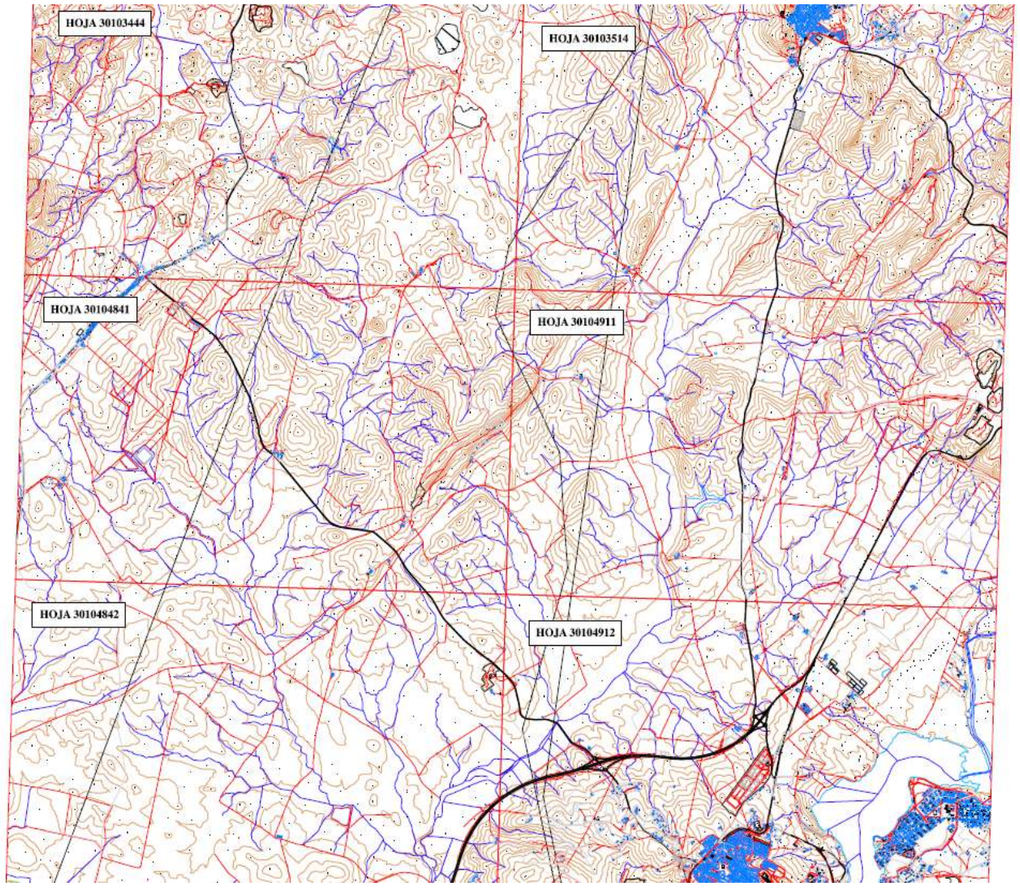



Figura 2. Composición de las hojas cartográficas utilizadas.

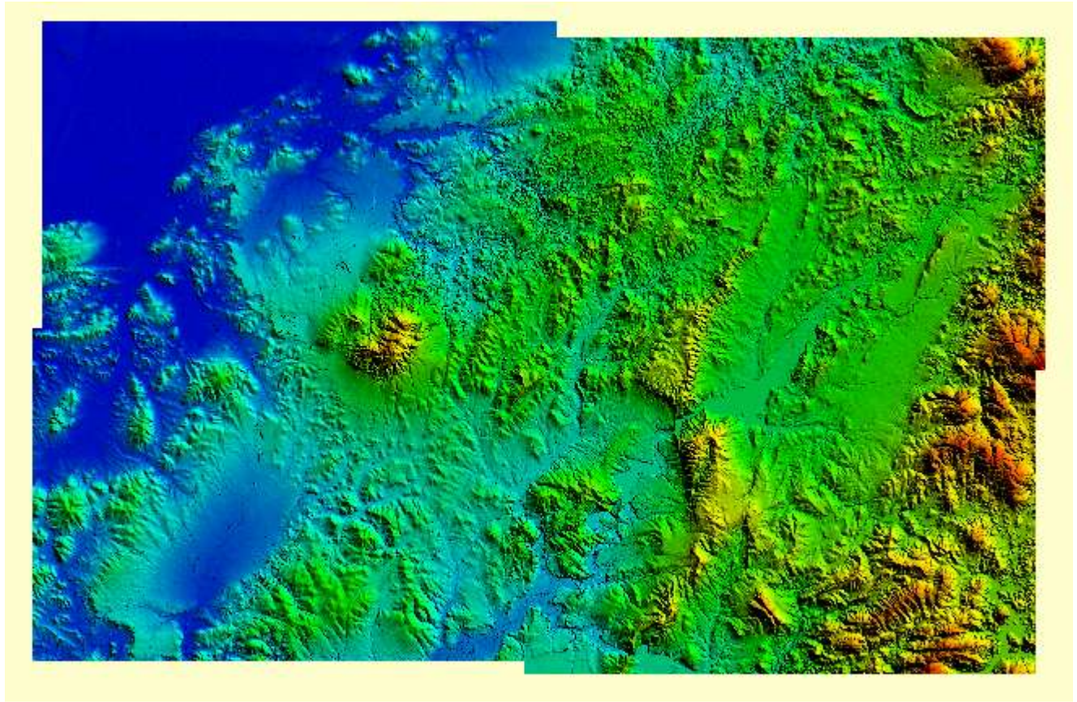
### 6.2. Bases topográficas

Con el fin de obtener un mapa topográfico de detalle, en un proyecto real se suele realizar un levantamiento topográfico. En este caso, al tratarse de un proyecto docente, ya que no se dispone de medios para llevar a cabo el levantamiento, se ha generado el mapa topográfico de una forma alternativa.

