

		CLAVE:
		<b>02.803.229</b>
TIPO:	REF. CRONOLOGICA:	
<b>ANTEPROYECTO</b>	<b>11/2012</b>	

CLASE
TITULO BASICO: <b>REGULACIÓN ADICIONAL DE LA CUENCA DEL CARRIÓN</b> <b>ANTEPROYECTO EMBALSES DE LAS CUEZAS</b>

PROVINCIA:	PALENCIA	CLAVE:	34
TÉRMINO MUNICIPAL:	VARIOS	CLAVE:	-
RÍO:	CARRIÓN	CLAVE:	2012814

DIRECTOR DEL PROYECTO:	D. JOSÉ IGNACIO DÍAZ-CANEJA RODRÍGUEZ		
CONSULTOR			FECHA:
			<b>NOVIEMBRE 2012</b>

## ANEJO Nº 9. ALTERNATIVA EMBALSE DE VIDRIEROS

## REGULACIÓN ADICIONAL DE LA CUENCA DEL CARRIÓN ANTEPROYECTO EMBALSES DE LAS CUEZAS

### ANEJO Nº 9 ALTERNATIVA EMBALSE DE VIDRIEROS

#### ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>2. CONSIDERACIONES GENERALES .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CARRION .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE INCREMENTAR LA         REGULACIÓN DEL RÍO CARRIÓN Y POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>4</b>
<b>2.3. ELECCIÓN DE LA CERRADA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4. FINALIDAD DE LAS OBRAS.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5. SITUACIÓN DE LAS OBRAS. TOPOGRAFÍA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS OBRA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.7. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DE REGULACIÓN.....</b>	<b>9</b>
2.7.1. Introducción .....	9
2.7.2. Aportaciones y Regulación .....	9
2.7.3. Máximas avenidas.....	9
2.7.4. Laminación.....	10
<b>2.8. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTECNICO .....</b>	<b>10</b>
2.8.1. Introducción .....	10
2.8.2. Prospecciones y ensayos realizados.....	11
2.8.3. Marco geológico general.....	11
2.8.4. Geología .....	12
2.8.4.1. Geología de la cerrada.....	12
2.8.4.2. Geología del vaso.....	14
2.8.5. Geotecnia.....	15
2.8.6. Estudio de Materiales.....	16

<b>2.9.</b>	<b>ESTUDIO DE SOLUCIONES.....</b>	<b>16</b>
2.9.1.	Introducción .....	16
<b>3.</b>	<b>CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.</b>	<b>BASES DE DISEÑO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.</b>	<b>ANÁLISIS TENSIONAL DE LA PRESA .....</b>	<b>17</b>
3.2.1.	Esquema estructural y método de cálculo .....	17
3.2.2.	Datos básicos y solicitaciones consideradas.....	17
3.2.3.	Resultados obtenidos.....	18
<b>3.3.</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS.....</b>	<b>19</b>
3.3.1.	Presa .....	19
3.3.2.	Desagües intermedios .....	21
3.3.3.	Desagües de fondo .....	21
3.3.4.	Aliviadero.....	22
3.3.5.	Obra de desvío del río .....	22
3.3.6.	Tratamiento de la cimentación de la presa.....	22
3.3.7.	Instrumentación de la presa.....	23
3.3.8.	Obras accesorias.....	24
3.3.9.	Caminos de acceso y reposición de servidumbres.....	24
3.3.10.	Expropiaciones y servicios afectados .....	25
<b>4.</b>	<b>EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.</b>	<b>INSTALACIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>5.</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1.</b>	<b>PRECIOS UNITARIOS .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2.</b>	<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL .....</b>	<b>27</b>
<b>6.</b>	<b>DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO DEL AÑO 1.991.....</b>	<b>28</b>
<b>7.</b>	<b>APÉNDICE 1. AFECCIONES PRODUCIDAS POR EL EMBALSE DE VIDRIEROS.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aportaciones medias de la cuenca del río Carrión están reguladas por los embalses de Camporredondo y Compuerto, con el apoyo del trasvase desde el embalse de Besande a Compuerto.

Las aportaciones en la zona alta de la cuenca exceden ampliamente al volumen regulado anualmente por estos embalses, lo que ha llevado desde tiempo atrás a plantear la necesidad de buscar nuevas soluciones para incrementar la capacidad de regulación de los propios recursos excedentes en la cuenca para atender las demandas.

Una de las soluciones que se han planteado para incrementar el volumen de regulación consiste en la construcción del embalse de Vidrieros. Esta solución ya se planteó en el año 1984 y fue desestimada después de ser adjudicada debido a que la declaración de impacto ambiental resultó negativa.

En el estudio de regulación (Anejo nº 3) y en el anejo del estudio de soluciones (Anejo nº 4) de este trabajo ya se indica que el embalse de Vidrieros no es suficiente por sí mismo para satisfacer las demandas. Esto es debido a que los volúmenes que regula son exclusivamente los de cabecera, no siendo regulados algunos cauces con aportaciones importantes al río Carrión, como pueden ser el río Cueva y sus afluentes. En el estudio de regulación se ha obtenido que las aportaciones del río Carrión son suficientes para llenar el embalse de Vidrieros durante pocos años por lo que se considera que no es la alternativa más adecuada. No obstante se ha revisado toda la documentación relativa al embalse de Vidrieros y se ha realizado este anejo con las características básicas del mismo.

En el estudio de soluciones, también se valoró la posibilidad de reducir la altura del embalse en 12 metros, con lo que la cota de Máximo Embalse Normal quedaría a la cota 1.410,00 msnm, lo que requeriría una presa de 77,5 metros de altura y se lograría un volumen de embalse de 65 hm<sup>3</sup>. El objetivo de esta solución es reducir el impacto ambiental con respecto al embalse original que tuvo declaración de impacto ambiental negativa, pero en estudio de regulación del sistema se ha comprobado que esta regulación resulta ser insuficiente para satisfacer las demandas de la cuenca.

Este anejo se ha redactado con el objetivo de revisar y recopilar toda la información relativa al embalse de vidrieros para introducirlo en el análisis de alternativas. En el estudio de alternativas se han valorado todas las alternativas para cuantificar la capacidad de regulación y el coste de cada una con el fin de identificar la mejor alternativa desde el punto de vista técnico-económico.

## 1.1. ANTECEDENTES

Para la redacción del presente anejo, se han revisado los Anteproyectos de Recrecimiento de los embalses de Camporredondo y Compuerto redactados por la empresa Compañía General de Sondeos S.A. en el año 1.999, y también se han consultado los proyectos del embalse de Vidrieros, redactados por INTECSA en el año 1.984 y por FERROVIAL S.A. en el año 1.991.

Debido al déficit existente y con el fin de incrementar la regulación del río Carrión, en noviembre de 1.984 se redactó el Proyecto de la Presa de Vidrieros en el río Carrión, con la pretensión de construir una presa en este río aguas arriba del embalse de Camporredondo. Con este nuevo embalse, más el trasvase existente desde el río Besande a Compuerto, más los actuales embalses de Camporredondo y Compuerto, se conseguirían regular unos 355 hm<sup>3</sup>/año, lo que supondría un aumento en la capacidad de regulación del 22%.

Celebrado el concurso para la adjudicación de las obras, con fecha 14 de enero de 1.991 se seleccionó una de las propuestas. Aunque el Proyecto no estaba legalmente afectado por el RD 1.131/1988, que aprueba el Reglamento para la ejecución del RD 1.302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental, con fecha 27 de noviembre de 1990 en la Comisión de Industria del Congreso se acuerda que se interese al Gobierno para que completase el Estudio de Impacto Ambiental del Embalse de Vidrieros.

Por este motivo, en el Proyecto de Construcción se incluyó la Evaluación del Impacto Ambiental. Posteriormente, con fecha 2 de julio de 1.993 se publicó en el BOE la resolución de la Dirección General de Política Ambiental, por la que se hacía pública la declaración de impacto ambiental, en la que se informaba desfavorablemente el Proyecto, motivo por el cual se paralizó por completo esta alternativa.

