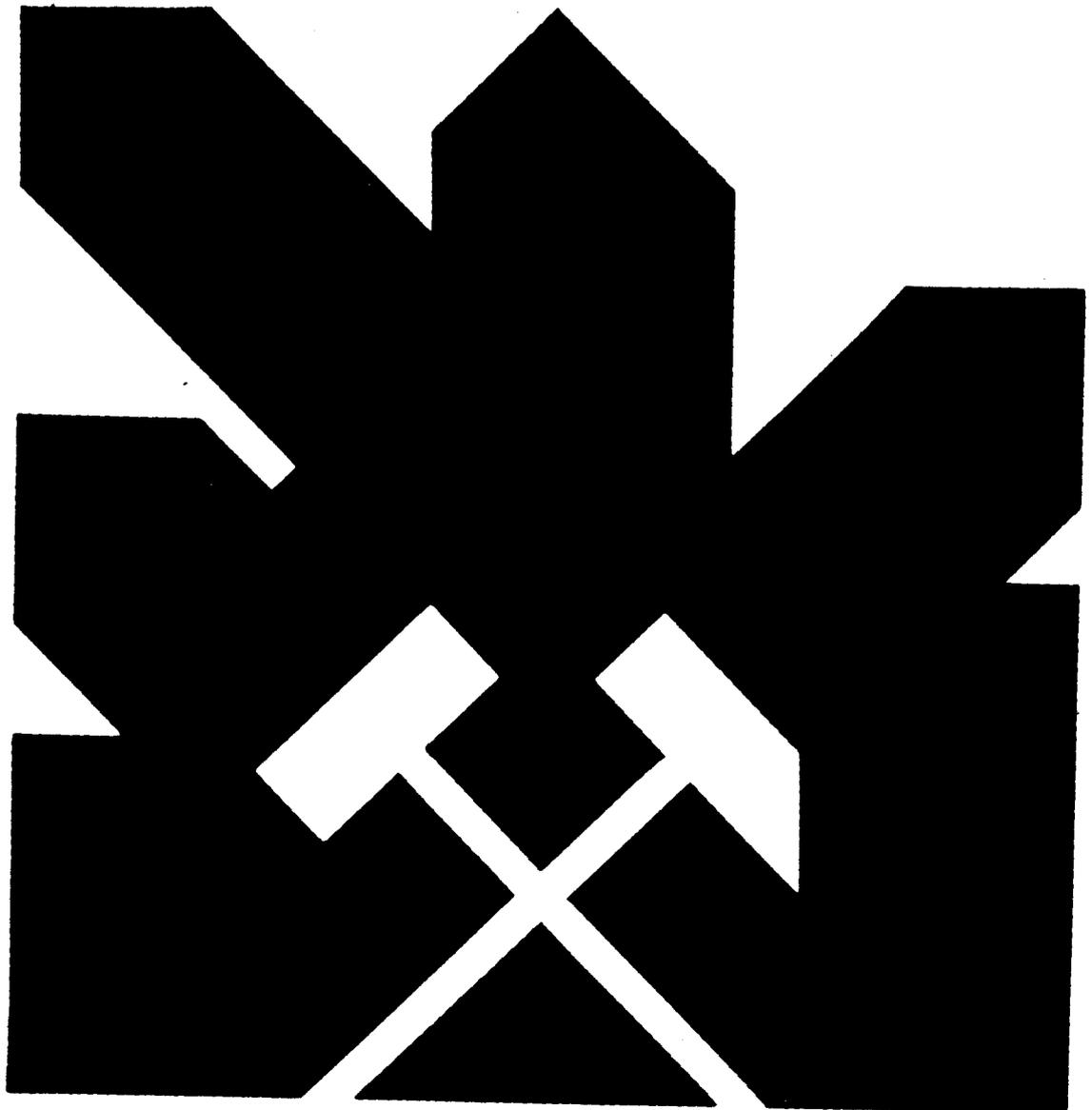


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

DICTAMEN SOBRE EL IMPACTO HIDROGEOLOGICO  
DEL TRASVASE RIO BOEZA-EMBALSE DE BARCENA  
EN EL SISTEMA ACUIFERO DE S. ROMAN DE BEMBIBRE

NOVIEMBRE, 1988



3  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

36113

DICTAMEN SOBRE EL IMPACTO HIDROGEOLOGICO  
DEL TRASVASE RIO BOEZA-EMBALSE DE BARCENA  
EN EL SISTEMA ACUIFERO DE S. ROMAN DE BEMBIBRE

NOVIEMBRE, 1988

## I N D I C E

	<u>Págs.</u>
1.- INTRODUCCION .....	1
2.- OBJETIVOS .....	5
3.- TRABAJOS REALIZADOS .....	7
4.- CARACTERISTICAS DE LA ZONA .....	10
4.1.- Marco Geológico .....	11
4.2.- Esquema Hidrogeológico .....	14
4.2.1.- Definición del Subsistema Acuífero de Bemibre-San Román .....	14
4.2.2.- Esquema de Circulación Subterránea ..	15
4.2.3.- Régimen de recarga y descarga .....	17
5.- IMPACTO HIDROGEOLOGICO DEL CANAL .....	21
6.- ANALISIS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS .....	27
6.1.- Planteamiento .....	28
6.2.- Análisis por tramos .....	29
7.- CONCLUSIONES .....	34

1.- INTRODUCCION

El proyecto para la construcción, por parte de la Empresa Nacional de Electricidad, S.A. (ENDESA), del Traslase Medio del Rio Boeza al Embalse de Bárcena, cuyo primer tramo de conducción discurre entre los pueblos de Bembibre y San Roman de Bembibre, ha dado lugar a un conflicto de intereses entre ENDESA y los vecinos de la segunda localidad al entender estos que la traza del canal atraviesa el acuífero que es aprovechado por numerosas captaciones de tal manera que:

- a) "La obra representa una barrera al agua que dejará seca la zona aguas abajo".
- b) "El camino favorable será la excavación, con lo que las aguas discurrirán alrededor de un falso túnel".

Por este motivo ENDESA preparó un "Anexo al Proyecto de Traslase del Boeza" para añadir al canal un acondicionamiento complementario cuyo objeto es la restitución del acuífero.

Estas modificaciones de las obras del canal son rechazadas por los vecinos de S. Román con el apoyo de un informe técnico elaborado por un consultor particular.

Con estos antecedentes, ENDESA ha solicitado al Instituto Tecnológico y Geominero de España la elaboración de un dictamen técnico sobre la solución ofrecida en el citado Anexo de cara a la restitución del acuífero, y, eventualmente, la proposición de soluciones complementarias.

En este informe se recoge una síntesis de los trabajos y estudios realizados por el ITGE para la identificación de las características hidrogeológicas de la zona de litigio, el análisis del impacto hidrogeológico del canal sobre el sistema acuífero y una valoración pormenorizada de las soluciones propuestas por ENDESA para la restitución hidrodinámica del acuífero junto con las modificaciones que se consideran convenientes para una mayor eficacia de las mismas.

