

Canal de Navarra

Navarre Canal

Ignacio Pérez de Juan. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Canal de Navarra S.A. ignacio.perez@canasa.es

Manuel Querol Pascual. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Iberinsa. mquerolp@accion.es

Raúl Prieto Moliner. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Incisa. tecnico@incisaingenieria.com

J. Ramón López Laborda. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Idom. jllopez@idom.com

Manuel Morón Humarán. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Inypsa. mmh@inypsa.es

Resumen: El binomio Presa de Itoiz-Canal de Navarra, es, sin duda, la estructura hidráulica más importante de la Comunidad Foral. El canal, de 180 kms de longitud, recibirá anualmente 400 hm³ del embalse de Itoiz con los que regará 53.275 has y asegurará el abastecimiento de agua a más del 70% de la población navarra. Financiado por la Administración central del Estado y el Gobierno de Navarra, se comenzó a construir en Agosto de 2001, iniciándose en 2006 los primeros riegos y abastecimientos.

Palabras Clave: Canal; Riego; Abastecimiento

Abstract: The Itoiz Dam-Navarre Canal is undoubtedly the most important water project in the Navarre region. The 180 km long canal will annually receive 400 hm³ from the Itoiz reservoir, enabling the irrigation of 53,275 hectares and assuring the drinking water supply for over 70% of the Navarre population. Work on the project, funded by the State and the Navarre Regional Government, began in August 2001 and the first irrigation and water supplies came into operation in 2006.

Keywords: Canal; Irrigation; Water supply

1. Antecedentes

Ya en 1928 dentro del Plan de Obras de la Confederación Hidrográfica del Ebro figuraba la idea del Canal de Navarra (llamado entonces Acequia de Navarra), que en aquel entonces partía del Canal de Bardenas y regaba 15.000 ha de la margen derecha del río Aragón con un caudal en origen de 8 m³/s.

En 1955 al crearse la Comisión Mixta Interministerial para el Aprovechamiento de los ríos, la idea cobró actualidad. La Diputación Foral de Navarra envió varios escritos respaldados por Ayuntamientos y otras entidades afectadas solicitando el Estudio de la Acequia de Navarra. Como consecuencia de esto se re-

dacta el Anteproyecto del Canal de Navarra firmado por el Ingeniero René Petit de Ory.

Con objeto de independizar el Canal de Navarra del Canal de Bardenas, el 7 de Septiembre de 1963 se produce una Orden Ministerial que autoriza a la Confederación Hidrográfica del Ebro para redactar el anteproyecto del Embalse de Lumbier a la vez que se encarga al Servicio Geológico de Ministerio de Obras Públicas el estudio de posibles ubicaciones.

El Proyecto del Embalse de Lumbier se realizó y aprobó para Información pública el 19 de Junio de 1971. Los resultados de este estudio del Servicio Geológico estimaron como apta la cerrada de la Foz de Lumbier para construir la presa, (final de 1971) y la Confederación Hidrográfica del Ebro elaboró el Ante-

proyecto del embalse de la Foz de Lumbier (30/4/1974).

En 1975 se decide el estudio de alternativas a la solución del embalse con presa en la Foz de Lumbier.

El 23 de Junio de 1977 la Dirección de Obras Hidráulicas autoriza a la Confederación Hidrográfica del Ebro a la incoación del expediente de Información pública de la "Regulación de los ríos Irati y Aragón". Se presentan tres soluciones alternativas:

- 1) Embalse de la Foz de Lumbier (1.282 hm³) interconectado con el de Yesa.
- 2) Construcción del Embalse de Lumbier (268 hm³) junto con el de Aoiz en el Irati (490 hm³), Aspurz en el río Salazar (41 hm³) comunicado con Yesa, y Berdún en el río Aragón (620 hm³).
- 3) La misma alternativa 2) pero sustituyendo Berdún por un recrecimiento de Yesa hasta 1.090 hm³.

El 5 de Septiembre de 1977 aparece en el B.O.N. el anuncio correspondiente a la información pública. El 21 de Junio de 1979 el Ministerio de Obras Públicas decide suspender la tramitación de los expedientes de información pública y crea una Comisión para adoptar las soluciones más convenientes, formada por representantes del Ministerio y de las Provincias afectadas.

Posteriormente el Gobierno de Navarra ha venido desarrollando una serie de estudios encaminados a conocer las posibilidades de riego de toda la provincia de Navarra.

Uno de estos estudios, denominado "Estudio de alternativas en la conducción de agua de riego desde el futuro embalse de Itoiz" y "Canal de Bardenas a zonas situadas en las márgenes izquierda y derecha del río Ebro" ha sido realizado por Riegos de Navarra, empresa pública dependiente del Gobierno de Navarra. Este estudio ha sido determinante en la elección de la conducción principal.

La solución elegida se estudió técnica y económicamente por Riegos de Navarra y los resultados se expusieron en el "Informe de viabilidad técnico-económica para la puesta en riego de 57.713 ha. de nuevos regadíos en Navarra, con caudales regulados en el futuro embalse de Itoiz y áreas regables situadas en las márgenes derecha e izquierda del río Ebro" (Agosto 1986).

Por otra parte, en mayo de 1988 se tomó un acuerdo de colaboración entre la Confederación Hi-

drográfica del Ebro y el Departamento de Obras Públicas del Gobierno de Navarra para proceder conjuntamente a la redacción del Anteproyecto del Canal de Navarra, del Proyecto de trazado de toda la conducción y del Proyecto de construcción del primer tramo del Canal.

En mayo de 1993 se firmó el protocolo entre la Comunidad Foral de Navarra y la Confederación Hidrográfica del Ebro en orden a la reserva de recursos del embalse de Itoiz y otros extremos relativos a los usos del mismo.