En el anteproyecto redactado en 1.999 “Estudio de regulación adicional de la cuenca del Carrión y afluentes” por la empresa Compañía General de Sondeos S.A. se estudió y se descartó la solución de construir el embalse de Vidrieros debido al informe desfavorable de la Dirección General de Política Ambiental del año 1.993.

Para la redacción de este anteproyecto se ha revisado y se ha reproducido parte del contenido en el proyecto de construcción de la presa de Vidrieros del año 1.991, con clave 02.128.148.

## 2. CONSIDERACIONES GENERALES

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CARRION

El río Carrión nace en la laguna de Fuentes Carrionas (2.230 m) próximo a Peña Prieta (2.536 m) recorriendo en su primer tramo la vertiente Norte del Curavacas (2.520 m.). Esta circunstancia produce unas aportaciones relativamente importantes y tardías en la cuenca superior del río Carrión, al recoger el agua de deshielo de la vertiente norte de este pico, por encima de la cota 1.500.

El itinerario del río Carrión es el siguiente:

PK	DESCRIPCIÓN
0,000	Nacimiento del río, en la laguna de Fuentes Carrionas.
12,300	Comienzo del embalse de Vidrieros (objeto de este anejo).
19,500	Presa de Vidrieros (objeto de este anejo).
24,390	Comienzo del embalse de Camporredondo, en Triollo.
30,785	Presa de Camporredondo y comienzo del Embalse de Compuerto.
41,535	Presa de Compuerto.
46,300	Desembocadura del río Besande (o Grande).
48,405	Presa de Villalba.
59,975	Salto de Villalba. Comienzo de riegos particulares.
72,975	Salto de Acera de la Vega. Fin de riegos particulares y comienzo de la zona de Carrión-Saldaña.
116,895	Fin de la zona regable de Carrión-Saldaña y comienzo de la zona regable del Bajo Carrión.
144,335	- Cruce a nivel con el Canal de Castilla. Comienzo de las zonas regables de Palencia (margen izquierda) y la Retención (margen derecha).
168,000	Unión con el río Valdeginete. Sigue la zona regable de Palencia (margen izquierda), fin de la zona regable de la Retención (margen derecha) y comienzo de la zona regable del Canal de Castilla -Ramal Sur (margen derecha).
188,965	Desembocadura en río Pisuerga, en Dueñas. Fin de la zona regable de Palencia (margen izquierda) y del C. de Castilla -R.S. (margen derecha).

Se han revisado los proyectos del embalse de Vidrieros, redactados por INTECSA en el año 1.984 y el constructivo por FERROVIAL S.A. en el año 1.991 y se han considerado en su mayor parte para la correcta valoración de las obras. Las normas que regían en las fechas de redacción de los proyectos se cumplieron estrictamente, pero no se ha considerado necesario actualizar el proyecto a la normativa actual porque sería necesario rediseñar algunos elementos y a efectos de valoración de las obras, esta actualización de normativa apenas tendría incidencia. Los antecedentes de dicho proyecto son:

- 25 de septiembre de 1.979. Informe del Ingeniero encargado del sistema Carrión Pisuerga, en el que se expone la necesidad de mejorar la regulación del río Ca-

rrión, dada la escasez de volumen regulado en relación con la superficie regable. Se apuntaba la posibilidad de construir dos embalses, uno en el río Besande, y otro en el Carrión, aguas arriba del de Camporredondo.

- 07 de julio de 1.981. Informe del Ingeniero encargado del Canal de Castilla, sobre incremento de capacidad de este Canal, en el que se vuelve a exponer la necesidad de incrementar la regulación del río Carrión.
- 30 de junio de 1.983. Publicación en el Boletín Oficial del Estado de la ley 6/1983 de 29 de Junio, sobre medidas excepcionales para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos escasos a consecuencia de la prolongada sequía.
- 23 de julio de 1.983. Corrección de erratas de la Ley 6/1.983.
- 5 de enero de 1.984. Publicación en el B.O.E del Decreto-Ley 9/1.983 de 28 de Diciembre, para aprovechamiento de los recursos hidráulicos escasos a consecuencia de la prolongada sequía, en el que se incorpora al Plan General de Obras Públicas la presa de Vidrieros.
- 1 de marzo de 1.984. Autorización de la Dirección General de Obras Hidráulicas para redactar el Proyecto.
- 14 de febrero de 1.984. Adjudicación a Intecsa de la asistencia técnica para redacción del proyecto.
- Abril de 1.991. Redacción del proyecto de construcción de la presa de Vidrieros por Ferrovial S.A.

## **2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE INCREMENTAR LA REGULACIÓN DEL RÍO CARRIÓN Y POSIBLES SOLUCIONES**

En el anejo nº 3 de este anteproyecto se ha incluido un estudio de regulación conforme a los criterios establecidos por el Plan Hidrológico de cuenca. En este anejo se ha realizado un análisis de las aportaciones y las demandas del río Carrión en todos los escenarios y alternativas posibles. Del análisis realizado para todos los escenarios y para la alternativa de la construcción del embalse de Vidrieros se extraen las siguientes conclusiones:

1. Se requieren unos 100 hm<sup>3</sup> de regulación adicional en el río Carrión, pero no pueden concentrarse en cabecera, puesto que las aportaciones regulables 1 son claramente inferiores a la demanda neta total a servir desde el Carrión. Por esta razón, la solución de Vidrieros de 98,5 hm<sup>3</sup> no es suficiente para atender las demandas. En las hipótesis que incluyen Vidrieros este embalse se llena muy pocos años obteniéndose los mismos

resultados si Vidrieros se limita a 50 hm<sup>3</sup>, por falta de aportaciones regulables. Por este motivo, si bien la alternativa del embalse de Vidrieros se ha estudiado con una capacidad de 65 hm<sup>3</sup>, a efectos de regulación solamente se ha considerado con 50 hm<sup>3</sup>. Por ello, la regulación máxima en cabecera – Vidrieros más recrecimientos de Camporredondo y Compuerto (125 hm<sup>3</sup> adicionales) – no es suficiente para atender las demandas.

2. Si se combina un aumento en cabecera con embalses aguas abajo, en las Cuezas o balsas, con más aportaciones regulables, se puede obtener una solución satisfactoria. Por ejemplo, la combinación de Vidrieros y embalses de las Cuezas cumple el criterio de garantía.

3. Por lo tanto, habría que refinar soluciones de combinación de los recrecimientos o Vidrieros más pequeño con balsas y/o embalses en las Cuezas.

### 2.3. ELECCIÓN DE LA CERRADA

Se han estudiado todas las posibles soluciones para incrementar el volumen regulado en el río Carrión. De partida, y para este fin, resulta inviable la regulación de los afluentes del río Carrión aguas abajo de Compuerto, ya que no existen condiciones topográficas adecuadas, siendo necesario inundar grandes superficies de terreno, situadas en las vegas de los ríos o arroyos, correspondiendo a las únicas tierras que se riegan, aunque sea de forma precaria, en pueblos que no disponen de otro regadío. Por otra parte, sería poco justificable regular estos ríos o arroyos, y no poner en riego las márgenes inmediatas aguas abajo.

También resulta inviable la regulación en el cauce del río Carrión entre Velilla y su final, por afectar a la zona regable y poblaciones, aparte de que no existen cerradas adecuadas.

Únicamente se podría regular el río Besande en la margen derecha del río Carrión. Sin embargo la geología de la zona hace desaconsejable la construcción de un embalse en este río, que fue estudiado y desechado por el MOPU a mediados de los años setenta. De hecho, la presa construida por Iberduero en este río, que embalsa 2,5 hm<sup>3</sup> tiene graves problemas de impermeabilidad.

Por lo tanto cualquier solución pasa por el incremento de regulación dentro de la cuenca del embalse de Compuerto.

De todas estas alternativas estudiadas, se deduce que el posible incremento de la regulación del río Carrión hay que conseguirle construyendo algún embalse aguas arriba de Camporredondo, en el río Carrión, ya que el otro río existente, el Cardaño, debe desecharse por discurrir por una zona de calizas con bastantes cavernas.

En todo el recorrido el río Carrión, desde Triollo hacia aguas arriba, solamente existe una posible cerrada, situada a 2 km. aguas arriba del pueblo de Vidrieros, que sin ser excesivamente buena desde el punto de vista topográfico, aparentemente reúne unas condiciones excelentes para cimentar cualquier tipo de presa, como posteriormente se ha confirmado por los sondeos, calicatas y estudio geotécnico realizados.