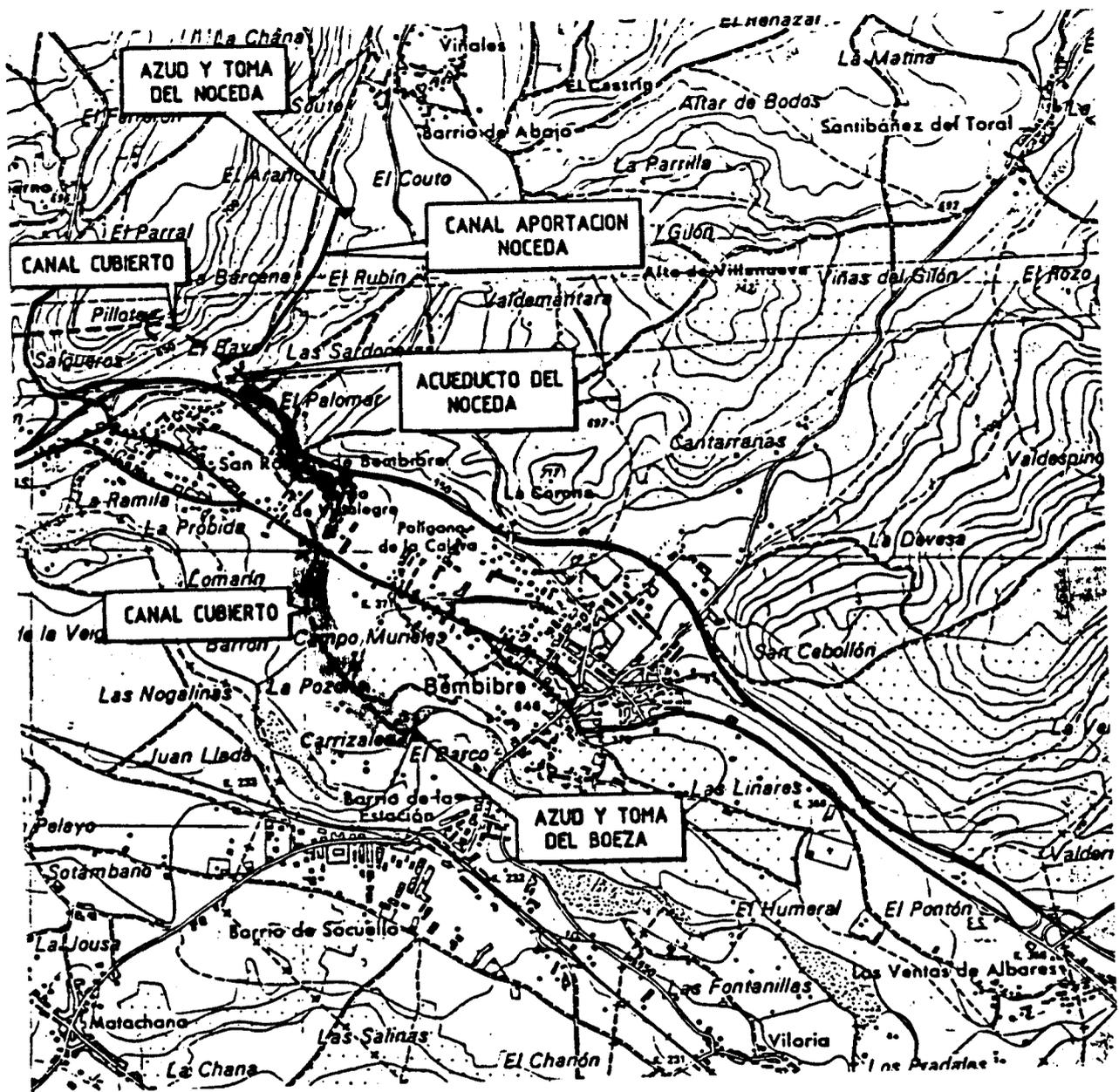


Fig. 1.— PLANO DE SITUACION DE LAS OBRAS

2.- OBJETIVOS

De acuerdo con el documento de solicitud de dictamen cursado por ENDESA al ITGE, los objetivos del estudio se concretan en:

a) Determinar si las soluciones y forma de ejecución del canal son adecuadas al problema y el acuífero se reconstituirá una vez terminada la obra, bien por si o ayudado por el bombeo, con lo que los manantiales no se verán afectados apreciablemente.

b) Indicar, eventualmente, la necesidad de otras actuaciones complementarias.

3.- TRABAJOS REALIZADOS

La elaboración del presente informe se ha basado en el análisis de la documentación aportada por los vecinos de San Román (Informe del ICCP, D. Alberto Pérez Alfonso) y por ENDESA (Anexo al proyecto de Tránsito e información verbal de los técnicos responsables), así como de la información suministrada por los trabajos complementarios siguientes realizados por ENDESA:

- Inventario de puntos de agua, pozos y manantiales de la zona afectada. Se han controlado más de 100 pozos y 7 manantiales.
- Nivelación topográfica de precisión y medida de nivel de agua en una red de pozos seleccionados.
- Aforo de la práctica totalidad de los pozos con el fin de conocer los caudales de producción y tener una idea de la transmisividad del acuífero. Debido a la premura de tiempo, estos aforos han debido realizarse con una duración muy corta, de modo que los caudales medidos constituyen una aproximación por exceso de los valores reales porque en el tiempo de las pruebas (del orden de 30 minutos como máximo) la respuesta del pozo de bombeo depende de los mecanismos elásticos del acuífero y por ello la estabilización es virtual. Por la misma razón y por la influencia del efecto de almacenamiento de los pozos, los valores de transmisividad obtenidos deben ser conside

rados con reservas ya que corresponden más bien a un período transitorio que a un régimen estabilizado.

- Reconocimiento por medio de una campaña de Geofísica eléctrica (S.E.V.) con objeto de apoyar las calicatas y establecer el perfil geométrico del terreno a lo largo de la traza del canal.

Con todo ello y junto a la documentación geológica recogida de la base documental del IGME, y el apoyo de reconocimientos directos sobre el terreno, se ha realizado el estudio que se recoge en este informe. Con el objeto de tener un soporte consistente para apoyar de una manera racional el dictamen, se ha procedido con la siguiente sistemática:

- 1º Identificar y sintetizar el esquema hidrogeológico de la zona.
- 2º Analizar el impacto del canal en el flujo subterráneo.
- 3º Valorar las medidas correctoras necesarias para restituir el equilibrio hidrodinámico inicial del acuífero.

4.- CARACTERISTICAS DE LA ZONA

#### 4.1.- MARCO GEOLOGICO

En la figura 2 se incluye una cartografía geológica de la zona en estudio a escala 1/25.000, procedente del Proyecto de Revisión y Síntesis Geológico-Minera de la Cuenca Carbonífera de "El Bierzo" (LEON) realizado por el IGME en el año 1984.