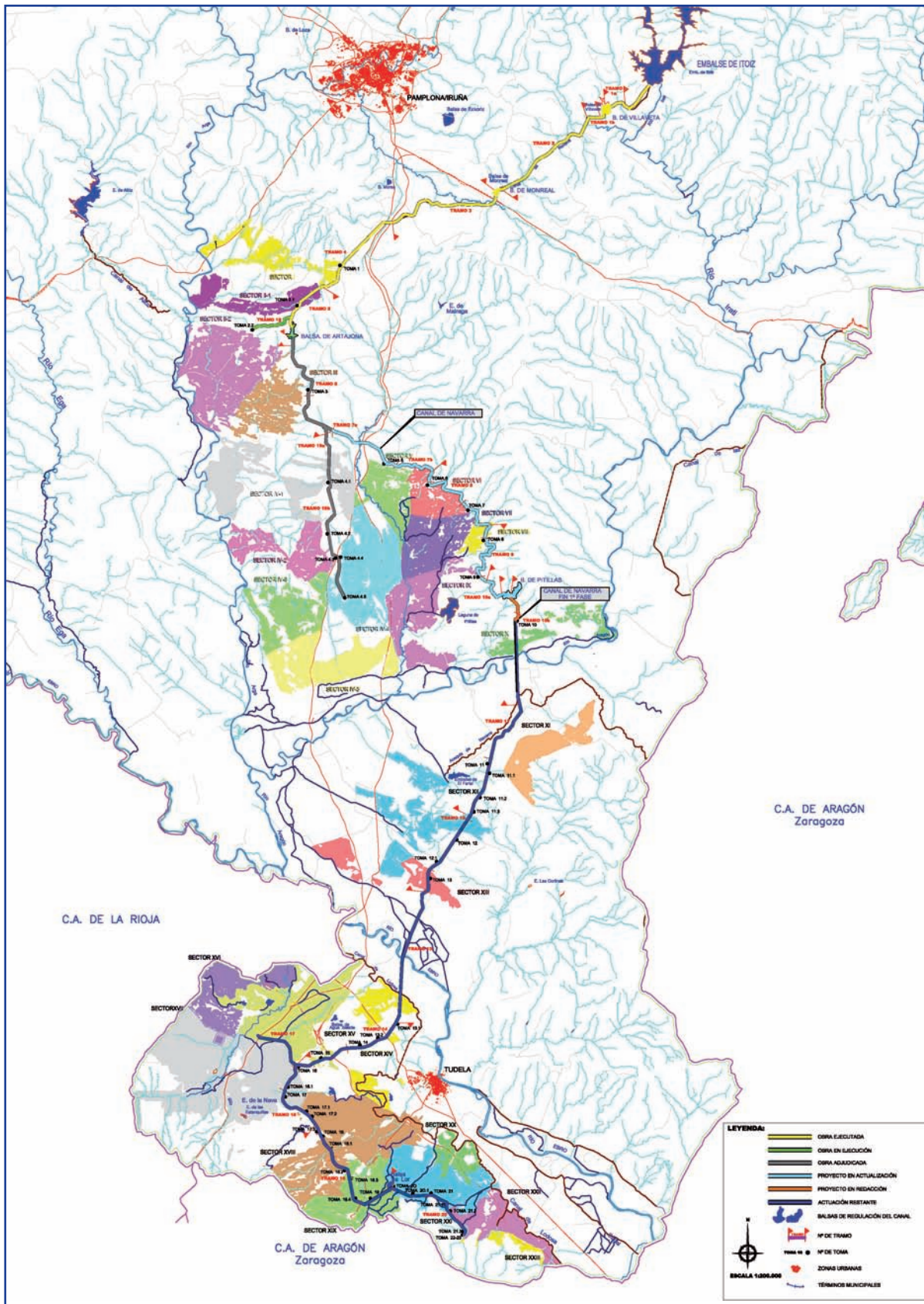
En mayo de 1994 el Gobierno de Navarra aprobó el Plan Foral de Regadíos, que comprende la zona regable del Canal de Navarra, para su incorporación al Plan Nacional de Regadíos, que por entonces elaboraba el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Por Ley 22/1997 de 8 de junio, se aprobaron y declararon de interés general, entre otras actuaciones, la Presa de Itoiz y el Canal de Navarra, fijándose sus características básicas y sus finalidades públicas e indicándose que dichas infraestructuras serán promovidas por el Gobierno de la Nación en coordinación y cooperación con el Gobierno de Navarra; la realización del Canal está prevista en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro, aprobado por real Decreto 1.664/1998, de 24 de junio.

En octubre de 1998 se firmó en Pitillas (Navarra) el Convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Comunidad Foral de Navarra para la ejecución del Canal de Navarra, que fue actualizado el 17 de noviembre de 1999.

En enero de 2000 se constituye la sociedad estatal "Canal de Navarra, S.A.", cuyo objeto social es la construcción y explotación del Canal de Navarra. Es una sociedad unipersonal constituida por el Estado Español, que prevé la incorporación al accionariado de la Comunidad Foral de Navarra. En el mismo mes se suscribió en Pamplona el Convenio de Gestión Directa de la Construcción y/o explotación de obras hidráulicas entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Sociedad Estatal "Canal de Navarra, S.A.". En este convenio se establecen las actuaciones de la sociedad en orden a la ejecución y explotación por gestión directa de las obras hidráulicas de titularidad estatal incluidas en el proyecto del Canal de Navarra, declaradas de interés general por la Ley 22/1997, de 8 de julio.

En junio de 2001 se formalizó una Addenda de Actualización del Convenio de Gestión Directa en la que



entre otras disposiciones se concreta el esquema financiero de ejecución de las obras y se autoriza la elaboración de proyectos y la construcción de centrales hidroeléctricas ligadas a la explotación del canal de Navarra.

2. Descripción general

El Canal de Navarra tiene por objeto el aprovechamiento del agua retenida por la Presa de Itoiz. Este embalse recibirá una aportación media anual de 635 hm³ de los que 400 circularán a través del canal con dos propósitos fundamentales: riego y abastecimiento. De los 400 hm³, 300 se utilizarán para regar 57.713 has, de las que las dos terceras partes son de nueva creación, el tercio restante son actualmente regadíos, la mayor parte de ellos eventuales, que se mejorarán notablemente. Todas estas zonas regables, sometidas de antemano a la concentración parcelaria que garantice una superficie mínima por parcela, utilizarán técnicas que no contemplan el riego por superficie, sino la aspersion, (con alas rodantes, pivotes, cañones, etc) o el goteo. Los 60 hm³ restantes se emplearán para abastecimientos, bien de uso doméstico en las poblaciones deficitarias o bien industrial en los polígonos situados en los alrededores de la traza del canal.

Además de cubrir estas dos finalidades básicas, el agua del canal se utilizará también para producir energía mediante aprovechamientos hidroeléctricos ligados a su explotación que en estos momentos se concretan en dos centrales de producción. Una de ellas estará situada en la cabecera del canal y turbinará el caudal que circule por él, de modo que todo el agua que se destine a riegos o abastecimientos se habrá empleado previamente en la producción de energía. La segunda central estará situada al pie de la presa de Itoiz y aprovechará el volumen de agua del embalse que no se desvía por el canal sino que revierte al río Irati. La potencia en conjunto de estas dos centrales se acerca a 50.000 Kw. y la producción anual oscilará entre 80 y 130 Gwh.

El Canal de Navarra tiene una longitud de 180 km y dibuja una trayectoria sensiblemente Norte-Sur, bariendo los dos tercios más meridionales de la Comunidad navarra hasta desembocar en la laguna de Lor, ya en la margen derecha del Ebro y cerca del límite con la provincia de Zaragoza.