Para la elección de la altura de la presa y el caudal de trasvase que optimizan el sistema, se ha utilizado un modelo de simulación que considera el total del futuro sistema de regulación formado por los embalses de Compuerto, Camporredondo, Besande y vidrieros y el trasvase Besande-Compuerto.

Se ha empleado el modelo denominado SIM-V del Departamento de Recursos Hidráulicos de Texas (USA) tanteando diferentes valores de demanda de riego, volúmenes del futuro embalse y caudal de trasvase, para diferentes estrategias de explotación.

Los resultados de estos estudios han conducido a una solución óptima desde el punto de vista de la regulación para el embalse de Vidrieros, con una capacidad de 98,5 hm<sup>3</sup> y caudal medio de trasvase de 5 m<sup>3</sup>/seg.

Para conseguir este volumen es necesario construir una presa de 89,5 m. con un vaso que llegará hasta las proximidades del arroyo Arauz e inundará 328 ha.

La construcción de la presa se ha decidido en una zona en la que indudablemente existe una sobrecarga de obras de regulación, debido fundamentalmente a ser la zona en la que la topografía y geología permite construirlas.

El embalse inundará un tramo de río en el que existe un coto de pesca de trucha común, y estará situado dentro de la Reserva Nacional de Fuentes Carrionas.

Del total de superficie inundada, 328 ha., hay unas 5 ha., de repoblación de coníferas, siendo el resto el 50% de praderas naturales, que actualmente no se riegan, y de pastizales invadidos de matorral, de valor absoluto poco importante, pero que pueden tener importancia en la ganadería de la zona, fundamentalmente de los pueblos más afectados: Vidrieros y Resoba.

## **2.4. FINALIDAD DE LAS OBRAS**

El embalse de Vidrieros tiene como finalidad principal completar el déficit de agua necesaria para el regadío de la cuenca del Carrión, de la cual el 70 % se irriga actualmente con los embalses de Compuerto y Camporredondo.

Los beneficios que reportaría la construcción de dicho embalse son evidentes, ya que permitirá aumentar los recursos regulados por el río Carrión con el consiguiente incremento y mejora de la riqueza de la zona mediante un aumento de las dotaciones y de la superficie de los regadíos de la zona del Carrión-Pisuerga.

Las unidades de obra son fundamentalmente las siguientes:

- Presa con aliviadero, desagües intermedios y de fondo.
- Obra de desvío del río.
- Tratamiento de la cimentación de la presa.
- Auscultación de la presa.
- Edificios para la Administración.
- Caminos de acceso y reposición de servidumbres.

## 2.5. SITUACIÓN DE LAS OBRAS. TOPOGRAFÍA

La presa de Vidrieros está ubicada en el río Carrión inmediatamente aguas arriba del pueblo de Vidrieros que da nombre a la presa, en la provincia de Palencia. Se accede a la cerrada actualmente a partir de un camino sin asfaltar que parte de Vidrieros.

Para la realización del Proyecto del año 1.991 se realizaron levantamientos fotogramétricos de la cerrada y el vaso a escalas 1/500 y 1/5.000 respectivamente. Esta cartografía se ha completado y verificado con la cartografía disponible en el Centro de Información Territorial de la Junta de Castilla y León a escala 1/10.000. Adicionalmente, durante los años 2.010 a 2.012 se han realizado varias visitas al emplazamiento de las obras para verificar los servicios afectados.

## 2.6. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS OBRA

a) Embalse.

Cuenca aportadora	82 km <sup>2</sup> .
Aportación media anual	91 hm <sup>3</sup> .
Volumen	98,5 hm <sup>3</sup> .
Nivel Máximo de Explotación	1.422,00 msnm.
Nivel Mínimo de Explotación	1353,00 msnm.
Máximo nivel de avenidas	1423,70 msnm.
Superficie en M.E.E.A	328 ha.

b) Presa.

Tipo	Gravedad
Cota de coronación	1.425,00 msnm.
Altura máxima de presa sobre cimientos	89,50 m.
Anchura de coronación	9,5 m.
Longitud total de coronación	511 m.
Volumen total de hormigón	504.587 m <sup>3</sup> .
Volumen total de excavación	126.179 m <sup>3</sup> .

c) Aliviadero

Tipo	Vertedero de labio fijo sobre coronación
Avenida de diseño	500 años
Caudal de diseño	310 m <sup>3</sup> /s.
Longitud de vertido	60 m.
Número de vanos	4
Cota umbral de los vanos	1.422,00 msnm.

d) Desagües intermedios

Número de desagües	2
Dimensiones de cada conducto	Rectangular de 1,0x0,8 m. y circular de diámetro 1,2 m.
Situación	Bloque XV
Cota de eje	1.367,50 m.
Control (por cada conjunto)	2 válvulas compuerta tipo Bureau de 1,0x0,8 m. y válvula de tipo Howell-Bunger de 1,0 m. de diámetro.
Capacidad máxima por conjunto	36,80 m <sup>3</sup> /s.

e) Desagües de fondo

Número de desagües	2
Dimensiones de cada conducto	Rectangular de 1,25x1,0 m. y circular de diámetro 1,5 m.
Situación	Bloque XV
Cota de eje	1.353,00 m.
Control (por cada conjunto)	3 válvulas compuerta tipo Bureau de 1,25x1,0 m.
Capacidad máxima por conjunto	64,24 m <sup>3</sup> /s.

## **2.7. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DE REGULACIÓN**

### **2.7.1. Introducción**

El estudio hidrológico realizado determina los volúmenes regulados por el nuevo sistema de regulación del Alto Carrión formado por los embalses ya construidos de Compuerto, Camporredondo y Besande, el futuro embalse de Vidrieros objeto de este proyecto y el trasvase de Besande a Compuerto.

Los hidrogramas de avenida para diferentes periodos de retorno con objeto de dimensionar los órganos de desagüe de la presa.

No se ha realizado un nuevo estudio hidrológico específico para este embalse ya que esto obligaría a revisar muchos de los parámetros de diseño de la presa. Se ha revisado el estudio hidrológico realizado en el año 1.991 y se ha verificado su validez. La información completa se encuentra en el anejo nº 2 “Estudio hidrológico y de regulación” del proyecto del año 1.991 con clave 02.128.148.

### **2.7.2. Aportaciones y Regulación**

El estudio de regulación completo se encuentra en el Anejo nº 3 del presente anteproyecto. Este estudio de regulación concluye que se requieren unos 100 hm<sup>3</sup> de regulación adicional en el río Carrión, pero no pueden concentrarse en cabecera, puesto que las aportaciones regulables 1 son claramente inferiores a la demanda neta total a servir desde el Carrión. Por esta razón, la solución de Vidrieros de 98,5 hm<sup>3</sup> no es suficiente para atender las demandas. En las hipótesis que incluyen Vidrieros este embalse se llena muy pocos años obteniéndose los mismos resultados si Vidrieros se limita a 50 hm<sup>3</sup>, por falta de aportaciones regulables. Por este motivo, si bien la alternativa del embalse de Vidrieros se ha estudiado con una capacidad de 65 hm<sup>3</sup>, a efectos de regulación solamente se ha considerado con 50 hm<sup>3</sup>. Como conclusión, la regulación máxima en cabecera – Vidrieros más recrecimientos de Camporredondo y Compuerto (125 hm<sup>3</sup> adicionales) – no es suficiente para atender las demandas.

### **2.7.3. Máximas avenidas**

El estudio de las máximas avenidas en el proyecto del año 1.991 se realizó partiendo de las series pluviométricas correspondientes a la precipitación máxima en 24 horas obtenidas en dieciocho estaciones pluviométricas de la zona. Mediante un ajuste de Gumbel de estos valores y para cada estación se obtuvieron las precipitaciones máximas en 24 horas correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Se ha revisado este estudio de avenidas y se ha verificado su validez, por lo que no se ha considerado necesario rehacerlo de nuevo.