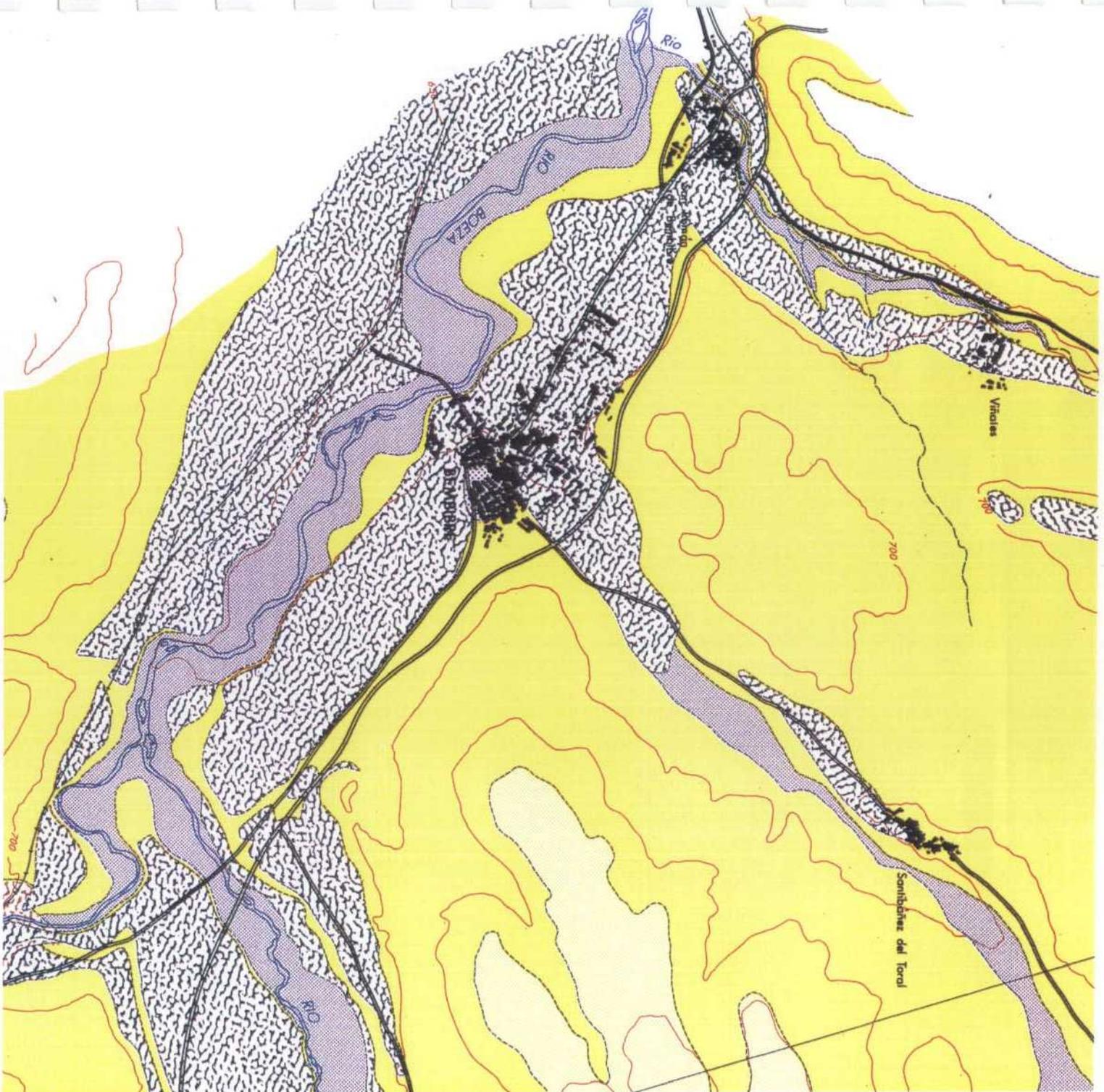
En la zona de interés hidrogeológico aparecen en superficie materiales Terciarios y Cuaternarios que cubren el substrato general de edad Paleozoica.

El Terciario está constituido por materiales continentales de edad Miocena (probablemente Vindoboniense), que rellenan la cuenca intramontañosa del Bierzo de la cual forma parte el valle de Boeza, y pertenecen a la denominada Facies Santalla, caracterizada por sedimentos de color pardo-rojizo arenosos y arcillosos con algunas intercalaciones de gravas. En el sector Bembibre-San Román predominan los sedimentos arcillosos que aparecen sobreconsolidados y duros; localmente son denominados barropeña.

Dentro del Cuaternario se distinguen dos tipos de materiales:

- Por un lado, los Aluviones más recientes que constituyen el lecho actual del río.

- Por otro lado, las Terrazas, sobre las que se asientan los núcleos de Bembibre y San Román. Concretamente corresponden a las Terrazas T4 y T5 según la diferenciación adoptada por el IGME en la hoja del MAGNA nº 159 "Bembibre". En la cartografía no se han diferenciado los dos niveles aterrazados que están formados por un conjunto heterométrico de gravas y arenas con una matriz limo-arcillosa.



LEYENDA

CUATERN.		Derrubios de lodera
Terrazas		
Aluvial		
Pliocuaternario		
Terciario		

.....	Contacto normal
-----	Contacto discordante
-----	Contacto discordante supuesto

Fig. 2.- PLANO GEOLOGICO

## 4.2.- ESQUEMA HIDROGEOLOGICO

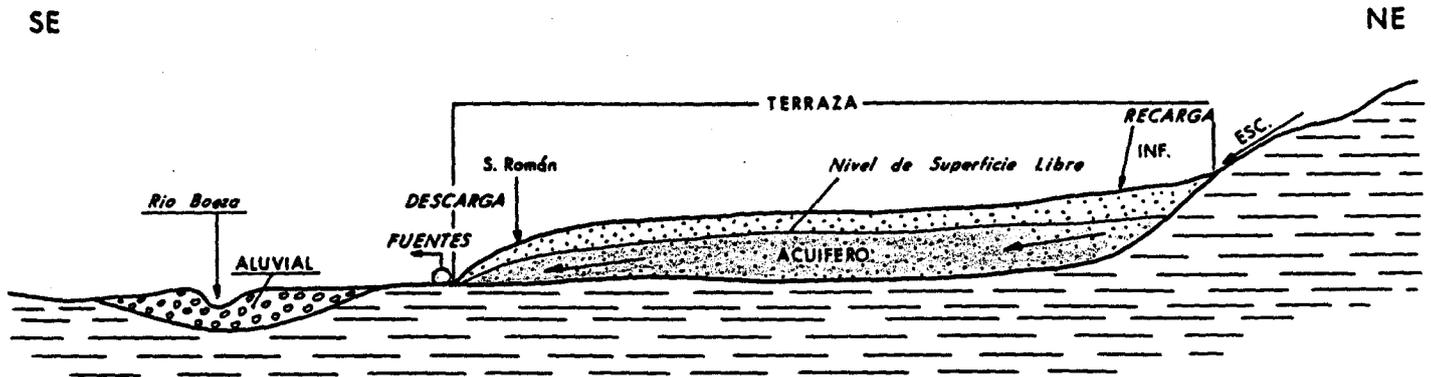
### 4.2.1.- Definición del Sistema Acuífero

Las Terrazas T4 y T5, sobre las que están situadas las poblaciones de Bembibre y San Román, forma una franja en doble U que se adosa a los relieves terciarios situados al N y E respectivamente de los pueblos citados, prologándose los brazos de la U hacia el norte por el río Noceda y el arroyó de Bembibre, y hacia el E por el río Boeza.