Se ha utilizado el Modelo Digital del Terreno (MDT) MDT05/MDT05-LIDAR, a partir del cual, se han generado las curvas de nivel a intervalor de metro, a través de la herramienta de GIS Global Mapper 15 (ver Figura 2). Estas curvas de nivel no se han llegado a utilizar directamente, pues los programas utilizados en los diversos anejos del proyecto admiten como datos de entrada estos MDT. Esto supone una ventaja, pues al generar las curvas de nivel, se pierde precisión en la definición del terreno, sobre todo en zonas llanas.

El Modelo Digital del Terreno se utilizará como base en los siguientes Anejos del Proyecto de Construcción:

- *Anejo 07. Trazado de la solución aceptada*, como superficie para obtener el terreno base para la carretera. A partir de él se obtendrán resultados tan importantes como los perfiles longitudinales y transversales, y los volúmenes de desmonte y terraplén.
- *Estudio hidrológico*, como base para determinar la cuenca hidrográfica del Arroyo Salado y sus propiedades.
- *Estudio hidráulico y drenaje*, para determinar la geometría de las secciones transversales del cauce y la cota de inundación alcanzada.



- Figura 3. Composición de las hojas MDT utilizadas.

## 7. Estudio hidrológico

### 7.1. Introducción

La finalidad principal de los Estudios Hidrológicos es la determinación de la avenida de diseño, requerida para trabajos de planificación o de dimensionamiento de infraestructuras. El objeto del Estudio es predecir los caudales máximos de avenida, para las distintas obras de paso del nuevo trazado de la CA-5101.

La metodología de estudio consta de los puntos siguientes:

- Caracterización climática de la zona de estudio.

- Determinación de las precipitaciones máximas anuales en 24 h, correspondientes a diferentes periodos de retorno mediante el documento “Máximas lluvias diarias en la Espala Peninsular (1999)” y el estudio estadístico de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana, verificando los resultados obtenidos con los de otras estaciones cercanas.
- Elaboración de los hidrogramas mediante el Método de los Bloques Alternos, que serán utilizados en la simulación de la cuenca.
- Modelización de la cuenca hidrográfica a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) mediante la aplicación HEC-GeoHMS (Hydrologic Engineering Center River Analisis System), delineando las cuencas vertientes con la utilización de herramientas SIG y obteniendo sus parámetros característicos, aportando precisión y fluidez a los cálculos.
- Cálculo de los caudales generados por la cuenca, por el método del Hidrograma Unitario, haciendo uso de la aplicación HEC-HMS (Hydrologic Engineering Centre Hydrologic Modelling System). Se emplea para la realización de simulaciones hidrológicas a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa.

Se han consultado los datos pluviométricos de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona objeto de estudio, siendo estas de las que se disponen datos:

- Presa de Arcos (5932I).
- Pantano de Bornos (5932).
- Bornos (5931).

En siguiente gráfico se aprecia la localización de cada una de las estaciones:

- **Figura 4. Localización de las estaciones de AEMET**

| CÓDIGO | ESTACIÓN | LONGITUD | LATITUD | UTM X | UTM Y | HUSO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5932I | PRESA DE ARCOS | 547322 | 364520 | 250727 | 4071458 | 30 |
| 5932 | PANTANO DE BORNOS | 545322 | 364750 | 253837 | 4075996 | 30 |
| 5931 | BORNOS | 544422 | 364850 | 255129 | 4077809 | 30 |

### 7.2. Precipitaciones de cálculo

En el estudio climático, se han recogido datos disponibles de las estaciones climatológicas procedentes de la Agencia Estatal de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente. Como principal criterio, se han tomado estaciones cercanas a la zona de proyecto, eliminando posteriormente las estaciones con datos no significativos (estaciones con pocos años completos o con series de pocos años de duración), siendo estas las nombradas anteriormente.

El tratamiento que se ha dado a los datos recopilados comienza con la obtención de la precipitación anual máxima en 24 horas, obteniéndose esta de los valores mensuales registrados.

El ajuste se ha realizado mediante distintas formulaciones estadísticas:

- Ajuste de Gumbel.
- Ajuste de LOG PEARSON III.

Además, se ha realizado el ajuste de precipitaciones mediante el Mapa para el cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias de la España Peninsular.

Este método utiliza la ley de ajuste SQRT-ET max, propuesto específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.

A continuación se muestra el resumen de las precipitaciones de cálculo obtenidas según las distintas metodologías anteriormente descritas, para todas las estaciones estudiadas.

| ESTACIÓN 5932I | | | |
|---|---|---|---|
| **T** | **Ajuste de Gumbel** | **Ajuste de Log Pearson III** | **Ajuste SQRT-MAX (MOPU)** |
| 2 | 55.18 | 52.38 | 50.00 |
| 2.33 | 59.64 | 55.87 | |
| 5 | 79.01 | 73.29 | 69.00 |
| 10 | 94.80 | 90.36 | 82.00 |
| 25 | 114.74 | 116.10 | 101.00 |
| 50 | 129.53 | 138.68 | 116.00 |
| 100 | 144.22 | 164.53 | 132.00 |
| 200 | 158.85 | 194.21 | 149.00 |
| 500 | 178.15 | 240.43 | 172.00 |
| 1000 | 192.74 | 281.63 | 191.00 |
| 2000 | 207.33 | 329.14 | 212.00 |
| 5000 | 226.60 | 403.35 | 239.00 |