La generación de hidrogramas se realizó por el método del hidrograma unitario, utilizando el hidrograma sintético de Clark. Además se realizó una comparación de los resultados obtenidos a partir de las estaciones pluviométricas, con los máximos registrados en el embalse de Camporredondo para lo cual se realizó un ajuste de Gumbel de estos valores multiplicándolos por 0,37 (relación de superficies de cuencas de Vidrieros y Camporredondo) para así referirlas al punto de ubicación de la presa de Vidrieros.

Las avenidas obtenidas por este sistema son las siguientes:

Periodo de retorno (años)	Caudal punta (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (hm <sup>3</sup> )
5	242	3,2
25	387	5,2
50	462	6,2
100	516	7,0
500	670	9,1
1000	753	10,3

#### **2.7.4. Laminación**

Finalmente se realizó un estudio de la laminación del hidrograma de avenida correspondiente a un período de retorno de 500 años para diferentes longitudes de aliviadero con el fin de dimensionar éste.

Se ha determinado que la longitud óptima de aliviadero resulta ser de 60 metros, logrando un caudal máximo de desagüe de 277 m<sup>3</sup>/s. con una sobreelevación de 1,67 metros.

### **2.8. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTECNICO**

#### **2.8.1. Introducción**

Los estudios geológicos y geotécnicos llevados a cabo para la realización del Proyecto de la presa de Vidrieros del año 1.991 se programaron para definir las características litológicas y estructurales, así como la distribución del substrato rocoso que soportará la obra proyectada. Se ha considerado que la información de ese proyecto es suficiente para la redacción del presente anteproyecto.

Desde el punto de vista geotécnico se definieron las características resistentes, deformabilidad y grado de permeabilidad de la roca en la zona de la cerrada, así como la situación y naturaleza de las formaciones geológicas y estructura general en el área del vaso y zonas próximas con vistas a situar posibles zonas inestables y de extracción de materiales para la construcción de las obras.

### 2.8.2. Prospecciones y ensayos realizados

Para obtener la suficiente información se realizó una campaña de reconocimientos geológicos-geotécnicos que consistió en los siguientes trabajos:

- Recopilación y análisis de la información geológica-geotécnica disponible.
- Estudio fotogeológico a escala 1/20.000 en el vaso y 1/4.000 en la cerrada de la presa.
- Reconocimientos geológicos in situ con toma de medidas de la orientación buzamiento de las discontinuidades así como de sus características geométricas y geomecánicas.
- Reconocimiento en la zona de ubicación de la cerrada, mediante la ejecución de 10 sondeos mecánicos a rotación, con extracción continua de testigos, en los que se ejecutaron ensayos de permeabilidad Lugeon.
- Reconocimiento geofísico de la margen derecha y fondo del valle en la zona de la cerrada mediante sísmica de refracción.

En el anejo nº 3 del proyecto de 1.991 se incluyen los gráficos de las columnas, obtenidas en los sondeos, con el corte geológico, la descripción litológica y profundidad de cada material atravesado, grado de meteorización, índice R.Q.D., fracturación e índice de resistencia.

Las cajas de testigos, una vez finalizados los sondeos, fueron guardadas para su conservación.

Con las muestras de roca de las formaciones más significativas y de los rellenos de fallas se realizaron los ensayos que a continuación se describen y el número de unidades indicadas:

Granulometrías por tamizado	2
Granulometrías por sedimentación	1
Análisis mineralógico mediante difracción de rayos X	1
1.Compresiones simples	5
Compresiones simples con medida de deformación	1
Ensayos de carga puntual	15
Densidades secas	9
Ensayos de rozamiento básico	25

### 2.8.3. Marco geológico general

Geológicamente el área de ubicación de la presa pertenece a la parte suroriental de los afloramientos paleozoicos de la Cordillera Cantábrica, en la denominada unidad del

Pisuerga-Carrión. Dentro de esta unidad pueden distinguirse la zona de Cardaño-Resoba y la unidad alóctona del Espigüete al Sur y la unidad alóctona de Cardaño Arauz o Alto-Carrión que incluye sedimentos carboníferos concordantes y el sinclinal carbonífero discordante de Cintos, al Norte. En esta última unidad alóctona y afectando a los materiales discordantes carboníferos queda enmarcada el área del vaso y de la presa.

La estructura general está formada por cabalgamientos y pliegues vergentes al Sur y deformados por una segunda generación de pliegues abiertos de gran radio de curvatura. Los materiales carboníferos discordantes, que constituyen el sinclinal de los Cintos y que cubre parcialmente las formaciones anteriores, solo han sido deformados por la segunda generación de estructuras y se sitúa en la parte central de la zona del vaso ocupando una extensa área con orientación de eje ONO-ESE e inmersión ESE.

## **2.8.4. Geología**

### **2.8.4.1. Geología de la cerrada**

La cerrada presenta la siguiente litología:

#### **a) SUBSTRATO ROCOSO**

- Devónico

#### Formación Murcia (Fameniense)

Está constituida por bancos de cuarcitas y areniscas cuarcíticas bien estratificadas con potencias de 1 a 2 m. de color gris oscuro o beige con esporádicas intercalaciones de niveles pizarrosos negros de espesores centimétricos o decimétricos con algún nivel aislado de 4-5 m. de espesor.

Sobre el plano geológico de la cerrada, la anchura del afloramiento cuarcítico es del orden de 500 m, unos 200 m. hacia la margen izquierda y unos 300 m. hacia la margen derecha.

#### Formación Vidrieros (Famaniense)

Está constituida por una alternancia de calizas nodulosas y arcillosas frecuentemente tableadas, que alternan con niveles de pizarras calcáreas, y que contienen cristales de pirita, predominando los niveles pizarrosos en la parte baja y alta de la serie.

Estos materiales se sitúan concordantemente sobre la formación anterior en un paquete de unos 80 m. de anchura sobre el plano geológico, aunque su espesor real no parece ser superior a los 40 m.

- Carbonífero

Formación Vegamian (Tournaisiense)

Constituido por pizarras negras, con niveles milimétricos de liditas, nódulos fosfatados en lechos esporádicos y hacia el techo delgados niveles de piritas. Su anchura sobre el plano geológico es de unos 100 m., aunque su potencia real no será superior a 40 m.

Formación Curavacas (Westfaliense)

Constituido por una potente formación de conglomerados, de cantos cuarcíticos redondeados, con abundante matriz arenosa y cemento silíceo. Se presenta en bancos potentes o masivos con estratificación irregular. Su potencia es superior a los 500 m. Se dispone discordante sobre la formación anterior en contacto por falla.

b) FORMACIONES SUPERFICIALES

Las formaciones recientes superficiales que cubren parcialmente el substrato rocoso pueden agruparse en los siguientes tipos.

- Bolos, bloques y gravas de poco espesor en el cauce del río Carrión.
- Suelos superficiales de alteración en zonas de ladera fundamentalmente arenolimosos.
- Derrubios de ladera y conos de deyección de bloques cuarcíticos que se sitúan sobre todo en la ladera y pie de la margen izquierda.
- Coluviales de ladera de bloques y bolos con matriz areno - limosa que se sitúan fundamentalmente en la ladera de la margen derecha.
- Cono de deyección del barranco afluente de la margen derecha, constituido por bloques, bolos y gravas con arenas y limos.
- Depósitos de terrazas en ambas márgenes del río Carrión constituidas por bloques y bolos con escasa matriz areno-limosa.

*Estratificación*

Constituye la discontinuidad más desarrollada. Su orientación es bastante constante con una dirección de buzamiento media de 35° y buzamiento de 75° en ambas márgenes.

*Diaclasas*

El diaclasado que presenta muy desarrollado con persistencias de largo recorrido, a veces muy netas y otras pasando unas diaclasas a otras sin solución de continuidad.