Este conjunto de terrazas constituye un Sistema Acuifero de pequeña extensión cuyo impermeable de base son las arcillas Miocenas (barropeña) que a su vez limitan el Sistema desde el punto de vista hidrogeológico ya que afloran a lo largo de todo el perímetro de la terraza, separándola de los aluviales actuales de los rios y constituyendo el nivel de descarga del manto de saturación. Se trata pués de un acuifero libre colgado cuya estructura se representa de forma esquemática en la figura adjunta que tiene únicamente carácter ilustrativo y se ha dibujado sin escala. Según los datos que se poseen de los pozos, el espesor de acuifero saturado oscila entre 0,5 y 3 metros.

Superficialmente el Sistema coincide exactamente con el afloramiento de terraza reflejado en la cartografía.

En el área de interés de este estudio, zona Bembibre-San Román, el esquema hidrogeológico definido por el plano de isopiezas de la figura 4, indica la existencia de un Subsistema limitado por dos umbrales de piezometría que posiblemente corresponden a zonas de elevación del substrato (barropeña). Uno de los umbrales va desde, aproximadamente, la toma del trasvase hasta el cerro situado al NO de Bembibre, y el otro coin-

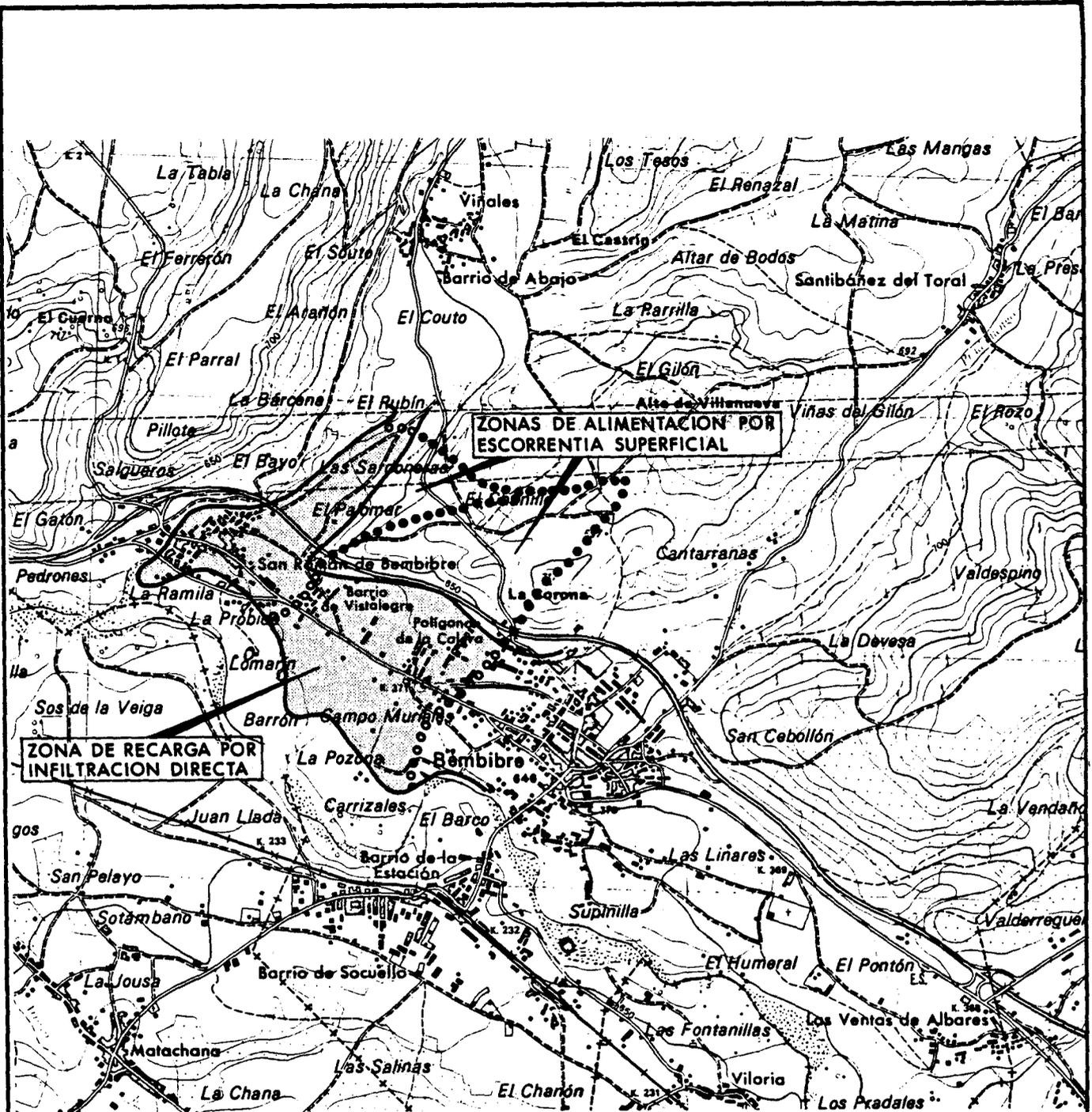


CORTE ILUSTRATIVO SIN ESCALA DEL SUBSISTEMA ACUIFERO EN LA ZONA DE S. ROMÁN.

cide con un estrechamiento de la Terraza a la altura del Arroyo de la Vega al NE de San Román. La delimitación del Subsistema se indica en la figura 3. Los restantes límites del Subsistema son los afloramientos del impermeable de base (barropeña) que delimitan la terraza. En total, la superficie del Subsistema de Bembibre-San Román, es de 0,85 Km<sup>2</sup>.