Situación actual

Tramos en servicio (longitud total 38,74 km)

Tramo 0:	2,00 km	Caudal nom. 100 m ³ /s
Tramo 1:	3,26 km	45 m ³ /s
Tramo 2:	10,27 km	45 m ³ /s
Tramo 3:	10,16 km	45 m ³ /s
Tramo 4:	9,03 km	45 m ³ /s
Tramo 5:	4,02 km	45 m ³ /s
Presa de Villaveta:	38,80 Ha	Vol. útil 1,77 hm ³
Presa de Monreal:	10,57 Ha	0,48 hm ³

Obras en construcción

Tramo 18 (3,81 km),	Central de pie de presa, Presa de Artajona, y Edificio de control
---------------------	---

Proyectos adjudicados (longitud 27,74 km)

Tramos 6, 7A y 19A:	14,37 km
Tramo 19B:	13,37 km

Tomas en servicio

Toma A (tramo 3):	Abastecimiento Mancomunidad de la Cuenca de Pamplona
Toma I (tramo 4):	Riegos sector I de Valdizarbe
Toma II.1 (tramo 5):	Riegos sector II.1 de Añorbe, Obanos y Puente la Reina

De los 180 km, 114 discurren a cielo abierto, habiéndose diseñado además 51,5 km de sifón compuesto por dos tuberías normalmente enterradas y que en algunos casos alcanzan longitudes notables para estas estructuras, como la que atraviesa el río Aragón, de 7,5 km o el río Ebro, próximo a los 10,5 km. Para cruzar las formaciones montañosas con las que topa el canal se han proyectado 9 túneles con una longitud conjunta de 14,5 km, de los que ya se han construido los 7 primeros.

Son asimismo estructuras reseñables cuatro balsas -Villaveta, Monreal, Artajona y Pitillas-, que en realidad son embalses de regulación cerrados por presas que oscilan entre 20 y 45 m de altura.

Obviamente, junto a estas obras principales existen otras, como aliviaderos para evacuar sobrantes o almenaras en las que se ubican las válvulas y compuertas que permiten la regulación del canal. Esta regulación se hará desde un puesto de mando central, situado en la balsa de Artajona, desde el que, por microondas se actuará sobre los equipos electromecánicos automatizados correspondientes para que, de acuerdo con un programa de prioridades, se atien-



Acueducto
de Gurpegui.

dan las demandas en cada toma del canal de modo automático. Existen otras estructuras, como las de acceso al canal, drenajes, pasos específicos para fauna o las de cruce que permiten dar continuidad a las vías de comunicación y otros servicios afectados por el canal. A ambos lados de la caja del canal y en paralelo con él discurren dos caminos de servicio de 7 y 5 m de anchura.

La inversión total de la obra, que se completará en 2015 es de 651,63 millones de euros de los que 623,40 millones corresponden al canal y los 28,23 millones restantes a las centrales hidroeléctricas. El 50% de esta inversión está financiada mediante aportaciones de la Administración del Estado y de la Comunidad foral de

Navarra en una proporción 60/40. El porcentaje restante se financiará mediante la concertación de préstamos que se recuperarán con el establecimiento de las tarifas a los futuros usuarios.

3. Características

4.1. Tramo 1

El tramo 1 discurre por los términos municipales de Lónguida y Aoiz. Tiene una longitud total de 3.268 m y está subdividido en dos subtramos por la Balsa de Villaveta.

El primer subtramo 1A, que tiene una longitud total de 1.935,6 m, está diseñado para un caudal nominal de 100 m³/s, discurre a cielo abierto en su totalidad y a excepción del tramo en acueducto, es de sección rectangular de hormigón armado, de 10,50 m de anchura interior y altura de cajeros variable entre 4,25 y 5,20 m La pendiente longitudinal del mismo es del 0,7 % en el tramo hasta el acueducto, horizontal en este y de 10,6 % hasta la desembocadura en la balsa de Villaveta.

Aguas arriba del acueducto se dispone de un aliviadero de labio fijo, de 90 m de longitud con capacidad para verter el caudal máximo de diseño con la balsa en situación de máximo nivel normal.

La obra de fábrica más señalada es el acueducto que salva el arroyo de Gurpegui. Consiste en una estructura de hormigón pretensado de 310 m de longitud, con 5 vanos centrales de 47 m y 2 extremos de 38 m La pendiente es horizontal y la planta es recta. La estructura se apoya sobre 6 pilas de sección rectangular huecas, de una altura variable entre 11,8 y 31 m La tipología del tablero es de viga-cajón de sección trapezoidal abierta complementada por riostras rectangulares. El tablero se efectúa por el procedimiento de prefabricación y empuje desde el estribo 1, situado aguas arriba del acueducto. El tablero está formado por 20 dovelas de 15,62 m de longitud que se construyen una tras otra. La estructura se realiza con dos tipos de pretensado, uno recto para la fase de ejecución y lanzamiento, y otro parabólico para la fase de puesta en servicio.

El subtramo 1B tiene una longitud total de 1.268 m, estando diseñado exclusivamente para 45 m³/s. La diferencia del caudal de diseño de ambos tramos se debe a la ubicación de la balsa de Villaveta, próxima al embalse de Itoiz por los siguientes motivos: posibilidad de turbinar desde la presa de Itoiz con independencia del funcionamiento del canal, recoger los caudales procedentes de la presa ante una hipotética falsa maniobra de los desagües de la misma e independizar la regulación del canal del funcionamiento de descarga de la presa.

El tramo 1 B también es a cielo abierto con una pendiente longitudinal de 0,15 % y sección trapezoidal de ancho interior en solera 4,0 m, taludes de los cajeros 3 H: 2 V y altura 4,90 m La sección consta de 15 cm de espesor de hormigón en masa reforzado con fibras de polipropileno y se garantiza la impermeabilidad de la misma con la colocación de una lámina de polietileno

de alta densidad de 1,5 mm protegida por ambos lados con un lámina de geotextil de 500 gr/m².

Al final del tramo se dispone una almenara de regulación, con compuertas Taintor de 3,5 x 4 m y un aliviadero de seguridad.

La geología general de ambos subtramos se basa en las formaciones del "flysch margoso de Irurozqui" y las "margas de Pamplona", del Eoceno superior, constituidas principalmente por margas grises, limosas, duras y muy sensibles a la acción meteórica, con finas intercalaciones ocasionales de areniscas silíceas con cemento calcáreo, duras, de color gris, en capas lenticulares de espesor centimétrico, siendo la disminución de estos niveles la que marca el paso de una formación a otra. El drenaje de los arroyos que cruzan el canal en este tramo se resuelve mediante 5 obras formadas por marcos de sección rectangular 2 x 4 m o tuberías de diámetro que varía desde 1,20 a 1,60 m

El canal va flanqueado por un camino de servicio de 6 m de anchura al que se accede desde las carreteras próximas por cuatro viales asfaltados de 3,043 m de longitud en conjunto y que atraviesan el canal mediante dos estructuras de vigas, y en la margen contraria una banqueta de servicio de 5 m de anchura.