En la margen derecha las familias de diaclasas principales son:

J2: 202°/42°

J3: 2552/18°

J4: 2932/80°

J5: 2102/75°

En el margen izquierda tenemos las siguientes familias:

J1: 2102/20°

J2: 2602/25°

J3: 3002/80°

J4: 1302/70°

J5: 3102/35°

J6: 752/30°

J7: 802/88°

#### *Fallas y estructuras*

Se observan dos fracturas importantes:

- Una fractura se sitúa en el paquete cuarcítico de dirección ONO-ESE algo oblicua al cauce del río pero que coincide con el mismo en un tramo de largo recorrido. Presenta buzamiento fuerte hacia el NO, y parece afectar al paquete cuarcítico repitiendo la serie de uno a otro lado del valle, lo que explicaría la anchura considerada de las cuarcitas en esta zona. La falla que puede tener una anchura de 2-3 metros aparece rellena de milonito de pizarra y areno-limoso con alguna grava cuarcítica y brecha muy cimentada por cuarzo. Esta fractura aparece acompañada por otra paralela de algo menor anchura.
- Otra falla inversa paralela a la anterior con buzamiento hacia el NO se sitúa a unos 260 m. del cauce en la margen izquierda haciendo cabalgar la formación de las cuarcitas de Murcia sobre las calizas nodulosas y pizarras de la formación Vidrieros.

Todo el conjunto del substrato rocoso presenta una serie monoclinal con buzamiento de 652-752 hacia el NO.

#### **2.8.4.2. Geología del vaso**

La geología del vaso es similar a la de la cerrada predominando de manera análoga los materiales cuarcíticos, pizarras y conglomerados.

Solamente cabe recordar que se trata de una valle abierto en forma de artesa, con una llanura aluvial amplia de 300-400 m. de anchura en los tramos de litologías cuarcítico, arenosos y pizarrosos y del orden de 100 m. en el tramo de conglomerados.

#### Impermeabilidad:

- La naturaleza alternante de unas formaciones con frecuentes paquetes pizarrosos o el carácter masivo de los conglomerados con abundante cemento, la potencia del conjunto y la ausencia de potentes y continuos paquetes de Calizas de Montaña, en la zona de influencia del vaso, conducen a prever una impermeabilidad profunda de la unidad geológica sobre la que se asientan.
- Las grandes fracturas pueden hacer suponer que son zonas de mayor permeabilidad, sin embargo en las mismas se presentan o se producen una alteración y milonitización que dan lugar a un comportamiento más impermeable.

#### Estabilidad de las laderas:

- Por lo que se refiere a las laderas no son de prever deslizamientos importantes en el substrato rocoso.
- En los coluviales y derrubios de la ladera por la disgregación mecánica de la roca se pueden producir caldas de suelos más o menos voluminosas que aunque en el área objeto del estudio no pueden considerarse problemáticas.

#### 2.8.5. Geotecnia

De los reconocimientos y ensayos se obtuvieron los siguientes parámetros elásticos y resistentes que se presentan a continuación de forma resumida.

- a) Resistencia a compresión
  - En las cuarcitas se obtuvieron en 5 muestras 250 MPa, en 3 muestras 100 MPa y en una muestra 76 MPa.
  - En las pizarras negruzcas arenosas se obtuvieron valores comprendidos entre 8,7 y 18,5 MPa.
  - En las areniscas pizarrosas en un ensayo realizado se obtuvo un valor de 62 MPa.
- b) Módulo de elasticidad

Para el conjunto de cuarcitas se deduce un módulo de deformación de  $E_m = 20$  GPa y para la alternancia de pizarras y cuarcitas  $E_m = 5-6$  GPa.
- c) Ángulo de rozamiento medio de las discontinuidades
  - Para las discontinuidades en cuarcitas se deduce un ángulo de rozamiento de  $40^\circ$  a  $45^\circ$ .
  - Para las pizarras  $30^\circ$
  - Para las zonas de milonito entre  $27^\circ$  y  $33^\circ$

### **2.8.6. Estudio de Materiales**

Se ha realizado un reconocimiento in situ en el entorno de la presa para definir la disponibilidad de materiales para los hormigones de las obras. Las zonas estudiadas aparecen en el anejo nº 3 del proyecto constructivo del año 1.991.

## **2.9. ESTUDIO DE SOLUCIONES**

### **2.9.1. Introducción**

Como parte del Proyecto de la presa de Vidrieros del año 1.991, se realizó un Estudio de Soluciones analizándose diversas alternativas para la presa.

Este figura completo como Anejo nº 4 a la Memoria del proyecto del año 1.991.

Las alternativas analizadas fueron las siguientes:

- Alternativa "A" Presa bóveda
- Alternativa "B" Presa de escollera con pantalla de hormigón
- Alternativa "C" Presa de escollera con núcleo impermeable
- Alternativa "D" Presa de hormigón compactado con rodillos
- Alternativa "E" Presa de contrafuertes Alternativa.
- Alternativa "F" Presa de gravedad tradicional.

Del estudio de soluciones se concluyó que la más adecuada y que conseguía el mejor compromiso técnico y económico era la presa de gravedad tradicional (alternativa "F"). Esta alternativa resultó ser la más adecuada, teniendo en cuenta su coste y la topografía de la cerrada.

Las ventajas que presentaba esta solución y que hicieron que fuese la alternativa adoptada fueron las siguientes:

- Permitía un desvío del río bastante económico y sencillo, alojado en un bloque de la presa, sin necesidad de realizar ningún túnel.
- No representaba ningún inconveniente la interrupción de las obras durante períodos largos de tiempo, no representando ningún peligro el que se pudiese realizar un vertido accidental por encima de la obra.
- Se podía construir el aliviadero sobre el cuerpo de la presa con vertido directo al río mediante trampolín.
- Cualquier incidente que se produjese durante su explotación tenía más fácil solución.

### 3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS

#### 3.1. BASES DE DISEÑO

Para el Proyecto de la presa de Vidrieros se han tenido en cuenta las siguientes bases de diseño:

- El estudio de soluciones que figura en el anejo nº 4 del proyecto del año 1.991.
- Se adopta como avenida de diseño del aliviadero la avenida de periodo de retorno de los 500 años, pudiendo pasar la de los 10.00 años sin desbordar la coronación de la presa.
- La obra de desvío del río Carrión se diseña para la avenida con periodo de retorno de 5 años, suficiente para una presa de hormigón.
- El caudal de diseño de los desagües de la presa (desagües intermedios y desagües de fondo) será tal que permita el vaciado del embalse en un tiempo razonable suponiendo que el embalse afluye el caudal medio del río.

#### 3.2. ANÁLISIS TENSIONAL DE LA PRESA

##### 3.2.1. Esquema estructural y método de cálculo

El método de cálculo utilizado, es un método de elementos finitos para el análisis estático y dinámico de sistemas estructurales lineales. Se denomina SAP IV y fue desarrollado en la Universidad de California en Berkeley por el profesor E.L. Wilson.

La modelización de la estructura se ha realizado fundamentalmente a base de elementos tipo cuadrilátero, reservando los de tipo triangular al paramento aguas abajo de la presa.

El cálculo tensional se ha extendido a una zona de terreno de unos 156,50 x 39 metros cuadrados, masa que se considera bajo influencia de las cargas de la presa transmite a la cimentación.

Este método de cálculo, permite descomponer y estudiar las tensiones normales y tangenciales, así como las principales en los lados y centros de los elementos finitos en que se dividió la estructura.

##### 3.2.2. Datos básicos y solicitaciones consideradas

Las características de los materiales adoptados para el cálculo han sido las siguientes:

Peso específico del hormigón	2,4 t/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad del hormigón	2.500.000 t/m <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson del hormigón	0,15
Módulo de elasticidad de la roca de cimentación	1.000.000 t/m <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson de la roca de cimentación	0,2
Peso específico de la roca de cimentación	2,0 t/m <sup>3</sup>

Las solicitudes consideradas en el cálculo son:

- Peso propio
- Carga hidrostática
- Presión intersticial, funcionando correctamente los drenes
- Presión intersticial, suponiendo ineficaces los drenes

Las hipótesis de carga consideradas son, de acuerdo con la Instrucción por el Proyecto, Construcción, y Explotación de Grandes Presas del MOPU:

### Soluciones normales

1. Embalse vacío
  - Peso propio
2. Embalse lleno
  - Peso propio
  - Carga hidrostática hasta cota 1.422,0 (máximo nivel normal)
  - Presión intersticial, funcionando correctamente los drenes

### Situaciones excepcionales

3. Embalse lleno
  - Peso propio
  - Carga hidrostática hasta la cota 1.422,0
  - Presión intersticial, suponiendo ineficaces los drenes
4. Embalse lleno
  - Peso propio
  - Carga hidrostática hasta cota 1.423, 7 (máximo nivel extraordinario)
  - Presión intersticial, funcionando correctamente los drenes

Además de estas hipótesis de carga se ha contemplado otra adicional:

5. Embalse lleno
  - Peso propio
  - Carga hidrostática hasta cota 1.423, 7 (máximo nivel extraordinario)
  - Presión intersticial, suponiendo ineficaces los drenes

### 3.2.3. Resultados obtenidos

Como puede verse en el Anejo nº 5 "Cálculos justificativos. Análisis tensional de la presa" del proyecto del año 1.991, las tensiones máximas obtenidas son:

	Situación normal	Situación excepcional
Compresión	27,9 kg/cm <sup>2</sup>	26,8 kg/cm <sup>2</sup>
Tracción	3,2 kg/cm <sup>2</sup>	7,6 kg/cm <sup>2</sup>

De acuerdo con la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas del M.O.P.U, se exigen como mínimo los siguientes coeficientes de seguridad en relación con la resistencia característica del hormigón a los 90 días.