| ESTACIÓN 5932 | | | |
|---|---|---|---|
| **T** | **Ajuste de Gumbel** | **Ajuste de Log Pearson III** | **Ajuste SQRT-MAX (MOPU)** |
| 2 | 50.04 | 48.88 | 52.00 |
| 2.33 | 53.22 | 51.85 | |
| 5 | 67.00 | 65.59 | 71.00 |
| 10 | 78.22 | 77.76 | 85.00 |
| 25 | 92.40 | 94.46 | 105.00 |
| 50 | 102.92 | 107.89 | 121.00 |
| 100 | 113.37 | 122.20 | 137.00 |
| 200 | 123.77 | 137.55 | 154.00 |
| 500 | 137.50 | 159.64 | 178.00 |
| 1000 | 147.87 | 177.87 | 198.00 |
| 2000 | 158.24 | 197.57 | 220.00 |
| 5000 | 171.95 | 226.07 | 247.00 |

| ESTACIÓN 5931 | | | |
|---|---|---|---|
| **T** | **Ajuste de Gumbel** | **Ajuste de Log Pearson III** | **Ajuste SQRT-MAX (MOPU)** |
| 2 | 52.11 | 52.40 | 51.00 |
| 2.33 | 54.76 | 55.05 | |
| 5 | 66.27 | 66.32 | 70.00 |
| 10 | 75.65 | 75.23 | 84.00 |
| 25 | 87.49 | 86.25 | 103.00 |
| 50 | 96.28 | 94.32 | 119.00 |
| 100 | 105.00 | 102.31 | 134.00 |
| 200 | 113.70 | 110.29 | 152.00 |
| 500 | 125.16 | 120.91 | 175.00 |
| 1000 | 133.83 | 129.03 | 195.00 |
| 2000 | 142.49 | 137.27 | 216.00 |
| 5000 | 153.94 | 148.36 | 243.00 |

Finalmente, tras analizar y comparar los resultados obtenidos, **se escoge el ajuste que realiza la distribución de Gumbel.** Esta elección se realiza entendiendo que los resultados obtenidos mediante los ajustes de los datos de estaciones meteorológicas son más reales que la aproximación que realiza la publicación del MOPU. Entre los dos ajustes, se ha escogido el de Gumbel, ya que obtiene valores moderados en las tres estaciones, a diferencia del Log Pearson III. Además, los valores obtenidos están dentro del orden de magnitud esperados.

### 7.3. Tormentas de proyecto

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. En este caso, las tormentas de diseño se definirán mediante hietogramas que especifican la distribución temporal de la precipitación durante la tormenta. Concretamente, para ello se utilizará el método de los Bloques Alternos.

### 7.4. Determinación de los caudales de diseño

En el Presente proyecto se ha hecho una distinción entre las distintas cuencas en función tamaño de las mismas, tal y como indica la Instrucción 5.2 - IC drenaje superficial de Carreteras.

Por un lado, se ha estudiado la cuenca principal del Arroyo Salado de Espera, que cuenta con un gran área de vertido, generando importantes caudales. Se ha realizado el estudio profundo de la cuenca en cuestión, mediante la modelización con programas de cálculo especializados. En este proyecto se ha obtenido la morfología de la cuenca hidrográfica del Arroyo Salado de Espera a partir del modelo digital del terreno descrito en el Anejo 05. Bases cartográficas y topográficas. Mediante la aplicación HEC-GeoHMS (Hydrologic Engineering Center River Analisis System), se han delineado las cuencas vertientes con la utilización de herramientas SIG, y se han obtenido sus parámetros característicos, aportando precisión y fluidez a los cálculos. El programa HEC-HMS se encuentra incluido dentro de lo que se conoce como *Proceso.* Se emplea para la realización de simulaciones hidrológicas a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa.

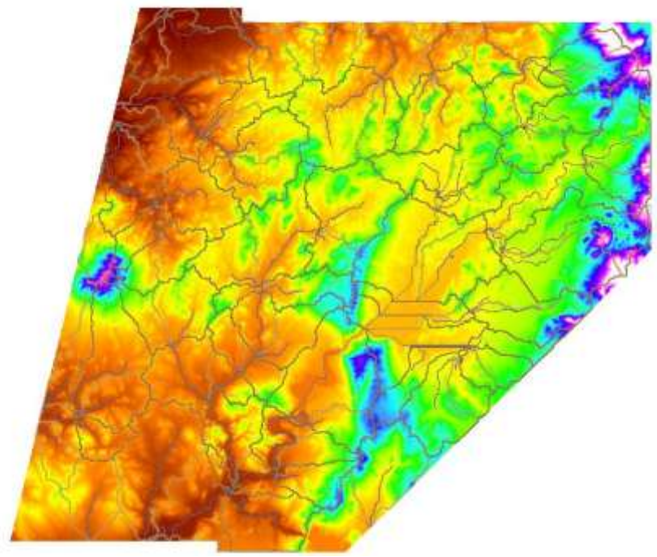


**Figura 5.Resultado del preprocesamiento del terreno.**

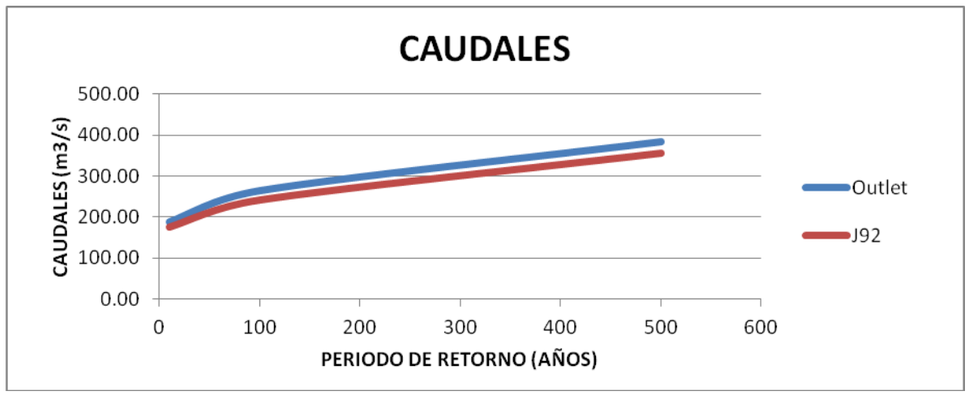
- Por otro lado, se estudiarán las distintas cuencas secundarias de menor entidad mediante el Método Racional, más simplificado que el anterior, pero aporta resultados lo suficientemente precisos como para realizar un buen estudio.