4.2. Tramo 2

El tramo 2 discurre por los términos de Lónguida, Urroz, Izagandoa, Unciti y Monreal, con una longitud total de 10.268 m y en él se pueden distinguir cuatro zonas diferenciadas: Sifón del Erro, Túnel de Gongolaz, Canal a cielo abierto y Túnel de Zabalqueta. Todo él está diseñado para un caudal de 45 m³/seg.

El tramo comienza por el sifón que salva el valle del río Erro, que consta de dos conductos de 915 m cada uno, construidos "in situ" con hormigón armado y con una sección en herradura de 3,40 m de diámetro interior, enterrados en el terreno, que desemboca mediante una obra de conexión en el túnel de Gongolaz.

El túnel de Gongolaz posibilita cruzar la sierra del mismo nombre. Su planta es recta de longitud 637 m y su pendiente ascendente del 0,5 % en el sentido de avance del agua, funcionando hidráulicamente en carga junto al sifón. Se diseña con sección revestida de hormigón de espesor 30 cm, en forma de herradura, con el diámetro interior de 5,40 m, altura 5,30 m y ancho en solera 4,0 m El revestimiento es de hormigón HA-25 armado en la solera y en los arranques de los

Tramo 2.



hastiales. La bóveda se realiza en todos los casos con hormigón en masa HM-25 reforzado con fibras de acero RC-65/35 BN en cuantía de 20 kg/m³ para evitar fisuraciones. Como sostenimiento provisional se ha dispuesto una capa de 15 cm de espesor de hormigón proyectado HP-30, reforzado con fibras de metálicas, con una dosificación de 40 Kg/m³, colocando cerchas tipo TH-21 en los emboquilles.

La geología del terreno corresponde a un nivel eoceno constituido por margas de tonos grises, en las que se intercalan eventualmente niveles arcillosos de color gris oscuro y niveles de areniscas calcáreas de grano medio a fino de color grisáceo. La estratificación del macizo presenta buzamientos de 45° desde la cresta de la sierra hacia la boca sur del túnel y se dan diaclasas moderadamente espaciadas entre 20 y 200 centímetros. Tras el túnel de Gongolaz aparece el canal, ya a cielo abierto, con una longitud de 2.750 m y de las mismas características que el del subtramo 1 B del primer tramo y que mediante la obra de conexión correspondiente finaliza en el túnel de Zabalceta.

Al igual que en el tramo 1, a los arroyos que cruzan la traza del canal se les da continuidad con ocho obras de drenaje compuestas unas por marcos de 2 x 4 m y otras por tuberías que oscilan de 1,10 a 1,60 m de diámetro.

La plataforma del canal es igual que la del tramo 1 B, con banqueta de servicio de ancho 5 m, y en la margen contraria un camino de servicio asfaltado de 6 m de ancho que está unido a las carreteras actuales mediante cuatro caminos de acceso de longitud conjunta de 2.435 m, tres de los cuales cruzan el canal mediante estructuras de paso formadas por vigas.

En este tramo también se disponen dos almenaras de regulación, con compuertas Taintor de 3,5 x 4 m y un aliviadero de seguridad, una a la entrada del túnel de Zabalceta y otra a la salida del mismo.

El túnel de Zabalceta tiene su origen en el pk 4+350, después del tramo a cielo abierto. El trazado en planta comienza con una alineación recta seguida de curvas de radio 1.000 m y tramos rectos alternos, acabando en un tramo recto en la desembocadura. La longitud desarrollada del túnel es 5.850 m. La pendiente longitudinal es descendente del 0,06 % en el sentido de avance del agua, funcionando el túnel en régimen de lámina libre con un grado de llenado máximo del 75%. El recubrimiento del túnel oscila entre 18,7 y 84,2 m

En el inicio del túnel y durante los primeros 170 m aparece una formación de margas arcillosas grisáceas, similares a las Margas de Pamplona pero con mayor contenido en arcillas, que se van estratificando al avanzar el túnel dándose una alternancia con areniscas caracterizadas por la existencia de abundantes ripples. En los siguientes 4.200 m el túnel se sitúa en una formación consistente en depósitos oligocenos de lutitas rojizas con canales constituidos por limos y arcillas, y con presencia de yeso rellenando las fisuras a partir de profundidades de entre 20 y 30 m. A continuación y hasta el final se repite la misma serie de materiales descrita al comienzo del tramo, con preponderancia de los niveles de areniscas con ripples, margas fajeadas, margas arcillosas y niveles de arenisca de cemento.

Debido a la complejidad geotécnica del terreno se optó por la decisión de emplear un máquina tuneladora del tipo de "doble escudo telescópico", una solución mixta entre el topo y el escudo y que permite avanzar indistintamente, bien apoyándose contra el terreno mediante grippers, o bien mediante cilindros de empuje contra un anillo de dovelas.

Tanto las obras del tramo 1 como del tramo 2 se complementan con una serie de medidas encaminadas a corregir el posible impacto que causen sobre el medio, intentando integrar el canal en el entorno. Estas medidas son fundamentalmente de dos tipos: protección y estabilización de la laderas creadas mediante la implantación de una cubierta vegetal que evite la erosión superficial al tiempo que reduzca el impacto paisajístico originado por las obras y la realización de plantaciones tanto arbóreas como arbustivas o herbáceas procurando en este caso emplear en lo posible especies autóctonas.

4.3. Tramo3

La longitud total del tramo, referida a su trazado, es de 10.161,055 m, discurriendo a cielo abierto a excepción del sifón proyectado de 110 m, que atraviesa la autovía Huesca-Pamplona. Básicamente el canal discurre en terraplén (8.229,94 m) y en desmonte (1.931,12 m) cruzando el valle del río Elorz y bordeando la sierra de Alaiz hasta las proximidades de la autopista A-15. El final del tramo se sitúa en la Almenara nº7, correspondiente al sifón de Tiebas,

El caudal de diseño para este tramo es de 45 m³/s en toda su longitud, ya que todo el corresponde básicamente

camente a una zona de transporte, no existiendo ningún ramal para riegos, aunque si una derivación de $1\text{ m}^3/\text{s}$ para la toma de abastecimiento de la Comarca de Pamplona, situada cerca de la Almenara final. No obstante, las secciones tipo proyectadas admiten caudales ligeramente superiores al de diseño, de acuerdo con el cálculo de regulación efectuado para todo el conjunto del canal, pudiendo alcanzar con carácter transitorio valores ligeramente superiores a los $50\text{ m}^3/\text{s}$.

Aparte de los accidentes naturales que se resuelven mediante las oportunas obras especiales (terraplenes, desmontes, etc), el trazado afecta también a la carretera N-240 de Pamplona a Jaca, así como a la carretera local Na-234 de Urroz a Campanas.