	Situación normal	Situación excepcional
Compresión	4	3
Tracción	3	2

Con las tensiones máximas obtenidas, se conseguirían unos valores mínimos necesarios de resistencia al hormigón.

- Compresión 111,6 Kg/cm<sup>2</sup>
- Tracción 15,2 kg/cm<sup>2</sup>

De una manera general se puede decir que el comportamiento tensional de la presa bajo las solicitaciones a que va a estar sometida, es perfectamente admisible y que el hormigón (se ha puesto un hormigón de  $R_{ck} = 190 \text{ kg/cm}^2$ ) va a trabajar en unas condiciones bastante por debajo de su resistencia normal.

Además se ha realizado el estudio de la estabilidad al deslizamiento en las hipótesis de carga consideradas, obteniéndose valores superiores a la unidad en todos los casos.

### 3.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS

#### 3.3.1. Presa

La presa de Vidrieros corresponde al tipo convencional de presa de gravedad de hormigón. Las características básicas son:

- Cota de coronación 1.425,00 msnm.
- Anchura de coronación 9,50 m.
- Altura sobre cimientos 89,50 m.
- Talud del paramento aguas arriba 0,05/1
- Talud del paramento aguas abajo 0,75/1

El máximo nivel normal de embalse (M.N.N.E) corresponde a la cota 1.422,0 en tanto que el máximo nivel de embalse en avenidas (M.N.E.E) alcanza la cota 1.423,97 para la avenida de periodo de retorno de 1.000 años.

En la sección tipo se ha previsto la utilización de un hormigón con un cierto porcentaje de cenizas volantes o puzolanas, cuya consolidación se efectuará por vibrado.

En el diseño se han dispuesto juntas transversales permanentes cada 23 m. y una junta longitudinal en la parte central, tal como se indica en los planos correspondientes.

Para asegurar la impermeabilización de las juntas transversales, se dispone aguas arriba de dos bandas de PVC de cuarenta centímetros (40 cm) de anchura, empotradas en el hormigón con dos conductos moldeados, uno entre las bandas de PVC y otras aguas abajo, con salida a las galerías. En el paramento de aguas abajo, exclusivamente en la zona del aliviadero, también llevan las juntas una banda de PVC de la misma anchura que las aguas arriba, evitando así la entrada del agua que vierte por el aliviadero. La junta longitudinal irá inyectada desde una galería dispuesta a tal fin.

Se han dispuesto en el cuerpo de la presa tres galerías longitudinales, una perimetral que alcanza en el punto más bajo la cota 1.343 y las otras sensiblemente horizontales a las cotas 1.355, 1.367 y 1.395 respectivamente. Estas galerías permitirán, además del control e inspección de la presa durante la explotación del embalse, la ejecución desde su interior de la pantalla de impermeabilización y drenaje. La sección tipo de las galerías horizontales permitirán la circulación de vehículos y tendrán unas dimensiones de tres metros cincuenta (3,50 m) de ancho por tres metros cincuenta (3,50 m) de alto; la galería perimetral se ha diseñado como sección tipo baúl de dos metros (2,0 m) de ancho por dos metros setenta y cinco (2,75 m) de alto. El acceso puede hacerse desde 6 puntos en el paramento de aguas abajo.

Para el drenaje del hormigón de la presa, se dispondrá de una pantalla de drenes perforados desde las galerías, alcanzando hasta la coronación de la presa, con separación tal que existan 5 drenes por bloque y diámetro de tres pulgadas (3").

La recogida y control de las filtraciones, dada la existencia de varias salidas de la red de galerías al exterior, se reparte a varios niveles: las filtraciones entre la coronación y la cota 1.395 se recogen en el paramento aguas abajo de la presa en las salidas al exterior existentes a la cota 1.395; entre las cotas 1.395 y 1.367 salen al exterior a ésta última cota; finalmente, las filtraciones de la parte inferior se recogen en la parte más baja de la galería perimetral (cota 1.343) en un pozo equipado con bombas sumergibles de donde se evacúa el agua al exterior a través de la galería del desvío provisional (cota 1.347).

El paso de coronación tiene una anchura total de nueve metros y medios (9,5 m) repartidos en siete metros (7 m) de calzada y dos aceras de metro y medio (1,5 m) y un metro (1 m) respectivamente. Este paso de coronación se consigue mediante unos voladizos tanto para aguas arriba como para aguas abajo, cuya definición se indica en los planos correspondientes.

### 3.3.2. Desagües intermedios

Los desagües intermedios están constituidos por dos conductos paralelos cuya sección es inicialmente rectangular, pasando luego a circular tal como se describe a continuación.

La entrada de los desagües intermedios va provista de rejillas metálicas comunes a ambos conductos, y está constituida por un abocinamiento elíptico que desemboca en una sección rectangular de 1,00 m. de anchura y 1,25 de altura.

A 10,5 m de la entrada, se sitúan en cada conducto dos válvulas de seguridad tipo compuerta "Bureau" de 1,0x0,80 m, situada en una cámara en el cuerpo de presa. Inmediatamente aguas abajo de esta compuerta, se produce una transición a sección circular de 1,20 m. de diámetro. A continuación cambia de orientación tanto en vertical como en horizontal mediante codos 45° y 10° respectivamente, hasta bajar a la cota 1.353,0; sigue un tramo horizontal de unos 28,5 m. de 1,0 metro de diámetro después de una transición de 1,20 a 1,0 m. y, un codo vertical de 20°.

Los desagües intermedios están situados en el bloque XV en el centro de la presa teniendo las embocaduras su eje a la cota 1.367,50. El acceso a la cámara de válvulas de agua arriba se hace a través de la red de galerías de control e inspección de la presa, y a la de aguas abajo mediante una galería transversal que parte de la cámara de aguas arriba del desagüe de fondo.

### 3.3.3. Desagües de fondo

Los desagües de fondo están constituidos por dos conductos paralelos cuya sección es inicialmente rectangular, pasando a circular tal como se describe a continuación.

La entrada de los desagües de fondo va provista de rejillas metálicas comunes a ambos conductos, y está constituida por un abocinamiento elíptico que desemboca en una sección rectangular de 1,50 m. de altura y 1,25 m. de anchura.

En cada conducto se sitúan dos válvulas de seguridad tipo "Bureau" de 1,0x1,25 m, situadas en una cámara en el cuerpo de presa. Inmediatamente aguas abajo de estas compuertas se produce una transición a sección circular de 1,50 m. de diámetro. Dicho conducto circular describe en planta una línea recta de 39,5 m. para a continuación producirse una transición a sección rectangular en la cual se sitúa una válvula de regulación tipo "Bureau" de 1,0x1,25 m.

Los desagües de fondo van alojados en el bloque central de la presa, debajo del tramo teniendo las embocaduras su eje a la cota 1.353,00. EL acceso a la cámara de válvulas de aguas arriba se hace a través de la red de galerías de inspección y control de la

presa, y a la cámara de válvulas de aguas abajo a través de una galería transversal que parte de la cámara de aguas arriba.

#### **3.3.4. Aliviadero**

El aliviadero se sitúa sobre el propio cuerpo de presa y está formado por cuatro vanos de labio fijo. La anchura de cada vano es de 15 m. estando situado el umbral del vertedero a la cota 1.422.