#### 4.2.2.- Esquema de circulación subterránea

El esquema hidrodinámico del Subsistema se ilustra en la figura 4 en la que se han representado, con los datos proporcionados por el inventario, las líneas de igual cota de la superficie libre del manto de saturación trazadas con intervalo de 1 metro. Estas líneas representan la forma y el sentido de la circulación del agua subterránea en la zona estudiada. Como puede verse, el sentido general del flujo es NE-SO, desde la parte alta de la terraza en contacto con los relieves ter-



- Divisoria de aguas superficiales
- " " " subterráneas (límite a flujo nulo)
- Límite de subsistema por contacto Terraza-Terciario
- ▭ Subsistema Acuífero Bembibre-San Román

Fig. 3.- LIMITES DEL SUBSISTEMA BEMBIBRE-SAN ROMAN Y ZONAS DE RECARGA LATERALES.

ciarios hasta el borde SO donde tiene lugar la descarga a través de los manantiales que han sido el origen de la controversia. La forma de las isopiezas indica tres zonas preferenciales de flujo subterráneo que coinciden exactamente con los sectores de los manantiales que se han situado en la misma figura 4.

Puede hacerse una subdivisión en dos zonas de flujo dentro del Subsistema, situadas a ambos lados de una divisoria subterránea que parece corresponder a un umbral del substrato de barropeña que sería la lógica continuación del afloramiento en pico del Terciario por donde el canal proyectado discurre en su totalidad encajado en el barropeña al NE de San Román. Esta zona alomada podría corresponder a la divisoria de antiguos cauces de los ríos Noceda y Boeza.

En el borde de terraza que linda con el cauce actual del río Noceda se observa otro umbral piezométrico asociado a una elevación del substrato según ha puesto de manifiesto la geofísica realizada en la traza del canal.

#### 4.2.3.- Recarga y Descarga

El Subsistema es drenado por medio de una serie de manantiales que surgen en el contacto entre la Terraza y el afloramiento (o subafloramiento tapado por la cubierta vegetal) del barropeña.

En total existen 7 manantiales, denominados con las letras A a G en la figura 4. Según las observaciones realizadas sobre el terreno acerca de la posición de las surgencias, el papel de descarga del Subsistema puede asignarse con seguridad a 5 de ellos, mientras que los otros (B y D) parecen más bien resurgencias de los manantiales C (en el caso de la fuente B)

y E, junto el pozo surgente situado aguas arriba, cuyas aguas se reinfiltan y vuelven a salir aguas abajo.

El caudal total de descarga no es conocido con precisión por la dificultad que presenta la medida de los manantiales A y C. En los aforos realizados en el mes de junio de 1988, se les asignan caudales respectivos de 3 y 4,6 l/s. En las medidas realizadas en noviembre (bajo la supervisión del ITGE) no se han podido medir, por imposibilidad física de recoger adecuadamente el caudal de emergencia. Esto hace pensar que esas cifras están sobrevaloradas, sobre todo teniendo en cuenta que el aforo de la fuente C constió en embalsar el agua aguas abajo de la surgencia y efectuar una extracción por bombeo, procedimiento que es absolutamente inadecuado para medir un caudal fluyente.

Por el contrario, si han podido medirse con fiabilidad los manantiales que existen en el núcleo de San Román. Los resultados obtenidos son:

	<u>nov. 88</u>	<u>junio 88</u>
FUENTE D :		
" E:	0,40 (l/s)	0,9 (l/s)
" F:	1,0 (l/s)	1,6 (l/s)
" G:	0,54 (l/s)	2,8 (l/s)

Las diferencias observadas pueden ser atribuidas en el caso de las fuentes E y F a que las medidas de junio corresponden a un periodo húmedo y las de noviembre a un periodo seco. En el caso de la fuente G la diferencia parece excesiva para ser atribuida sólo a la variación estacional (la variación podría ser del simple al doble) por lo que teniendo en cuenta el rigor en la medida supervisada por el ITGE en noviembre de 1988, se considera como más fiable este dato.

Los caudales de las fuentes A y C, a falta de medidas fiables, se pueden considerar del orden de 3 y 4 l/s respectivamente.

Es decir, que el caudal total de descarga es del orden de 9 a 12 l/s.

La alimentación del Subsistema tiene dos componentes,

- por un lado la infiltración del agua de lluvia que precipita directamente sobre la terraza, y
- por otro lado, la aportación de agua procedente de la escorrentía superficial originada por la lluvia en el Terciario situado aguas arriba de la terraza cuya superficie vertiente es de 0,46 Km<sup>2</sup>, (ver situación en figura 3).

Para estimar la cuantía de las dos aportaciones se ha tomado como referencia un estudio realizado por ENADIMSA para la estación de Ponferrada del I.N.M.) que tiene un régimen climático similar al de Bembibre, en el cual se utilizó una aplicación diaria del método de Thornthwaite (programa THORDIA, ENADIMSA 1982) para un período de registros termopluviométricos de 30 años (1952/53-1981/82).

Los valores medios obtenidos para la zona de estudio, considerando valores de reserva útil o retención máxima del suelo de 50 mm, que es un valor que dará una estimación por exceso, son los siguientes:

- . Precipitación media P = 630 mm/año
- . Temperatura media t = 12,6°C
- . Evapotranspiración potencial ETP = 125 mm

- . Evapotranspiración real ETR = 351 mm
- . Lluvia útil media LU = 280 mm
- . Infiltración media INF = 222 mm
- . Escorrentía superficial media ESC = 58 mm

De acuerdo con estos valores la alimentación directa por infiltración en la Terraza (INF) es del orden de 6 l/s y la aportación lateral procedente del Terciario (INF + ESC) se evalúa en 4,1 l/s. Es decir, los recursos totales medios del Subsistema de Bembibre-San Román son del orden de 10 l/s, cifra coherente con las descargas por manantiales.

5.- IMPACTO HIDROGEOLOGICO DEL CANAL

En la figura 4, junto con las líneas isopiezas se ha dibujado la traza del canal con el fin de visualizar la forma en que la obra intercepta las líneas de flujo del agua subterránea.

Considerando que entre la toma en el río Boeza y el inicio del acueducto sobre el río Noceda, la cota de la solera del canal varía desde 628,4 a 626 m.s.n.m. y la altura es de 3,80 m, es evidente que la conducción interfiere en el flujo subterráneo de manera clara aunque con influencia distinta según el tramo que se considere.

Así, en el tramo comprendido entre el origen y el vértice 6 el canal tiene una posición frontal respecto al flujo del agua, quedando el paso casi libre a la altura del vértice V4 (zona saturada con cota menor o igual a 628) pero interceptando mayor zona saturada hacia los vértices V-2 y V-6.

Entre los vértices V6 y V8 el canal corta transversalmente al flujo penetrando en la zona saturada todo el tramo, de modo que se disminuye sensiblemente la sección de paso de agua e incluso la anula totalmente en una longitud de unos 200 metros antes de encajarse totalmente en el barropeña.

Desde un poco antes del vértice V8 hasta pasado el vértice V12 (150 m aguas abajo), el canal tiene toda su sección encajada en el Terciario (barropeña) por lo que no ejerce ninguna afeción sobre el flujo subterráneo de la Terraza.