El canal se proyecta en sección trapecial y con una prolongación vertical mediante una pieza construida "in situ". Esta pieza mejora notablemente la seguridad frente a la caída de vehículos al canal desde las dos banquetas paralelas al mismo. Además está dotado de compuertas para regulación tipo Taintor, situadas en las dos almenaras construidas dentro del tramo.

4.4. Tramos 4-5-18

La construcción de los Tramos 4, 5 y 18, con un total de 17 km de longitud y una capacidad de transporte de $45\text{ m}^3/\text{s}$ en los dos primeros y $2,5\text{ m}^3/\text{s}$ en el último de ellos, supone la gestión de una compleja obra lineal en la que se conjuga un movimiento de tierras de características singulares con la realización de obras especiales de alcance: El Sifón de Tiebas y los Túneles de Campanas, Úcar - Olcoz, Tirapu y Añorbe, además del falso túnel de Tirapu. Todos ellos suponen un total de 6,4 km de desarrollo con una apreciable disminución del impacto sobre el paisaje de la zona. Además, desde el punto de vista funcional, gracias a esta actuación se ponen en servicio las tres primeras tomas para riego del Canal, dotando del recurso hidráulico a un total de 5.769 ha.

La longitud total de la actuación es de 17 km, repartidos de la siguiente forma: Tramos 4 y 5, con 9 y 4 km respectivamente, mientras que el Tramo 18 alcanza los 3,8 km Atraviesa los Términos Municipales de Tiebas, Añorbe, Biurrún-Olcoz, Obanos, Tirapu y Ucar.

El Tramo 4 comienza en la Almenara Nº 7, que constituye a su vez el final del Tramo 3. Por medio de una obra de transición se da paso al Sifón de Tiebas.

Finalizado este, una sección rectangular conduce al Túnel de Campanas aguas abajo del cual se sucede la Toma I y la Almenara Nº 8. Intercalados con sección de transporte a cielo abierto se suceden los Túneles de Úcar - Olcoz y el falso túnel de Tirapu. El Tramo 5 se inicia en la Almenara Nº 9 e, inmediatamente, el Túnel de Tirapu. La Toma II.1 se encuentra entre este último y el de Añorbe. Tras su obra de desembocadura el Canal avanza en sección trapecial hasta la Almenara Nº 11, que accede al vaso de la Balsa de Artajona. El Tramo 18 tiene su origen inmediatamente aguas abajo del Túnel de Añorbe, finalizando en la Toma II.2. Los Tramos 4 y 5 se trazan de Norte a Sur, mientras que el 18 lo hace en dirección Oeste.

El caudal de diseño de los Tramos 4 y 5 es de $45\text{ m}^3/\text{s}$, mientras que el del Tramo 18 es de $2,5\text{ m}^3/\text{s}$. La sección tipo predominante en las secciones que discurren a cielo abierto es la de forma trapecial, mientras que en los túneles se adopta la forma circular, Campanas, o de herradura, Úcar - Olcoz, Tirapu y Añorbe. La longitud total de todos ellos es de 6,4 km, incluyéndose además en este cómputo el falso túnel de Tirapu.

Junto a estas tipologías principales conviven otras significativas. Así, el inicio del Tramo 4 está formado por una canalización en presión, el Sifón de Tiebas, que salva tres infraestructuras de transporte de importancia como la Autopista AP - 15, la carretera N - 121 y el FF.CC. Castejón - Alsasua, materializada como una doble tubería de hormigón armado con camisa de chapa de 320 cm de diámetro nominal. Por otro lado los primeros 315 m del Tramo 18 se desarrollan también en presión con una tubería simple de la misma tipología que las anteriores y diámetro nominal 120 cm.

Cabe destacar además la presencia de una sección tipo rectangular que sirve de transición entre el Sifón de Tiebas y el Túnel de Campanas. Su longitud es de 150 m.

El Canal se articula desde el punto de vista de la regulación y explotación a través de cuatro Almenaras, numeradas de forma correlativa con las de los Tramos precedentes desde la Nº 8 hasta la Nº 11.

Las tomas de riego son otras obras singulares que ya se han mencionado anteriormente.

Todas estas actuaciones se completan con las oportunas obras accesorias: obras de drenaje transversal, drenaje longitudinal, el aliviadero del Tramo 18, cerramiento, así como la ejecución de los caminos de

Toma de riego I y túnel de Ucar-Olcoz en Tramo 4.



servicio, banquetas y reposición de vías de tránsito rodado rural.

El revestimiento de la caja se ha llevado a cabo con hormigón, HM - 20 reforzado con fibras de polipropileno. El espesor del revestimiento en los Tramos 4 y 5 es de 15 cm, mientras que en el Tramo 18 se reduce a 11 cm.

Cabe destacar también, en la ejecución de las longitudes de Canal a cielo abierto, el sistema de puesta en obra de los materiales procedentes del movimiento de tierras. Los terrenos atravesados por la traza se corresponden con una sucesión de margas grises y rojas y areniscas en proporciones variables. Con el fin de optimizar los procesos inherentes al mismo, potenciando su aprovechamiento y mejorando los tiempos de construcción, se optó por ejecutar los terraplenes sin una selección previa más allá de la necesaria para desechar aquellos materiales no aptos para su ejecución. Para asegurar un grado de impermeabilización adecuado a las exigencias del Proyecto, se optó por impermeabilizar la caja en toda su longitud con una lámina PEAD de 1,5m de espesor protegida en ambas caras por sendas capas de geotextil. Bajo la solera de la caja se colocó un paquete drenante de gravas a la que, en las transiciones de desmonte a terraplén o, en caso de amplias longitudes de estos últimos, cada 200 m se le da salida mediante una canalización de PVC de diámetro nominal 160 mm embebido en un dado de hormigón. Esta medida, por otro lado, tiene beneficios adicionales como evitar pérdidas de agua o, en el caso de la explotación del Canal, si éste se vacía rápidamente permite conservar la integridad de la caja disipando las subpresiones que pudieran aparecer.

El primero de los túneles intercalados en los tramos 4, 5 y 18 en orden de aparición es el de Campanas, de 4 km de longitud. Ha sido ejecutado con una tuneladora de doble escudo, capaz de colocar el revestimiento -sostenimiento del túnel a base de dovelas prefabricadas a la vez que realiza la excavación.

Las dimensiones teóricas del diámetro de la misma asciende 6,19 m Las dovelas, en número de 6 por sección, son prefabricadas y de espesor 25 cm, ejecutadas con hormigón HA - 40. Su longitud es de 1,40 m En estos tramos, están asimismo ubicados los túneles de Úúcar - Olcoz, Tirapu y Añorbe.

Estos tres túneles se ejecutaron por métodos convencionales, ya fueran mecánicos o, cuando era precedente, con explosivos.