Los caudales aliviados convergen en un solo canal de descarga de 64,5 m. de ancho en un trampolín de lanzamiento a la cota 1.361,0 que permite alejar del pie de la presa la zona de impacto.

El perfil adoptado es un perfil tipo Bradley para una carga de diseño de 1,7 m. correspondiente a la elevación producida en el embalse por la avenida de período de retorno de 500 años.

#### **3.3.5. Obra de desvío del río**

Para desviar las aguas del río Carrión durante la ejecución de las excavaciones y hormigonado en el cauce, se ha diseñado una obra de desvío que consiste en un canal de hormigón de sección rectangular, una ataguía de materiales sueltos zonificada y una contraataguía de todo uno.

La coronación de la ataguía se sitúa a la cota 1.352,50 en tanto que la contraataguía alcanza la 1.346,0.

El canal de desvío tiene una longitud de unos 190 m. y atraviesa la presa a través del bloque XVII. Este bloque sirve de apoyo a un tramo del canal que posteriormente quedará incorporado al cuerpo de la presa.

#### **3.3.6. Tratamiento de la cimentación de la presa**

A lo largo de todo el perfil de la presa, se ha previsto la realización de una pantalla de impermeabilización. Los taladros tendrán un diámetro de dos pulgadas y estarán separados cada 5 metros. En el sentido del eje de la presa, dichos taladros irán inclinados 55° en la margen izquierda y 65° en la margen derecha. En sentido transversal, irán inclinados 10° y 5° alternativamente hacia aguas arriba.

La red de impermeabilización se intensifica en la zona del cauce y en la falla existente en la margen derecha mediante taladros inclinados en dos direcciones de las mismas características antes indicadas.

La pantalla de impermeabilización se realizará a partir de la galería perimetral y de las prolongaciones en el terreno de cimentación de las galerías horizontales.

Así mismo, se han previsto unas inyecciones de consolidación de la cimentación con una malla de taladros de 5x5m. y de 5m de profundidad.

La pantalla de impermeabilización de complementa con una pantalla de drenaje también realizada desde la galería perimetral y prolongaciones de las horizontales, con taladros de tres pulgadas de diámetro. Se colocan 5 taladros por bloque.

### **3.3.7. Instrumentación de la presa**

Con el fin de estudiar el comportamiento de la obra durante las fases de construcción, primera puesta en carga y posterior período de explotación, con vistas al control de su seguridad, se ha estudiado el plan de auscultación de la presa que se indica en los planos correspondientes.

Este plan de auscultación consiste en la colocación de una serie de dispositivos y aparatos que una vez instalados y hechas sus lecturas, dan una información detallada del comportamiento general de la obra y permite comprobar que la presa cumple los imperativos para los que fue proyectada.

Se ha previsto la obtención de información sobre los siguientes aspectos:

- Movimientos generales y particulares de la presa.
- Comportamiento térmico.
- Medida de deformaciones y tensiones.
- Control de la subpresión en la presa.
- Control de filtraciones y nivel de embalse.
- Así mismo se ha dispuesto una estación de telemedida de parámetros meteorológicos y dos estaciones de aforos.

También se dispondrá un sistema de registro automático y transmisión de los datos obtenidos con la auscultación prevista, de tal manera que los diferentes datos se centralicen en un cuadro sinóptico general desde donde se transmitirán a la oficina de obra, en la que se dispondrá del soporte informático necesario para su almacenamiento y tratamiento. Se han previsto 12 centrales de lectura provisionales y 10 definitivas en las galerías.

Para la medición de las magnitudes referidas anteriormente, se prevé la colocación de los siguientes aparatos en la posición que se indica en los planos correspondientes:

- 4 Péndulos inversos
- 43 Medidores de juntas internos
- 44 Ternas de bases de elongámetro

- 57 Termómetros en el cuerpo de la presa
- 20 Piezómetros
- 1 Escala graduada
- 1 Medidor de nivel de embalse
- 2 Estaciones de aforo
- 1 Estación meteorológica
- 10 Bases de apoyo para miras móviles
- 5 Bases de apoyo para miras fijas
- 4 Péndulos directos
- 12 Bases para la colocación de clinómetro
- 15 Puntos de control topográfico en la presa
- 12 Hitos de control topográfico en la roca en ambas márgenes
- 3 Termómetros para el agua
- 3 Termómetros para el aire
- 15 Clavos de nivelación
- 12 Extensómetros de cuerda vibrante dispuestos de dos en dos para medir tensiones en un plano
- 54 Extensómetros de cuerda vibrante dispuestos de tres en tres, en 18 puntos del cuerpo de la presa, para medir las tensiones tridimensionales.
- 92 Puntos para control de la subpresión, dispuestos en la galería perimetral
- 4 Manómetros acoplables a los puntos de conexión
- 20 Piezómetros convencionales fijos distribuidos a lo largo de la galería perimetral y transversales
- 19 Vertederos triangulares en lámina delgada
- 18. Extensómetros de varilla para el control de la cimentación

### 3.3.8. Obras accesorias

Como obras auxiliares se consideran las siguientes:

- Oficinas para la Administración
- Casa de la Dirección
- Laboratorio de hormigón y de suelos
- Viviendas para Técnicos

Todos los edificios estarán dotados de los servicios de agua potable, saneamiento y energía eléctrica.

Su situación se ha previsto en principio en el extremo del estribo derecho de la presa.

### 3.3.9. Caminos de acceso y reposición de servidumbres

Se han previsto carreteras de acceso a los dos estribos de la presa, teniendo ambas su origen en la carretera local que enlaza los pueblos de Triollo y Vidrieros. La sección tipo está formada por una plataforma de 9 m. de anchura con dos arcenes laterales de 1 metro cada uno.

Asimismo se han previsto accesos a los niveles de galerías, partiendo desde el acceso a la margen derecha; la plataforma prevista tiene una anchura de 5 metros.

El antiguo camino que desde Vidrieros bordeaba la margen derecha del río Grande quedará interferido por las obras de la presa por lo que se ha previsto la adecuación del mismo de forma que pase por el estribo derecho de la presa donde van situados los edificios de la Administración y vuelva a enlazar con el antiguo camino una vez salvada la zona de interferencia de las obras.

También se proyecta un camino que rodea todo el embalse.

### **3.3.10. Expropiaciones y servicios afectados**

Se han realizado varias visitas durante el año 2.010 al emplazamiento de las obras para comprobar si había diferencias con respecto a las detectadas en el proyecto del año 1.991. Las afecciones detectadas son las siguientes:

- En la llanura de inundación del embalse hay construidas 4 viviendas de carácter estacional que quedarían completamente inundadas. Estas viviendas se abastecen de energía eléctrica mediante una línea que parte del municipio de Vidrieros y que también se vería inundada por completo.
- Se inundaría por completo una estación meteorológica que probablemente sea propiedad de la Confederación Hidrográfica del Duero.
- Se inundan por completo dos refugios de pescadores.
- Se inunda también por completo el camino que discurre paralelo al cauce del río Carrión por lo que sería necesario restituirlo en toda la longitud del vaso del embalse (unos 6,5 kilómetros).

Estas afecciones ya existían en el proyecto del año 1.991, por lo que no se han valorado nuevas afecciones en el presente anteproyecto. En el apéndice 1 se adjunta un plano con las afecciones detectadas.

## **4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

### **4.1. INSTALACIONES**

Las características de las obras de la presa de vidrieros requieren la instalación de un equipo que permita ejecutar las obras dentro del plazo indicado en el Plan de Trabajo.

En el capítulo de excavaciones, la buena calidad de la roca de cimentación facilitará la ejecución de los trabajos. Las técnicas utilizadas en el desmonte de grandes masas rocosas en los cimientos de presa permitirán la aplicación de métodos, tanto para el uso de explosivos y maquinaria, de excavación como de transporte, adecuada, que permita rea-

lizar las excavaciones con eficacia y sin daños excesivos, y bajo los puntos de vista de seguridad y plazo.

En cuanto al hormigonado, los medios de producción, colocación y vibrado del hormigón tienen primordial importancia en el desarrollo de los trabajos y por tanto requerirán un estudio completo y definido con vistas a la buena utilización de los equipos a emplear.