Por último, desde unos 150 metros del vértice V12 hasta el inicio del acueducto el impacto sobre el acuífero es similar al del tramo V6-V8.

En estas condiciones, tomando como línea de referencia la divisoria subterránea que divide las dos zonas de flujo del Subsistema (ver apartado 4.2.2.) y pasa aproximadamente por el vértice V10 del canal, el impacto de la obra es diferente a ambos lados de la citada divisoria.

Al este de la divisoria, el canal actuaría como barrera con una línea de paso preferencial a la altura del vértice V4 donde el substrato forma una vaguada que debe corresponder a un paleocauce. Si el relleno de la zanja del canal se hiciera con material de la terraza, es decir, si la permeabilidad actual no variase, el efecto del canal sería de una barrera parcial al paso del agua que se embalsaría aguas arriba de la obra hasta que el aumento de gradiente compensase la pérdida de sección de paso de forma que el caudal de paso bajo el canal fuese el mismo que con la sección saturada natural. Pudiera ocurrir que el aumento de gradiente hidráulico necesario fuese tan grande que el nivel de saturación se elevase hasta rebosar por encima del canal o hasta el Oeste vertiendo en último caso en la curva del río aguas arriba de la toma del Trasvase donde la cota máxima de lámina de agua será de 631,5 frente a los 629-630 m.s.n.m. de la actualidad.

Para ilustrar la descripción anterior se ha realizado un cálculo considerando la que se podría denominar "cuenca vertiente subterránea" de la fuente A, cuyo caudal es conocido. Como base del cálculo se utiliza la conocida ley de Darcy que proporciona el caudal (Q) que pasa por una determinada sección acuífero (s) en función de la permeabilidad del acuífero (K),

de la sección de paso (S) y del gradiente hidráulico (i), mediante la expresión  $Q = K.s.i$  (I).

De los cuatro datos, el único desconocido es la permeabilidad del acuífero (K) ya que los aforos realizados no permiten calcular un valor fiable. No obstante, este hecho no es limitativo porque el cálculo que se plantea se basa en que el caudal de agua subterránea que llega a la traza del canal en la sección considerada (figura 4) es igual antes y después de la construcción del canal, y se trata de determinar el gradiente necesario para que el mismo caudal actual pase a través de la sección reducida después de la construcción del canal. Se trata pues de igualar las expresiones (I) para las situaciones anterior y posterior a la existencia del canal con Q y K constantes. (\*)

- SITUACION ACTUAL

$$S_A = 1.330 \text{ m}^2$$

$$i_A = 0,018$$

- SITUACION FUTURA

$$S_F = 875 \text{ m}^2$$

$$i_F = \text{desconocido}$$

Como K y s serían las mismas, igualando la ley de Darcy para las dos situaciones, se obtiene:

$$i_F = \frac{S_A \cdot i_A}{S_F} = 0,027$$

---

(\*) Las secciones de paso de agua y los gradientes se han obtenido del plano de Perfiles Transversales del Canal (nº de referencia Endesa 0169-1784/4113) y del plano de isopiezas elaborado en este estudio.

Tomando como origen de distancia la traza del canal en la vertical de la fuente A, como cota de referencia 628 que es la de solera del canal en ese punto, la aplicación de ese gradiente equivale a añadir a la cota 628 una altura de 2,7 m cada 100 metros. Esto significa que, conservando un esquema similar al actual en la distribución del flujo, la isopieza de cota 632 pasaría a tener cota 634 y la actual de cota 634 pasaría a ser 639. Como la cota máxima de coronación del canal es aproximadamente 632 en la toma, disminuyendo el sentido de avance del agua, esto quiere decir que en el tramo V6-V8 el agua rebosaría por encima del canal y una buena parte del flujo, que pasa actualmente por el tramo V6-V8 cambiaría de dirección y se dirigiría hacia la fuente A. Por su parte, en la zona de captación en el Boeza la divisoria subterránea se trasladaría al Este descargando parte del agua en el río.

Es decir, habría una modificación notable del régimen de flujos, quizá con pérdida de agua por descarga inducida hacia el río Boeza en la zona de toma y con disminución en el aporte hacia la zona de descarga de las fuentes B y C en beneficio del caudal drenado en la zona de la fuente A que sería de la misma cuantía que la merma en la zona de B y C.

En el sector comprendido entre el vértice V12 y el río Noceda, la construcción del canal sin introducir obras correctoras desviaría hacia el río Noceda una parte del flujo procedente del sector de terraza situado aguas arriba del canal que aporta aproximadamente el 25% de los recursos de infiltración directa en la terraza y la totalidad de los aportes superficiales procedentes del relieve terciario adyacente. En total se podría evaluar el agua detraída en un 50% del total de la descarga media de los manantiales como máximo.

Es preciso resaltar que todos los razonamientos anteriores no son más que un intento de aproximación más cualitativa que cuantitativa puesto que en un cálculo analítico no es posible manejar conjuntamente todas las variables del problema (espesores de acuífero, permeabilidades, gradientes, caudales de recarga y descarga) que únicamente serían abordables de forma global mediante tratamientos de cálculo informatizado, esto es, con un modelo matemático de flujo que "a priori" no se ha considerado por suponer un coste económico y temporal desproporcionado con la dimensión del problema planteado, puesto que en último extremo la restitución de un caudal continuo de 10 l/s no es un problema insalvable en una zona de recursos de agua, superficiales y subterráneos, abundantes.

A pesar de la limitación apuntada, el problema se ha analizado con el rigor conceptual necesario que proporciona el estado actual de la Hidrogeología.

6.- ANALISIS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

### 6.1.- PLANTEAMIENTO

En este apartado se realiza un análisis de las soluciones propuestas por ENDESA en el Anexo al proyecto original para la restitución del acuífero.

El análisis se ha hecho partiendo de la base de que el volumen de agua que circula por el acuífero es el mismo en cualquier circunstancia y el objetivo es que el flujo procedente aguas arriba del canal pase en su totalidad al sector de terraza situado aguas abajo del canal donde están situadas todas las captaciones (fuentes y pozos) que explotan el acuífero.

El tratamiento cuantitativo del problema tiene las mismas limitaciones señaladas en el apartado anterior y las mismas vías ideales de abordarlo. Se conocen aproximadamente los caudales de descarga y las secciones de paso, pero no se conoce con precisión la permeabilidad del acuífero y sus variaciones espaciales, ni la tendencia que seguirán los gradientes hidráulicos cuando se introduzcan modificaciones en la zona de terraza saturada.