Sus longitudes respectivas son:

- Úúcar - Olcoz: . . .270 m
- Tirapu:1.300 m
- Añorbe:495 m

Todos ellos adquieren la forma de herradura con base 4,00 m y radio 2,70 m El sostenimiento se realizó a base de hormigón proyectado con fibras de acero y bulones. Cuando las condiciones del terreno eran más desfavorables se ha recurrido al empleo de cerchas TH - 21. El revestimiento es de hormigón armado ejecutado con carro encofrador.

El Tramo 4 tiene la particularidad de albergar la primera de las tomas para riego del Canal de Navarra. La estructura habilitada al efecto, Toma I, se encuentra de forma aproximada a 5,8 km del inicio de la actuación.

La Toma II.1 se encuentra en el Tramo 5 a 2,2 km de su origen. Sus características son similares a las de la Toma I.

En cuanto a la Toma II.2, su situación se corresponde con el final del Tramo 18. Esta circunstancia hace que se configure como una mera estructura de transición para albergar los elementos de regulación y desbaste.

Las hectáreas servidas por cada una de las Tomas en los sectores correspondientes son:

- Toma I:1.220 ha
- Toma II.1:1.186 ha
- Toma II.2:3.363 ha

El Canal de Navarra es una obra lineal respetuosa con el medio ambiente. En lo que respecta a los Tramos de los que tratan estos epígrafes esta realidad se basa en hechos como los siguientes:

La longitud total de sección cubierta es de 7,5 km, incluyendo en este concepto todos los túneles, el falso túnel de Tirapu, y las conducciones en presión. Esta cifra supone más del 44% del total del trazado, con una reducción drástica del impacto visual y paisajístico.

Las obras de drenaje transversal se han adecuado en su totalidad como pasos de fauna.

El importe de las medidas de protección y restauración ambiental suponen aproximadamente un 3,7% del presupuesto total de la obra.

Las breves pinceladas anteriores pretenden indicar la singularidad y complejidad de las obras correspondientes a los Tramos 4, 5 y 18 del Canal de Navarra. Sólo se han desarrollado, de forma muy sintética, aquellos aspectos que se han considerado más relevantes. Tras un largo camino de 31 km abasteciendo a la Comarca de Pamplona poco antes, la realidad del Canal de Navarra como elemento de transporte de caudales de riego se hace realidad a partir del Tramo 4. Las sucesivas infraestructuras de la conducción, en diferentes fases de desarrollo, continuarán el camino comenzado en esta obra, dotando de vitalidad al territorio navarro.

4.5. Balsas de Villaveta y Monreal

El Canal de Navarra ha sido concebido con un moderno sistema de regulación y control que, aprovechando la capacidad de almacenamiento de la conducción y la disociación calado-caudal que se genera en el régimen transitorio, consiguen adaptar la oferta de caudales en el canal, a las demandas que se producen a lo largo de él. Esta regulación propia del canal se complementa con la disposición de balsas intercaladas a lo largo de su trazado cuyos objetivos básicos son: a) evitar el excesivo sobredimensionamiento de la capacidad del canal, que sería necesario para conseguir responder a la demanda, mediante el almacenamiento de volúmenes importantes de agua en lugares estratégicos. b) en los aprovechamientos hidroeléctricos previstos, posibilitar la independencia de éstos del propio funcionamiento del canal. c) evitar vertidos incontrolados en tramos del canal con difícil regulación, tales como sifones o túnel. La balsa de Villaveta y la presa de Monreal son dos de las cuatro balsas para regulación existentes a lo largo de la traza del mismo.

4.5.1. Balsa de Villaveta

Se intercala dentro del tramo 1, dividiendo dicho tramo en dos subtramos bien diferenciados que se han denominado 1A y 1B del Canal de Navarra. Está situada en el Término Municipal de Lónguida. La presa tiene una altura de 44.26 m sobre cimientos, situándose su coronación a la cota 533.70. El eje de la presa es de planta recta con un desarrollo en coronación de 264 m. El embalse creado ocupa una superficie de 0.39 km², correspondiente a su máximo nivel normal

(NMN), con un volumen de embalse de 5,30 hm³, de los cuales para regulación se emplean 1,7 hm³, quedando un embalse muerto importante que ha sido utilizado parcialmente como vertedero de los materiales excavados en la ejecución de los subtramos 1A y 1B mencionados anteriormente. La cuenca vertiente de la regata de Olleta, donde se ubica la presa, ocupa únicamente una superficie de 2,543 Km², habiéndose calculado para ella una aportación media anual de 1,78 hm³.

Cimiento

La cerrada se encuentra situada en la formación de Margas de Pamplona, la cual constituye un depósito turbidítico formado por una alternancia de margas y areniscas en lechos finos. Desde un punto de vista geológico la única singularidad estructural se detectó en la margen izquierda de la presa, correspondiendo a un sinclinal cuyos flancos quedaron parcialmente descubiertos durante las obras de desbroce de la presa. Los ensayos de permeabilidad realizados demostraron que la permeabilidad de esta singularidad era importante, por lo que fue necesario disponer de un tratamiento de impermeabilización hasta una profundidad variable entre 15 y 18 m, más un mínimo de 5 m en el sustrato impermeable para el sellado.

El terreno natural en la cimentación de la presa se excavó hasta alcanzar 1,00 m por debajo del contacto suelo residual-margas alteradas, en el caso del espaldón de aguas arriba de presa. Sin embargo, la estabilidad de la presa hizo necesario bajar hasta el contacto margas alteradas-margas sanas en el espaldón de aguas abajo.

Cuerpo de presa

Se trata de una presa de materiales sueltos con núcleo impermeable central de arcilla y espaldones de grava.

La sección transversal teórica de la presa es trapezoidal de 10 m de anchura en coronación y talud aguas arriba de 2,0 (H) : 1 (V) y aguas abajo de 1,8 (H) : 1 (V), disponiéndose dos bermas intermedias horizontales en el paramento de aguas abajo de 4,00 m de anchura.

En el interior de la presa se dispone un núcleo asimétrico respecto al eje vertical donde tiene una anchura de 4,00 m.

Los paramentos de este núcleo tienen taludes de 1 (H) : 2 (V) aguas arriba y de 1 (H) : 5 (V) aguas abajo, llegando hasta el terreno de cimentación donde se encaja un metro en las margas sanas.

Para proteger el núcleo en su zona de aguas abajo se disponen dos filtros, fino (características de filtro) y grueso (características de dren), con taludes paralelos al núcleo y anchura de 3,00 m. En la zona de agua arriba se dispone un filtro de las mismas características que el filtro fino con talud paralelo al núcleo y anchura de 3,00 m .

En la zona de aguas abajo, ambos filtros, fino y grueso, se prolongan horizontalmente para proteger la zona del cimientado del espaldón de presa, siendo el espesor de 2,00 m, en el caso del filtro fino y 1,00 m en el caso del filtro grueso prolongándose hasta el pie de aguas abajo. La protección horizontal se extiende a lo largo de todo el cimientado de presa en las secciones centrales y 4,00 m en estribos.