### 7.5. Caudales de diseño

**Cuenca Principal:**

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el punto de control de la cuenca, concretamente en el elemento Outlet 1, para los 3 periodos de retorno estudiados.

Como se puede observar, el caudal punta se da con un retraso del inicio de la tormenta de unas 12 horas. Estos valores se resumen en el siguiente gráfico:




| CAUDALES (M3/S) | | |
|---|---|---|
| **T** | **Outlet** | **J92** |
| 10 | 187.40 | 175.10 |
| 100 | 264.40 | 241.00 |
| 500 | 384.90 | 354.70 |

**Cuencas secundarias:**

*En la siguiente tabla se resumen los caudales obtenidos para las distintas cuencas:*

| MÉTODO RACIONAL | | | |
|---|---|---|---|
| **Q (m3/s)** | **1.42** | **0.54** | **1.32** |

## 8. Estudio hidráulico

Se ha realizado un estudio hidráulico, por un lado, con el fin de determinar la cota de inundación para los caudales que se han determinado en el Anejo *06. Estudio hidrológico*, y por otro la superficie inundada por los mismos. Con ello, se pretende establecer la tipología de la obra de drenaje transversal del cauce principal, así como sus dimensiones.

### 8.1. Modelo del arroyo Salado de Espera

En primer lugar, se ha elaborado un modelo mediante el software HEC-GeoRAS, partiendo del Modelo Digital del Terreno MDT05/MDT05-LIDAR. HEC-GeoRAS es una extensión para ArcMap desarrollada conjuntamente por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del United States Army Corps of Engineers y el Environmental System Research Institute (ESRI).

Básicamente, consiste en un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades especialmente diseñadas para procesar datos georreferenciados que permiten, bajo el entorno de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), facilitar y complementar el trabajo con HEC-RAS.

Figura 6. Geometría del cauce de HEC-GeoRAS.

### 8.2. Simulaciones con HEC-RAS

El programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) se emplea para la realización de modelos hidráulicos unidimensionales.

Este modelo permitirá la simulación del régimen del río para cualquier combinación de caudales en los diferentes tramos, de manera que se pueda deducir la elevación de la lámina de agua en todo el tramo de estudio, velocidades del flujo, así como la extensión de la zona inundable.

Las principales hipótesis asumidas en el modelo son las siguientes:

- Flujo estacionario; por tanto no hay variación del calado o la velocidad con el tiempo.
- Flujo gradualmente variado. Esto conduce a una distribución hidrostática de presiones.
- Flujo unidimensional: la única componente de la velocidad es en la dirección del flujo.
- Las pendientes deben ser pequeñas, menores de 1/10; con ello cos θ ≈1 y el calado vertical es representativo de la altura de presión.
- Los contornos son rígidos, no admitiéndose erosión o sedimentación en el cauce.

### 8.3. Estudios realizados

A continuación se describen las simulaciones de los modelos que se han llevado a cabo para el diseño de la obra de paso.

- **Simulación 1: estado actual.**

En esta primera simulación, se han calculado los calados y llanuras de inundación sin incluir ninguna obra de drenaje. Además, se ha determinado la Vía de Intenso Desagüe (VID).

Tras estudiar los resultados, se ha determinado que en la sección donde se ubica el puente, la Vía de Intenso Desagüe tiene una anchura de 80 metros, por lo que esta será la luz entre los estribos de la estructura de paso. La cota que alcanza la lámina de agua para la avenida de diseño se calculará en la siguiente simulación.

- **Simulación 2: estructura de paso.**

En este modelo, se ha incluido un puente de las características indicadas en el apartado anterior.

En una primera iteración, se ha introducido un valor estimado del tablero del puente. Tras la primera simulación, se ha establecido un resguardo de 1,33 metros, situando la cota inferior del tablero a la cota 55,5 m.s.n.m.

## 9. Geología

La carretera proyectada discurre (desde el P.K. 1+900.00 hasta el P.K. 5+722.00) afectando a los distintos materiales que se describen. En la siguiente tabla se resume el estudio geológico de la traza, representando los materiales identificados en la capa superficial:

| Hoja | P.K. Inicial | P.K. Final | Formación | Descripción | Antigüedad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1049 | 0+000.00 | 0+062.00 | 41 | Margas blancas | Terciario | Mioceno | Burdigaliense |
| | 0+062.00 | 0+446.00 | 42 | Margas grises finalmente arenosas | Terciario | Mioceno | Superior |
| | 0+446.00 | 0+934.00 | 52 | Terraza fluvial actual | Cuaternario | Holoceno | |
| | 0+934.00 | 1+058.00 | 45 | Areniscas y margas | Terciario | Mioceno | Superior |
| | 1+058.00 | 1+472.00 | 43a | Areniscas calcáreas | Terciario | Mioceno | Superior |
| | 1+472.00 | 1+733.00 | 46 | Margas verdes y grises | Terciario | Mioceno | Superior |
| 1048 | 1+733.00 | 2+000.00 | 12 | Margas verdes y grises, algo arenosas | Terciario | Mioceno | Andaluc. |
| | 2+000.00 | 2+160.00 | 11 | Calcarenitas (areniscas caláreas) y arenas amarillas | Terciario | Mioceno | Andaluc. |
| | 2+160.00 | 2+287.00 | 10 | Alternancia de margas y calcarenitas | Terciario | Mioceno | Andaluc. |
| | 2+287.00 | 3+022.00 | 9 | Margas gris-azuladas o crema, algo arenosas a techo | Terciario | Mioceno | Andaluc. |
| | 3+022.00 | 3+193.00 | 38 | Conglomerado de cantos de areniscas y calizas matriz arenosa | Cuaternario | Holoceno | |
| | 3+193.00 | 3+563.00 | 10 | Alternancia de margas y calcarenitas | Terciario | Mioceno | Andaluc. |
| | 3+563.00 | 3+822.00 | 9 | Margas gris-azuladas o crema, algo arenosas a techo | Terciario | Mioceno | Andaluc. |

Nota: P.K.'s relativos al origen del tramo proyectado.

## 10. Afecciones territoriales

### 10.1. Urbanismo

El Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) vigente en el ámbito del proyecto corresponden al municipio de Arcos de la Frontera. Se ha llevado a cabo un análisis del mismo, concluyendo que no se produce ninguna afección de carácter urbano. Cabe destacar que los planos del PGOU reflejan la presencia de la Colada de Lebrija.

### 10.2. Dominio Público Hidráulico

Se ha detectado la presencia de la masa de agua denominada como Arroyo Salado de Espera en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrológica del Guadalete-Barbate., clasificada como tramo no deslindado.

### 10.3. Red eléctrica

Se han consultado las redes eléctricas existentes en las siguientes ubicaciones:

- Red Eléctrica de España.
- Mapa Topográfico de Andalucía.
- Agencia Andaluza de la Energía.

Se ha confirmado la existencia de dos redes de 400 kV cercana al proyecto

### 10.4. Conclusiones

A la vista de los condicionantes anteriores, tan solo se detectan como afecciones las que se indican a continuación:

- Afección a la masa de agua Arroyo Salado de Espera (que actualmente ya existe) y a su Dominio Público Hidráulico.
- Posible afección a las torres de red eléctrica: a estudiar en los planos de trazado.

## 11. Trazado de la solución adoptada

### 11.1. Clase de carretera

Se ha proyectado una carretera cuya velocidad de proyecto sea 100 km/h, es decir, una carretera convencional C-100.

### 11.2. Longitudes proyectadas

En la siguiente tabla se recogen las longitudes de los tramos proyectados, constando este proyecto en concreto de un solo tramo:

| EJE PRINCIPAL | | | |
|---|---|---|---|
| **DENOMINACIÓN** | **P.K. INICIO** | **P.K. FIN** | **LONGITUD (m)** |
| Eje principal | 1+900.00 | 5+722.00 | 3.822,0 |

### 11.3. Trazado geométrico

Igualmente, en la siguiente tabla se recogen las principales características geométricas de la sección tipo.

| SECCIÓN | SECCIÓN TRANSVERSAL | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Calzada (m)** | **Arcén izquierdo (m)** | **Arcén derecho (m)** | **Berma izquierda (m)** | **Berma derecha (m)** | **Total (m)** |
| NORMAL | 7.00 | 2.50 | 2.50 | 1.00 | 1.00 | 14.00 |
| PUENTE | 7.00 | 1.50 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 10.00 |

### 11.4. Estado de alineaciones

RESUMEN DE ALINEACIONES EN PLANTA

| PK inicial | PK final | Longitud | Variación Az | Radio | A |
|---|---|---|---|---|---|
| 0+000.000 | 2+614.313 | 2614.313 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2+614.313 | 2+838.763 | 224.450 | 3.572 | 0.000 | 670.000 |
| 2+838.763 | 3+058.017 | 219.254 | 6.979 | 2000.000 | 0.000 |
| 3+058.017 | 3+282.467 | 224.450 | 3.572 | 0.000 | 670.000 |
| 3+282.467 | 4+333.238 | 1050.771 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

ALINEACIONES RECTAS

| PK inicial | PK final | Longitud | Tipo | Vp | Lmin s | Lmin o | Lmax |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0+000.000 | 2+614.313 | 2614.313 | | 100 | 139 | 278 | 1670 |
| 3+282.467 | 4+333.238 | 1050.771 | Lmin,s | 100 | 139 | 278 | 1670 |

ALINEACIONES CIRCULARES

| PK inicial | PK final | Longitud | Radio | Per ini Izq | Per fin izq | Per ini der | Per fin der | Per 3.1. IC | Vel espe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2+838.763 | 3+058.017 | 219.254 | 2000.000 | 3.83% | 3.83% | 3.83% | 3.83% | 3.83% | 155 |

CURVAS DE TRANSICION

| DATOS TRAZADO | | | | | INSTRUCCION CARRETERAS | | | | | | PARAMETROS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | A1 J | A1 J | | PERCEPCION VISUAL | | | | | |
| Alin | Longit. | Var. Azimut | Radio | A entrada | A salida | Normal | Maxima | A2 | A3 | A4 | A5 | A Normal | A Minima | A Maxima |
| 2 | 219.254 | 14.124 | 2000.0 | 670.0 | 670.0 | 345 | 345 | 0 | 670 | 560 | 595 | 670 | 670 | 821 |

COORDINACION ELEMENTOS

| Alineación | PK inicial | PK final | Longitud | Radio | Radio entrada/salida Maximo | Radio entrada/salida Minimo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 2+838.763 | 3+058.017 | 219.254 | 2000.000 | | 700.000 |