El sistema de encofrado de los paramentos, juntas y galerías son también elementos que requieren un estudio detenido con el fin de respetar los plazos.

Otro capítulo que requiere también especial atención es el referente a los trabajos de tratamiento de la cimentación de la presa para lo que se requerirá la colaboración de una entidad especializada en este tipo de trabajos. Debe tenerse especial cuidado en los trabajos de impermeabilización con las presiones de inyección de la lechada de cemento y en la composición de las mismas, de forma que se consigan los resultados previos sin dañar el macizo rocoso.

## **5. PRESUPUESTO**

### **5.1. PRECIOS UNITARIOS**

Los precios unitarios del Proyecto figuran en el Cuadro de Precios n 1 y han sido calculados a partir de los costos de los elementos básicos tales como: mano de obra, materiales, transporte, maquinaria, etc.

La justificación de estos precios unitarios se recoge en el Anejo nº 10 Justificación de Precios del proyecto del año 1.991.

En el Cuadro de Precios nº 2 figuran los precios unitarios descompuestos en sus principales partidas, para su aplicación en caso de unidades de obra parcialmente ejecutadas.

## 5.2. PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL

El Presupuesto de Ejecución Material determinado en el Documento nº 4 del Presupuesto del proyecto del año 1.991, asciende a la cantidad total de 4.097.503.629.- pesetas, repartido en los siguientes apartados:

Obra de desvío	9 2.386.443
Presa	3.099.457.827
Órganos de desagüe	311.953.647
Tratamiento de la cimentación	123.702.224
Instrumentación	29.430.159
Centralización de datos	37.284.090
Obras accesorias	49.666.516
Caminos de acceso y reposición de servidumbres	176.934.578
Energía y comunicaciones	46.827.976
Partidas alzadas	87.300.865
Proyecto de seguridad e higiene	4 2.559.304
<b>TOTAL</b>	<b>4.097.503.629</b>

Para la estimación de los precios actualizados de las obras del embalse de Vidrieros, se ha partido de los presupuestos que figuran en el proyecto existente del año 1.991. A los precios de este proyecto, se les han añadido o eliminado aquellas afecciones que pudieran diferir de las que existían en el momento de la elaboración de cada proyecto, y posteriormente se les ha actualizado el precio en base al IPC.

Para verificar si había nuevas afecciones se han realizado varias visitas de campo entre los años 2.010 y 2.012 y se ha comprobado que no hay diferencias en las expropiaciones y los servicios afectados, con respecto a lo que ya se indicaba en el proyecto del año 1.991, por lo que se consideran adecuados los valores de este proyecto.

Para el valor del IPC en todos los casos se ha adoptado el que figura en el Instituto Nacional de Estadística para el mes de Noviembre de 2.012, que es la fecha en la que se ha redactado este anejo.

Todos los valores que se indican son Presupuestos Bases de Licitación, por lo que se ha empleado para todos el IVA vigente (21%) en la fecha de elaboración de este anejo.

Se ha empleado el precio que figura en el proyecto realizado por FERROVIAL, S.A. firmado en el mes de abril de 1.991. El presupuesto de ejecución material era de 4.097.503.629,00 pta que se corresponden con 24.626.492,79 €. Aplicando unos gastos generales del 17 %, un beneficio industrial del 6 %, un IVA del 21 % y un incremento del IPC del 98,5 %, resulta un presupuesto base de licitación actualizado a Noviembre de 2.012 de 72.753.444,30 €.

El embalse de Vidrieros, en el proyecto original tiene una capacidad de  $98,5 \text{ hm}^3$ , por lo que el precio actualizado por  $\text{m}^3$  almacenado es de  $0,7386 \text{ €/m}^3$ .

También se ha analizado la hipótesis de realizar un embalse de  $65 \text{ hm}^3$  de capacidad. Se ha optado por aplicarle un coeficiente de 0,9 al precio del embalse de Vidrieros con  $98,5 \text{ hm}^3$ , ya que debido a la geometría de la curva de embalse, la obra necesaria para lograr un embalse de  $65 \text{ hm}^3$  es muy similar en volumen de obra a la que requeriría la construcción del embalse de Vidrieros con  $98,5 \text{ hm}^3$  de capacidad. Por ello, el precio que se ha tomado para Vidrieros con  $65 \text{ hm}^3$  de capacidad es de  $65.478.099,87 \text{ €}$ , con lo que resulta un precio por  $\text{m}^3$  almacenado para esta solución de  $1,3095 \text{ €/m}^3$ .

## **6. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO DEL AÑO 1.991.**

Para la realización de este anejo, se ha utilizado el proyecto constructivo de la presa de Vidrieros redactado por Intecsa en el año 1.991. En el documento de planos de este anejo se han reproducido en su totalidad los planos que contenía el proyecto constructivo de la presa de Vidrieros redactado por FERROVIAL S.A. en el año 1.991. Este proyecto consta de los documentos que señalan a continuación:

### **DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA Y ANEJOS**

#### **Memoria**

#### **Anejos a la memoria**

- Anejo nº 1. Características del Proyecto
- Anejo nº 2. Estudio hidrológico y de regulación
- Anejo nº 3. Estudio Geológico y Geotécnico
- Anejo nº 4. Estudio de soluciones
- Anejo nº 5. Cálculos justificativos. Análisis tensional de la presa
- Anejo nº 6. Cálculos hidráulicos
- Anejo nº 7. Cálculos estructurales
- Anejo nº 8. Auscultación y tratamiento de la cimentación
- Anejo nº 9. Plan de obra. Programa de ejecución de los trabajos
- Anejo nº 10. Justificación de precios
- Anejo nº 11. Estudio de Seguridad e Higiene
- Anejo nº 12. Dosificación del hormigón

## DOCUMENTO Nº 2.- PLANOS

### 1.- PLANOS GENERALES

- 1.1 Plano de situación general
- 1.2 Plano de embalse y curvas características (2 hojas)
- 1.3 Planta general de las obras

### 2.- OBRA DE DESVIO

- 2.1 Planta y perfil longitudinal
- 2.2 Secciones y detalles
- 2.3 Ataguía

### 3.- PRESA

- 3.1 Planta
- 3.2 Alzados
- 3.3 Planta de replanteo
- 3.4 Planta de excavaciones
- 3.5 Definición de juntas y detalles de coronación
- 3.6 Secciones tipo
- 3.7 Perfiles transversales (2 hojas)
- 3.8 Definición de galerías. Perfil longitudinal y planta
- 3.9 Definición de galerías. Galerías Intermedias
- 3.10 Tratamiento de la cimentación y drenaje del cuerpo de presa. Perfil longitudinal y secciones tipo
- 3.11 Tratamiento de junta longitudinal
- 3.12 Instrumentación. Alzado secciones y detalles

### 4.- ALIVIADERO

- 4.1 Planta y alzado
- 4.2 Secciones y detalles
- 4.3 Puente. Definición de vigas y tablero

### 5.- DESAGÜES DE FONDO

- 5.1 Plantas, sección longitudinal y detalles
- 5.2 Desagüe de fondo. Secciones y detalles
- 5.3 Desagüe de fondo. Rejas
- 5.4 Cámara de válvulas en trampolín

### 6.- DESAGÜES INTERMEDIOS

- 6.1 Desagües de intermedios. Plantas y perfil longitudinal
- 6.2 Desagües de intermedios. Secciones y detalles

6.3 Desagües de intermedios. Rejas

7.- EDIFICACIONES PARA LA ADMINISTRACIÓN

- 7.1 Planta de situación
- 7.2 Oficinas
- 7.3 Casa de la Dirección
- 7.4 Laboratorio
- 7.5 Vivienda para Técnicos

8.- CAMINOS DE ACCESO Y REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES

- 8.1 Planta
- 8.2 Perfil longitudinal y secciones tipo

9.- PLANO DE EXPROPIACIONES (1 plano)

**DOCUMENTO Nº 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

**DOCUMENTO Nº 4.- PRESUPUESTO**

## **7. APÉNDICE 1. AFECCIONES PRODUCIDAS POR EL EMBALSE DE VIDRIEROS.**