En la presa construida se empleó como material para el núcleo los suelos aluviales, eluviales y coluviales existentes en la cerrada y vaso del embalse así como los aluviales del río Erro, y como material para los espaldones los depósitos de terraza existentes en zonas próximas a la presa. Con respecto a los materiales que constituyen los filtros se emplearon los depósitos de terraza. La escollera empleada procede de canteras comerciales de la zona.

Obra de toma y aliviadero

En el estribo derecho de la presa se sitúa la obra de toma para el Canal de Navarra correspondiente al tramo 1B del mismo, donde se ubica además el aliviadero del embalse.

La toma del canal se proyecta con dos conductos independientes de sección rectangular de dimensiones 3,50 x 1,75 m, disponiendo para su control de ataguía, compuerta de paramento y compuerta tipo Taintor de 3,00 m, y que atraviesan el dique de hormigón en masa que conforma el estribo de la presa para continuar después hasta alcanzar la obra de transición a la sección tipo del canal correspondiente al tramo 1B.

Como ya se ha dicho anteriormente, integrado en la obra de toma y en su margen derecha, se dispone un aliviadero de labio fijo de pared delgada, de planta rectangular y desarrollo de 12,00 m que vierte sobre un cuenco, con un ancho de 2,50 m y longitud de

9,25 m, desde donde se inicia el canal de descarga de 41 m de longitud que atraviesa el estribo de la presa y conecta con el inicio de la transición al Canal de Navarra de forma simultánea a las tomas del canal descritas anteriormente.

El canal de descarga es de sección cuadrada de dimensiones 2,50 x 2,50 m El funcionamiento hidráulico tanto de los conductos de toma aguas abajo de la compuerta tipo Taintor como del canal de descarga del aliviadero es en lámina libre.

Desagües de fondo

Los desagües de fondo se encuentran en una galería situada en una excavación en zanja en la margen izquierda del arroyo con una ataguía y contra-ataguía situadas en sus extremos. La galería tiene dos secciones tipo fundamentales: una primera hasta el tapón con una sección circular de radio 1,5 m interior, constituida por chapa de palastro de 12 mm de espesor, embebida en un dado continuo de hormigón armado. Se trata de un tramo de galería no visitable de 66 m de longitud. En el resto la sección tipo es una galería visitable rectangular con bóveda de medio punto de dimensiones interiores, 3,20 m de ancho por 4,12 m de altura hasta la clave, y cuya longitud alcanza los 119,6 m

En el interior del tapón se sitúa una pieza pantalón mediante la que se pasa de la sección circular de 1,50 m de diámetro a dos tuberías de 0,75 m de diámetro.

En las tuberías circulares y próximo al tapón, se sitúa un tramo con sección rectangular de 0,56 x 0,50 m donde se colocan dos compuertas tipo Bureau en cada conducto, accionadas por motores eléctricos y con posibilidad de accionamiento a mano.

Los últimos metros de galería pertenecen a la obra de restitución al cauce. Esta obra tiene una longitud de 17,40 m La solera es horizontal y está situada a la cota 489,48.

4.5.2. Balsa de Montreal

Tras los estudios de simulación planteados en el primer sector de regulación se demostró la inviabilidad de la regulación del tramo del canal afectado por el túnel de Zabalqueta. Ello se debía a su gran longitud (5.917 m) y a su elevada pendiente en relación al canal (cuatro veces superior).

Para su resolución existían dos posibilidades: (1) la ubicación de una almenara de compuertas en el interior del túnel, o (2) disponer de una balsa de regulación a la salida del túnel. La primera de ellas no es recomendable por la dificultad de su instalación, lo caro de su mantenimiento, además de la lentitud en la reparación de posibles anomalías, implicando un cierto riesgo para el conjunto del canal. Por ello se optó por disponer de una balsa de regulación a la salida del túnel de Zabal-ceta, Balsa de Monreal, con la finalidad de recoger los caudales ante paradas bruscas, y por otro lado, facilitar las respuestas del canal ante la demanda de los tramos aguas abajo.

La Presa de Monreal se intercala entre los tramos 2 y 3 del Canal de Navarra en el cauce del río Unciti, ubicándose en los términos municipales de Unciti y Monreal.

La cuenca vertiente sobre la Presa ocupa una superficie de 29,06 km², habiéndose calculado para ella una aportación media anual de 12,30 hm³.

El embalse creado ocupa una superficie de 10,57 Ha al nivel correspondiente a su máximo nivel ordinario, situado a la cota 517,50 m y con un volumen de embalse de 0,59 hm³.

Cimiento

La cerrada se encuentra situada en la misma formación Margas de Pamplona mencionada anteriormente para Villaveta. El apoyo se efectúa sobre materiales muy competentes, las margas que buzán fuertemente hacia aguas arriba, lo que da una gran estabilidad al conjunto e impermeabiliza adecuadamente la cerrada y el vaso.

La capa más superficial de esta formación eocena está formada por arcillas marrones resultantes de la alteración de las margas. El espesor de este recubrimiento muy alterado oscila entre 2 y 3 m, aproximadamente. Infrayacentes a esta capa se encuentran margas grises algo alteradas que pueden considerarse como rocas blandas.

La cimentación en los bloques del aliviadero se realizó en la marga sana, y el resto sobre la marga fracturada. Los estribos de escasa altura se cimentan algo más superficialmente, pero siempre sobre margas alteradas, rebasándose las capas superficiales de gravas y limos.

Cuerpo de presa

La presa proyectada es de gravedad (hormigón en masa), con paramento agua arriba vertical y talud aguas abajo 0,8 horizontal, 1 vertical (0,8H:1V).

La planta es quebrada con dos alineaciones rectas, con una altura sobre cimientos de 18,77 m y una longitud de coronación de 338,24 m.

La cimentación de la presa se realiza mediante bloques cimentados a distintas cotas, con una longitud máxima de 15 m. La máxima diferencia de cotas entre apoyos de bloques contiguos es de 4 m. El número total de bloques es de veintidós.

La presa dispone en el talud agua arriba de un sobreancho de forma triangular con 2 m de base y 6 m de altura que permite el hormigonado contra el terreno. De forma semejante en el talud aguas abajo se hormigona con 2 m de altura contra el terreno con una curva de radio 2 m.

La coronación de la presa se sitúa a la cota 519,90 m disponiéndose de un murete aguas arriba de 0,70 m de altura, que aumenta el resguardo necesario de seguridad. El cuerpo de la coronación tiene un ancho de 3 m, que quedan aumentados por los voladizos a 5 m de calzada más unos acerados de 1,75 m de anchura aguas arriba y 0,50 m aguas abajo. Los vuelos de coronación se han construido mediante la ejecución de losas de hormigón armado que apoyan sobre ménsulas salientes desde el cuerpo de presa con una modulación de 8,0 m, en ambo paramentos.