Sobre la base de mantener el caudal global de paso antes y después de la implantación del canal, se parte del valor del caudal dado por Darcy  $Q = K.s.i$  y se hace la hipótesis de que a igualdad de gradiente, el caudal de paso depende del producto  $K.s$  variando estos dos factores de forma inversa, es decir,

si disminuye la sección de paso, deberá aumentar la permeabilidad  $K$  para mantener constante el caudal. Evidentemente si se modifica la estructura del terreno saturado, se van a modificar los gradientes en una medida imposible de predecir, pero es lógico pensar que si con el gradiente actual pasa un determinado flujo de agua se mantienen constante lo que podría denominarse capacidad específica de paso de agua dada por el producto  $K.s.$ , estará garantizado que, como mínimo, pasará esa misma cantidad de agua cualquiera que sea el gradiente hidráulico resultante porque, evidentemente, la cuantía de las aportaciones que recibe el acuífero aguas arriba del canal, y que debe transmitir a través de la sección de paso artificial, no se modifica por el hecho de que se haga la obra. Lo mismo puede decirse del agua que se infiltre directamente sobre el acuífero aguas abajo del canal.

Tomando como referencia los criterios anteriores y teniendo siempre presente que debe evitarse que la caja del canal se constituya en un dren artificial, se ha realizado el análisis pormenorizado por tramos que se detalla en el apartado siguiente. Se han utilizado como bases para el análisis los planos de perfiles e isopiezas citadas anteriormente, y los 3 distintos tipos de secciones de acondicionamiento propuestas por ENDESA.

## 6.2.- ANALISIS POR TRAMOS

### \* TRAMO ORIGEN-VERTICE 2

No tiene influencia sobre el flujo subterráneo en el subsistema. Incluso si el lecho del canal se rellena con material de excavación sin dejar lecho filtrante preferente para paso de agua de forma que el agua subterránea circule hacia Oeste, se reforzaría el flujo hacia la fuente A, aunque podrían

verse afectados los pozos situados aguas abajo del canal (números 98 y 98C).

\* TRAMO VERTICE 2-VERTICE-6

Se han agrupado dos tramos porque por la forma que tiene el substrato en esa zona y por el sentido de circulación dado por las isopiezas, es en ese sector donde se produce la circulación preferente en el sector oriental del Subsistema. Se pueden distinguir dos zonas en este tramo:

- La Sección Tipo 2 (ST2) del tramo V2-V4 tiene una longitud de 230 metros y un espesor saturado medio de 3 metros, por tanto la sección de paso actual es  $S_A = 690 \text{ m}^2$ . Cuando se construya el canal, el espesor saturado será de 0,70 m por lo que la sección de paso futura será  $S_F = 161 \text{ m}^2$ . Es decir, la sección de paso se reduce 4,3 veces, por lo que al lecho filtrante bajo el canal debe tener una permeabilidad K al menos 4,3 veces superior a la del terreno en condiciones no alteradas.
- El tramo de ST1 que va desde el final del tramo anterior de ST2 hasta poco antes del vértice V6, tiene  $S_A = 1012 \text{ m}^2$  y  $S_F = 833 \text{ m}^2$ . Es decir, la sección futura es 1,2 veces menor que la actual. Como se trata de una zona de descarga no se considera aumentar la K porque la única consecuencia que puede haber es una elevación del nivel de saturación aguas arriba del canal que no tendrá mayores consecuencias porque no hay captaciones aguas abajo excepto la fuente A.

\* TRAMO VERTICE V6-VERTICE V8

Desde el comienzo de V6 hasta el final del tramo de sección TIPO 2 de V6-V8 al N de la carretera S. Román-Bembibre,

- . Sección de paso actual  $S_A = 855 \text{ m}^2$
- . Sección de paso futura  $S_F = 328 \text{ m}^2$

es decir, la sección de paso se reduce 2,6 veces. Se debe aumentar la K del lecho de 0,70 m en la misma medida.

La eficacia de este tramo en la transmisión de agua es importante porque el flujo subterráneo que lo atraviesa transversalmente alimenta un sector con bastantes captaciones de agua a favor de una de las direcciones preferentes de la circulación subterránea. Teniendo en cuenta que el flujo es transversal al canal, por razones de seguridad la K del lecho debería ser la más alta posible, y aumentando de V6 a V8, desde las 2,6 veces (cerca de V6) a lo menos 3 ó 3,5 veces en el tramo de ST2.

\* TRAMO VERTICE V8

A partir del final del tramo ST2 anterior, el canal tiene toda su sección en el barropeña con recubrimiento de terraza en el V8, siguiendo después la traza bajo el afloramiento terciario.

La zona curva del V8 tiene flujo subterráneo debido a la infiltración directa sobre la terraza y a la escorrentía sup. que viene de los relieves Terciarios del N y E.

El canal no intercepta flujo, pero si lo hará la excavación si no se toman medidas. Lo único que habría que hacer aquí es reconstruir el perfil original del terreno para restablecer

las condiciones originales, situando materiales de excavación de barropeña en los laterales y fondo del canal para favorecer la circulación por encima del canal y evitar el paso de agua por la traza del canal. Aunque la compactación no sea la máxima, la diferencia relativa de K entre las arcillas y el lecho artificial del tramo anterior es suficiente para que el flujo tenga lugar por este último.

\* TRAMO DEL VERTICE V10

En el tramo del vértice V10 el canal discurre encajado en el barropeña que aflora formando un espolón que continúa hacia el E y N formando la cuenca de alimentación exterior al Subsistema. En esta zona donde, por tanto, no hay acuífero, la solución de ENDESA contempla el relleno de la zanja con material impermeable de excavación que se recubre con un lecho filtrante. En realidad no es necesario este último detalle porque corresponde a una divisoria de aguas superficiales en terreno terciario. Por tanto, es suficiente con recubrir todo con material impermeable siempre que se restituya la topografía original con divisoria de aguas.

\* TRAMO V10-RIO NOCEDA

El último tramo de ST2 hasta el río Noceda atraviesa una zona de substrato bastante plano que termina cerca de la orilla del río con un umbral correspondiente a una suave elevación del barropeña que ha sido detectado por la geofísica y se refleja en un domo de la piezometría.

Si este tramo se construye en ST2 como está previsto, la traza del canal, con pendiente hacia el río, se convertirá en un colector de flujo subterráneo que drenará hacia el río.

Para evitar esto, se recomienda rellenar la excavación con material impermeable, modelo ST3, desde el punto donde comienza el acueducto hasta el umbral del barropeña situado unos 50 metros aguas arriba en dirección al vértice V12.

Por el contrario, en el tramo ST3 anterior se podrían restituir los últimos 50 metros, medidos desde la división ST2-ST3 hacia el vértice V12, con Sección Tipo 2 con objeto de evitar descargas al río Noceda.

En este tramo las secciones de paso  $S_A$  y  $S_F$  son sensiblemente iguales, pero para facilitar el paso podría utilizarse una permeabilidad ligeramente superior.

7.- CONCLUSIONES

De lo expuesto en el párrafo anterior se deduce que la solución ofrecida por ENDESA, con algunas modificaciones, permitirá el paso de agua según el sentido de flujo actual en una cuantía igual a la que circula en la actualidad libremente por el acuífero.