### 11.5. Estado de rasantes

RESUMEN TRAZADO EN ALZADO

| Rasante Unica | P.K. | Cota (m.) | Pendiente (%) | L entre Vértices | Parametro (Kv) | L Acuerdo (m.) | Bisectriz (m.) | Tiempos (s) | Velocidad (Km/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0+000.000 | 89.864 | -4.999 | 652.494 | | | | 23.490 | 100 |
| Tg. Entrada | 0+577.513 | 60.997 | -4.999 | | | | | | |
| Vértice | 0+652.494 | 57.249 | | | 3000 | 149.962 | 0.937 | | |
| Tg. Salida | 0+727.474 | 57.249 | 0.000 | | | | | | |
| | | | | 476.389 | | | | 17.150 | 100 |
| Tg. Entrada | 0+951.566 | 57.249 | 0.000 | | | | | | |
| Vértice | 1+128.883 | 57.250 | | | 7100 | 354.634 | 2.214 | | |
| Tg. Salida | 1+306.200 | 66.107 | 4.995 | | | | | | |
| | | | | 345.897 | | | | 12.452 | 100 |
| Tg. Entrada | 1+408.221 | 71.203 | 4.995 | | | | | | |
| Vértice | 1+474.780 | 74.527 | | | 5200 | 133.118 | 0.426 | | |
| Tg. Salida | 1+541.339 | 76.148 | 2.435 | | | | | | |
| | | | | 990.507 | | | | 35.658 | 100 |
| Tg. Entrada | 2+194.130 | 92.044 | 2.435 | | | | | | |
| Vértice | 2+465.287 | 98.646 | | | 11000 | 542.313 | 3.342 | | |
| Tg. Salida | 2+736.443 | 91.881 | -2.495 | | | | | | |
| | | | | 761.856 | | | | 27.427 | 100 |
| Tg. Entrada | 2+902.074 | 87.748 | -2.495 | | | | | | |
| Vértice | 3+227.143 | 79.637 | | | 13000 | 650.137 | 4.064 | | |
| Tg. Salida | 3+552.212 | 87.784 | 2.506 | | | | | | |

## 12. Movimientos de tierras

A continuación, se exponen las principales conclusiones del estudio de compensación de tierras y el consiguiente Diagrama de Masas resultante del mismo:

- El balance de movimiento de tierras se encuentra con un déficit de 59.894,13 $m^3$, las cuales serán aportadas desde canteras o yacimientos.

- El material no aprovechable (Margas blancas), que hace un total de 1.054,04 $m^3$ esponjados, se extraerá de la traza y en primer lugar será transportado hasta el P.K. inicial, desde el cual, será transportado a vertedero.
- El material vegetal esponjado hace un total de 43.128,70 $m^3$, y será reutilizado en la regeneración de taludes.
- Los materiales para la formación del núcleo del terraplén y las capas de asiento del firme procedentes de la traza hacen un total de 55.121,97 m3 esponjados, según los coeficientes reflejados en el Apartado 2.
- El volumen total de formación de rellenos asciende a 110.005,01 $m^3$.
- Será necesario el aporte de áridos para la elaboración de los materiales bituminosos que conforman las capas de firme, así como para la capa base de zahorra artificial.

| | MATERIAL | PROYECTO DE TRAZADO | PROYECTO DE COSNTRUCCIÓN | |
|---|---|---|---|---|
| DESMONTE | VEGETAL | 115,258.00 | 39,207.91 | |
| | INADECUADO | 958.22 | 958.22 | |
| | VARIOS | 222,278.31 | 49.39 | |
| | SELECC S2 | 5,213.44 | 5,213.44 | |
| | ADECUADO S1 | 42,366.50 | 42,359.48 | |
| | TOLERABLE S0 | 2,488.57 | 2,488.57 | |
| TERRAPLÉN | NÚCELO | 270,113.68 | 107,839.83 | |
| | SUELO SEL 1 | 2,165.18 | 2,165.18 | |
| VERTEDERO | | 958.22 | 958.22 | m3 |
| REUTILIZACIÓN | | 272,346.81 | 50,110.88 | m3 |
| REVEST. TALUDES | | 115,258.00 | 39,207.91 | m3 |
| APORTE | | - | - | m3 |
| BALANCE | | 67.96 | - 59,894.13 | m3 |

## 13. Taludes adoptados

De acuerdo con las estudios realizados, se ha adoptado para desmontes un talud de 1H:1V y para terraplenes 3H:2V.

## 14. Estructuras de paso

En este proyecto se han diseñado cada uno de los elementos que componen la estructura de paso de la carretera CA-5101 sobre el Arroyo Salado de Espera. Estos elementos son los siguientes: tablero del puente, estribos, pilas y cimentaciones.

Finalmente, se ha optado por proyectar un **puente de vigas de tres vanos isostáticos.**

### 14.1. Criterios de comprobación

El proceso general de cálculo empleado es el de los “Estados Límite” según la EHE. Las solicitaciones se determinan con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la Elasticidad.

El método de cálculo aplicado es el de los Estados Límites, en el que se pretende limitar el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

### 14.2. Modelización y cálculo de los distintos elementos

Para el cálculo de la estructura se ha empleado el programa SAP2000 v18. A continuación se describen los modelos realizados para el cálculo de los esfuerzos en los distintos elementos

- **Tablero del puente (1)**

Como se comentó anteriormente, se ha proyectado un puente de vigas de tres vanos isostáticos, por lo que solo será necesario calcular uno de ellos, pues los otros 2 tienen las mismas características.