A diferencia de la coronación descrita, en el tramo de aliviadero el camino de coronación discurre sobre unas losas-vigas, de 8 m de luz, apoyadas sobre los correspondientes tajamares o pilas.

El hormigón del cuerpo de la presa es tipo HM-20/B/40/I hasta la cota 518,55 m y a partir de ahí hasta la coronación es del tipo HA-25/B/20/IIa, ya que va armado, y tiene funciones resistentes. De igual forma las ménsulas de la presa se han construido con hormigón HA-25/B/20/IIa.

Aliviadero

El aliviadero de la presa es de labio fijo, situándose sobre el cauce del río en la parte más alta de la presa. Tiene una longitud de 60,50 m. El vertedero dispone de un perfil Creager con seis vanos de 9,50 m, con pilas intercaladas de 0,70 m de espesor, quedando una longitud efectiva de vertedero de 56,9 m.



Presa de Monreal
y Tramo3.

La altura máxima de vertido es de 1,10 m para un caudal punta de avenidas de $137 \text{ m}^3/\text{s}$ producido por un aguacero de 96 horas de duración y 500 años de período de retorno.

El vertedero dispone de un cuenco amortiguador tipo cámara de resalto de 13,20 m de longitud, del que parte un canal de descarga, excavado en tierras de 278 m de longitud que permite separar los vertidos de la presa conduciéndolos hasta el cauce natural del río.

Obra de toma conjunta del Canal

Se ha construido una obra de toma conjunta para el tramo 3 del Canal de Navarra y para el suministro de pequeños caudales para abastecimiento.

La obra de toma del canal, incorporada al cuerpo de presa, está constituida por dos conductos de dimensiones de 2,50 m de altura y 2,50 m de anchura con salida abocinada, para conseguir la disminución de los caudales máximos de desagüe, y con la entrada también abocinada para compensar la pérdida de área hidráulica debida a las pilas y traviesas colocadas para impedir el acceso a los conductos de elementos gruesos arrastrados por el agua. En la embocadura se ha colocado un enrejado de hormigón para evitar los problemas de mantenimiento inherentes a las rejillas metálicas, pero impidiendo el paso a los conductos de la toma de los objetos o materiales de gran tamaño que puedan perturbar el funcionamiento normal de la toma de agua o del Canal de Navarra.

Tras las transiciones de la embocadura y previamente a la entrada de los conductos mencionados se sitúan dos compuertas Vagón, que se controlan mediante la incorporación de una cámara en coronación para el alojamiento de los dispositivos de accionamiento. La regulación del caudal aportado al Canal de Navarra lo realizan dos compuertas radiales de $2,50 \times 2,00 \text{ m}^2$, situadas al final de los $13,00 \text{ m}$ de los conductos. Estas compuertas se sitúan fuera de la caseta de control para facilitar su mantenimiento o sus eventuales reparaciones.

Se ha incorporado a la toma de agua de la presa una toma de agua independiente para el suministro de pequeños caudales para abastecimiento. Con ello, se evita el que las compuertas de regulación del canal tengan que funcionar con aperturas muy pequeñas cuando no existe demanda para riego y también se asegura el abastecimiento de agua urbano incluso aunque las compuertas de la toma de agua para riego se encuentren, por cualquier causa, fuera de servicio. Esta toma está constituida por una tubería metálica horizontal de 600 mm de diámetro, provista de una válvula de seguridad de tipo mariposa y una válvula de regulación del tipo Howell-Bunger, ambas del mismo diámetro que la tubería. La embocadura de la tubería es de sección cuadrada, de $1,25 \times 1,25 \text{ m}^2$ y está provista de una rejilla metálica extraíble de acero galvanizado.

El cuenco amortiguador tiene una longitud de $18,36 \text{ m}$ y una anchura de $10,50 \text{ m}$ permitiendo la salida hacia el canal, de los caudales aportados por las compuertas radiales, en régimen lento. Tras el cuenco amortiguador se ha previsto una transición de $10,55 \text{ m}$ que permite el cambio de la sección rectangular del cuenco, a la trapezoidal del Canal de Navarra.

Para evitar los posibles desbordamientos en el canal debidos a falsas maniobras de gran duración, en la explotación de las compuertas de la presa, se ha construido un aliviadero de vertido lateral en la margen derecha del canal, con una longitud de $30,60 \text{ m}$, que hace su entrega en el canal de descarga del aliviadero. En el punto de entrega hay un encachado de escollera que proteja de la erosión el canal de descarga.

Toma de agua para abastecimiento

La toma para abastecimiento se ha situado entre los conductos de la toma de agua para riego a

una cota que permite una situación óptima de las válvulas desde el punto de vista de su accesibilidad.

Desagües de fondo

El eje de los desagües de fondo coincide, en planta, con el del aliviadero; en alzado el eje de los desagües permite la colocación de la cámara de válvulas adosada a la galería de la presa en el lado de aguas abajo, incorporando válvulas de tipo compuerta que descargan directamente a la atmósfera.

El umbral de la toma de agua se ha situado ligeramente por encima del nivel del cauce del río, prolongándose con dos tuberías de descarga de 600 mm de diámetro. La alimentación de las tuberías se hace mediante dos pozos de $0,60 \times 1,50 \text{ m}^2$. El fondo del pozo se ha situado $1,50 \text{ m}$ por debajo de las tuberías, con lo que se dispone de un colchón suficiente para amortiguar el impacto del agua cuando los desagües funcionan completamente abiertos con pequeños caudales.

La embocadura de los conductos de desagüe ha sido protegida con rejillas extraíbles de acero inoxidable con una sección bruta de $1,50 \times 0,75 \text{ m}^2$, lo que proporciona una velocidad máxima de paso por las rejillas del orden de $3,00 \text{ m/s}$.

Las válvulas descargan directamente a la atmósfera en el interior de sendos conductos de hormigón de $1,00 \text{ m}$ de ancho y $1,50 \text{ m}$ de altura que descargan, a su vez, dentro del cuenco amortiguador del aliviadero. En la solera de estos conductos y sobre su dintel, a la salida, se han dispuesto unos pequeños deflectores para separar las descargas a través del desagüe de fondo y del aliviadero cuando ambas estructuras trabajen conjuntamente. Para la aireación de la lámina a la salida de las válvulas y para evitar depresiones en las inmediaciones de los mencionados deflectores se ha dispuesto un dispositivo de aireación constituido por dos tuberías de 300 mm de diámetro con entrada de aire desde las cámaras de válvulas.

Se han construido dos edificios de control, uno en coronación, correspondiente a la cámara de maniobras de las compuertas tipo Vagón de la obra de toma, y el segundo corresponde a la cámara de maniobras de las compuertas radiales de la toma. ♦