Se ha proyectado un tablero de 5 vigas doble T equidistribuídas en su ancho, coincidiendo el borde de las dos vigas exteriores con el borde del tablero, con el fin de facilitar el proceso constructivo. En el modelo de cálculo no se ha incluido, pero se ha dado un bombeo del 2% para facilitar el drenaje transversal de las precipitaciones.

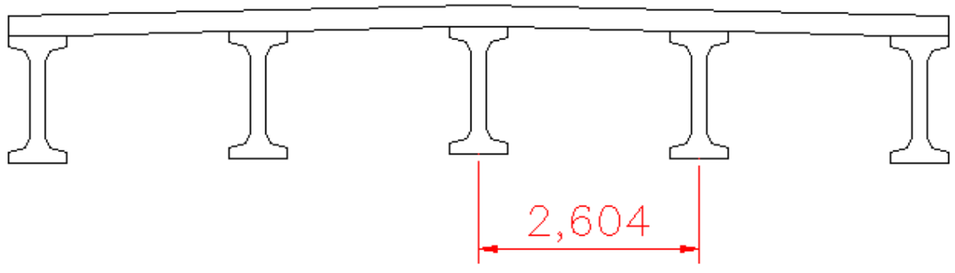



Figura 7. Sección del tablero.

El modelo de cálculo empleado es el emparrillado en 2 dimensiones.

Características del tablero:

| | | |
|---|---|---|
| **Luz de calculo** | 28.2 | m |
| **intereje vigas trans** | 1.2 | m |
| **nº de intervalos** | 23 | |
| **longitud de int const** | 27.6 | m |
| **Resto** | 0.6 | m |
| **intereje extremo** | 0.3 | m |
| **Culata** | 0.3 | m |
| **espesor losa** | 0.25 | m |

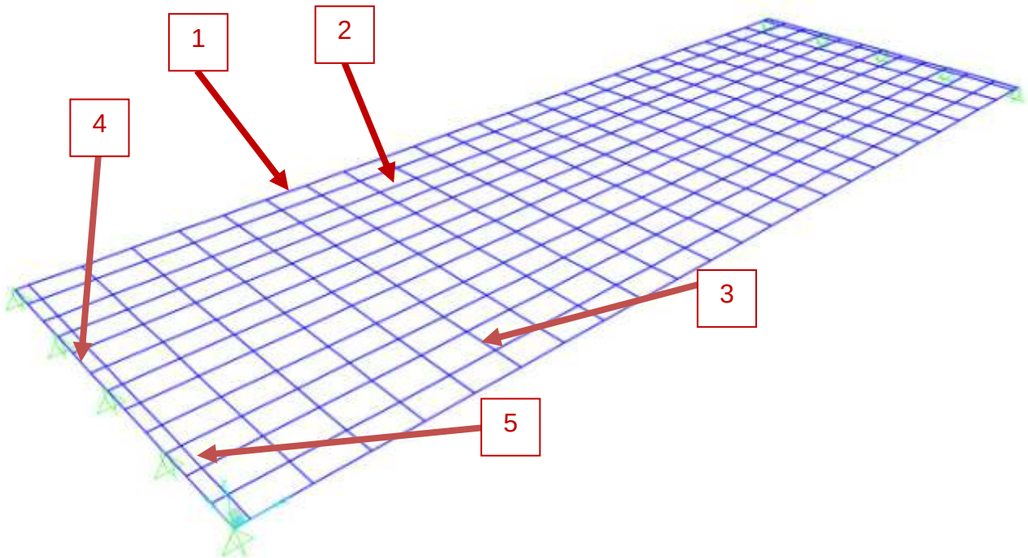



Figura 8. Discretización de elementos.

- **Tablero del puente (2)**

Con la inclusión de las cargas de frenado y viento, se completa el modelo anterior. Además, se sustituyen las condiciones de contorno rígidas del modelo anterior por unos apoyos flexibles. Para ello se ha seguido el documento "Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de los apoyos elastoméricos para puentes de carretera". De ellos se obtiene que en cada viga se dispondrá un aparato de **apoyo de neopreno de 450 x 500 x 4 (11+4).**

- **Cimentación**

Debido a la insuficiente capacidad portante del nivel de los estratos y los axiles de cálculo que provocarán, se recomienda una cimentación profunda por pilotes.

Se han realizado cálculos de la carga de hundimiento para pilotes de acuerdo a los métodos de la "Guía de cimentaciones en obras de carretera", editada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Se ha diseñado 2 grupos de pilotes:

- El primero de ellos corresponde a la cimentación de los estribos. Se ha proyectado un emparrillado con 4 pilotes de 12 metros de longitud y 0,90 metros de diámetro en una única fila para ambos estribos.

- El segundo de los grupos de pilotes corresponde a la cimentación de los apoyos 1 y 2. Se consideran las cargas actuando en los dos tableros que apoyan en dicho grupo de pilotes. Se ha proyectado un emparrillado con 12 pilotes de 14,5 metros de longitud y 1,0 metro de diámetro en una disposición de 3 filas y 4 columnas.

Se ha realizado un modelo en SAP2000 para cada uno de los casos anteriores, incluyendo en él los pilotes con el estado de cargas más desfavorable. Para ello, se han calculado las rigideces transversales de los pilotes y la rigidez por punta, y se han incluido en el modelo.

- **Pilas**

Por último, se ha elaborado un modelo de las pilas de los apoyos, igualmente, en SAP2000. La estructura consiste en 3 pilas equidistantes de 1,2 metros de diámetro, unidas mediante una cabeza de sección rectangular, redondeadas en sus extremos.

Las cargas que se han introducido son las que se obtuvieron en el modelo del tablero, y se han aplicado directamente en los puntos de apoyo de las vigas.

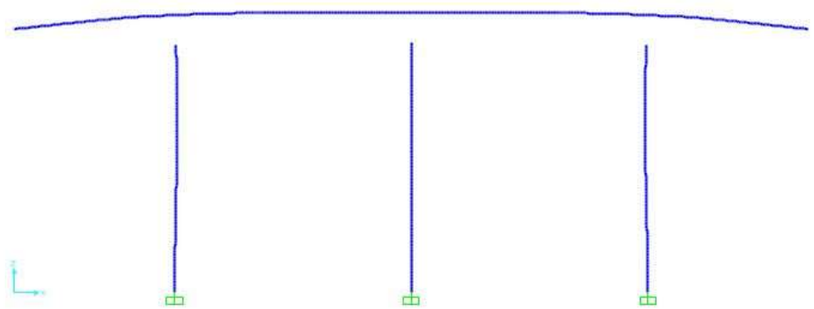


Figura 9. Deformada de la estructura de apoyo.

El cálculo de las armaduras Se efectúa por el método PARÁBOLA RECTÁNGULO a través del Prontuario Informático del Hormigón Estructural 3.1 EHE-08.

## 15. Firmes

El firme proyectado se ha calculado tanteando en el programa informático ICAFIR 2.006 obteniéndose así una sección:

Figura 10. Paquete de firme

## 16. Obras complementarias

### 16.1. Energía eléctrica y alumbrado público

Para este tipo de carretera tendremos las siguientes características de iluminación según lo establecido en la Instrucción EA-02:

- Luminancia media en servicio Lm = 1,50 cd/m²
- Uniformidad global Uo = 0.40
- Uniformidad Longitudinal Ul = 0.70
- Incremento umbral TI = 10%
- Relación entorno SR = 0.50

### 16.2. Rehabilitación de la vía pecuaria "Colada de Lebrija"

En el "Proyecto de trazado de la carretera CA-5101 desde el P.K. 1+900 al P.K. 12+450" se propone una modificación del trazado de la vía pecuaria "Colada de Lebrija", afectada por el trazado de la nueva traza de la CA-5101.

Por ello, es objeto de este proyecto la ejecución de la misma, entre los P.K. 1+900 y 5+277. Se demolerá el firme actual, y en los tramos que sea necesario se ejecutará una capa de zahorra natural de 8 metros de anchura y 25 cm de espesor, eliminando previamente la parte correspondiente de material vegetal.

### 16.3. Limpieza y terminación de las obras

Atendiendo a la O.C. 15/2003, se procederá a la limpieza y terminación de obras, consistiendo esto en la retirada de todo tipo de instalaciones o edificios de carácter temporal, así como la restauración de dichos emplazamientos conforme a su estado original.

De igual manera se deberán tratar los caminos provisionales, de acceso a préstamos, restaurándolos con una estética acorde al paisaje circundante.

## 17. Clasificación del contratista

La clasificación del contratista será la siguiente:

| CAPÍTULO | GRUPO | SUBGRUPO | E.M. (€) | % | ANUALIDAD | CATEGORÍA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| FIRMES Y PAVIMENTOS | B | d | 706,793.03 € | 23.87 | 706,793.03 € | d |
| ESTRUCTURAS Y MUROS | G | c | 895,291.66 € | 30.24 | 895,291.66 € | e |

# 18. Resumen del Presupuesto

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

**CA-5101 1+900 - 5+722**

| CAPITULO | RESUMEN | IMPORTE | % |
|---|---|---|---|
| 1 | TRABAJOS PREVIOS | 84,857.84 | 2.87 |
| | TRABAJOS PREVIOS | | |
| 2 | EXPLANACION | 469,260.44 | 15.85 |
| | EXPLANACION | | |
| 3 | DRENAJE | 92,442.67 | 3.12 |
| | DRENAJE | | |
| 4 | FIRMES Y PAVIMENTOS | 706,793.03 | 23.87 |
| | AFIRMADO | | |
| 5 | ESTRUCTURAS Y MUROS | 895,291.66 | 30.24 |
| | ESTRUCTURAS - OBRA DE PASO ARROYO SALADO DE ESPERA | | |
| 6 | SEÑALIZACION, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS | 42,602.01 | 1.44 |
| | SEÑALIZACION, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS | | |
| 7 | ORDENACION ECOLOGICA, ESTETICA Y PAISAJISTICA | 133,705.95 | 4.52 |
| | ORDENACION ECOLOGICA, ESTETICA Y PAISAJISTICA | | |
| 9 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | 336,537.95 | 11.37 |
| | OBRAS COMPLEMENTARIAS | | |
| 10 | DESVIOS PROVISIONALES AL TRAFICO | 32,308.85 | 1.09 |
| | DESVIOS PROVISONALES AL TRAFICO | | |
| 11 | TERMINACIÓN DE LAS OBRAS | 42,400.00 | 1.43 |
| 12 | ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD | 75,710.20 | 2.56 |
| 13 | CONTROL DE CALIDAD | 47,180.39 | 1.59 |
| 14 | GESTIÓN DE RESIDUOS | 1,503.00 | 0.05 |
| | **TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL** | **2,960,593.99** | |
| | 13.00% Gastos generales | 384,877.22 | |
| | 6.00% Beneficio industrial | 177,635.64 | |
| | SUMA DE G.G. y B.I. | 562,512.86 | |
| | 21.00% I.V.A. | 739,852.44 | |
| | **TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA** | **4,262,959.29** | |
| | **TOTAL PRESUPUESTO GENERAL** | **4,262,959.29** | |

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUATRO MILLONES DOSCIENTAS SESENTA Y DOS MIL NOVECIENTAS CINCUENTA Y NUEVE con VEINTINUEVE CÉNTIMOS

, a 22 DE NOVIEMBRE DE 2016.

**La dirección facultativa**