No se puede asegurar cual será la distribución de gradientes en la nueva situación, pero la forma de flujo actual muy ligado a las variaciones del substrato no hace prever que las líneas de corriente se diferencien demasiado de las actuales. En cualquier caso, si circula el mismo volumen de agua, la cuantía de la descarga por manantiales será la misma y se producirá en las mismas zonas porque físicamente son los puntos donde necesariamente debe descargarse el acuífero, es decir, donde aparece el impermeable de base y donde el espesor de las terrazas es menor que el espesor saturado medio del acuífero.

Las modificaciones que deben introducirse en las soluciones propuestas por ENDESA son las siguientes:

- Tramo estanco, ST3, 50 metros antes del comienzo del acueducto del Boeza.
- Tramo en ST2 de 130 m inmediatamente aguas arriba del anterior.
- Tramo estanco, ST3 y restitución de la topografía original en el sector comprendido entre los vértices 8 y 12.

- La permeabilidad de los materiales a emplear como lecho drenante debe ser del orden de  $10^{-3}$  m/s para tener un margen de seguridad. Aunque no se ha podido determinar con exactitud la permeabilidad del acuífero, se estima en un orden de magnitud de 1 a  $5 \times 10^{-4}$  m/s.

No obstante, sería recomendable uno o dos bombeos de ensayo en los tramos V6-V8 y V12-ACUEDUCTO (1).

- Los pozos de control y el canal deben mantenerse para cubrir emergencias y controlar el estado hidrodinámico del acuífero.
- El resto de las obras complementarias, barreras impermeables y sifones no se consideran necesarias salvo que ENDESA desee implantar alguna pantalla impermeable para asegurar la estanqueidad de los tramos a rellenar con material impermeable.

En la figura 5 se indica un esquema de la situación final de las obras complementarias.

Por su parte, el drenaje preciso para la ejecución de las obras debería hacerse juiciosamente bombeando en la traza o en las proximidades y enviando el agua extraída a puntos del acuífero situados aguas abajo con objeto de evitar afecciones importantes.

---

(1) El objetivo de los bombeos, con una duración recomendable de al menos 24 horas a caudal constante, sería el conseguir una valoración precisa de la permeabilidad del acuífero en estado natural y previa a la realización de la obra con el objeto de valorar la permeabilidad y, en consecuencia elegir la granulometría más adecuada, del material filtrante de relleno de la zanja.

Oviedo, 1 de diciembre de 1.988

EL AUTOR DEL INFORME

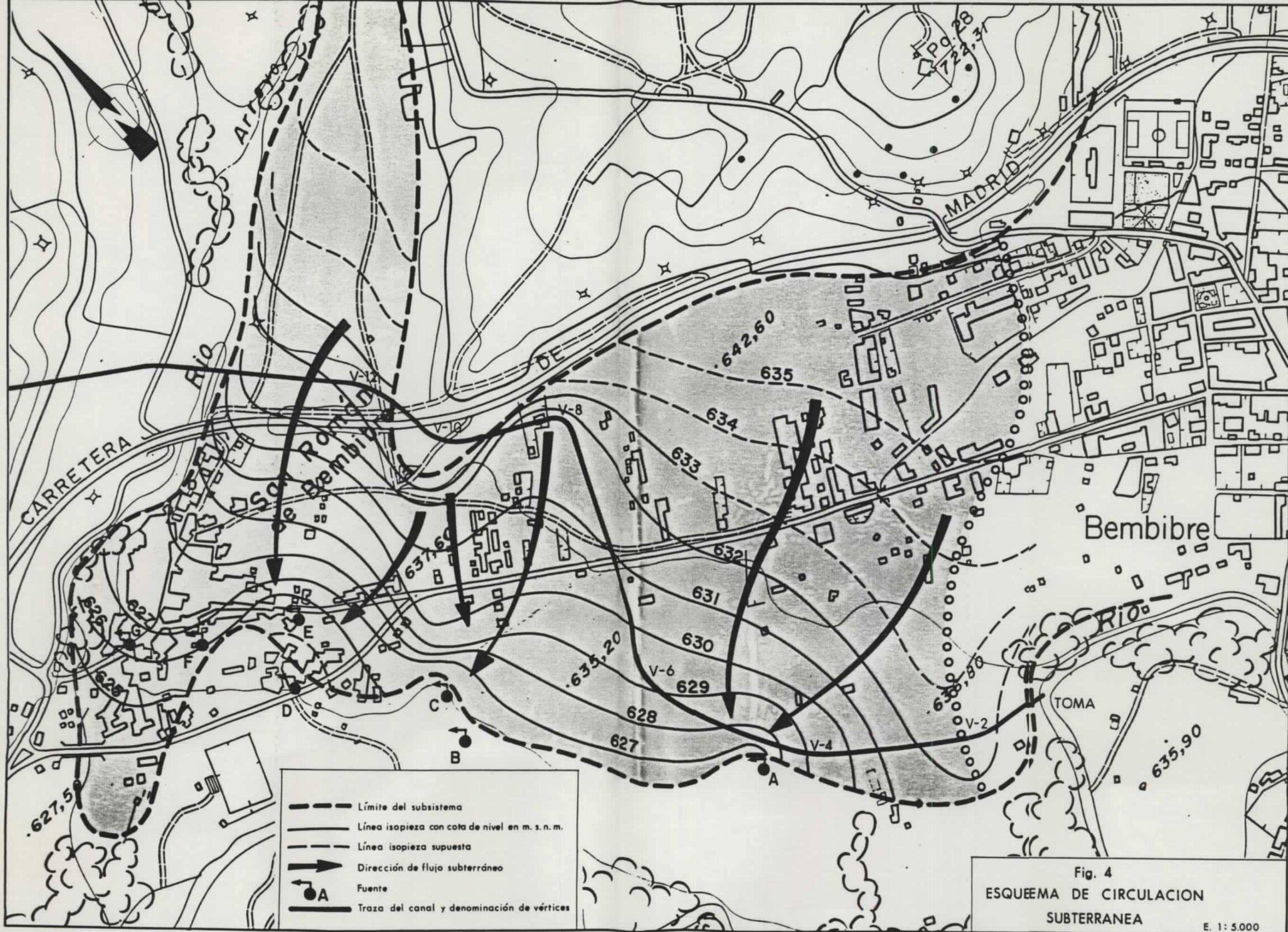


Fdo. Luis Angel González Fernández

CONFORME,  
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo. Francisco Arquer Prendes-Pando



- Límite del subsistema
- Línea isopieza con cota de nivel en m. s. n. m.
- - - Línea isopieza supuesta
- Dirección de flujo subterráneo
- Fuente
- A Traza del canal y denominación de vértices

Fig. 4  
 ESQUEMA DE CIRCULACION  
 SUBTERRANEA  
 E. 1: 5.000

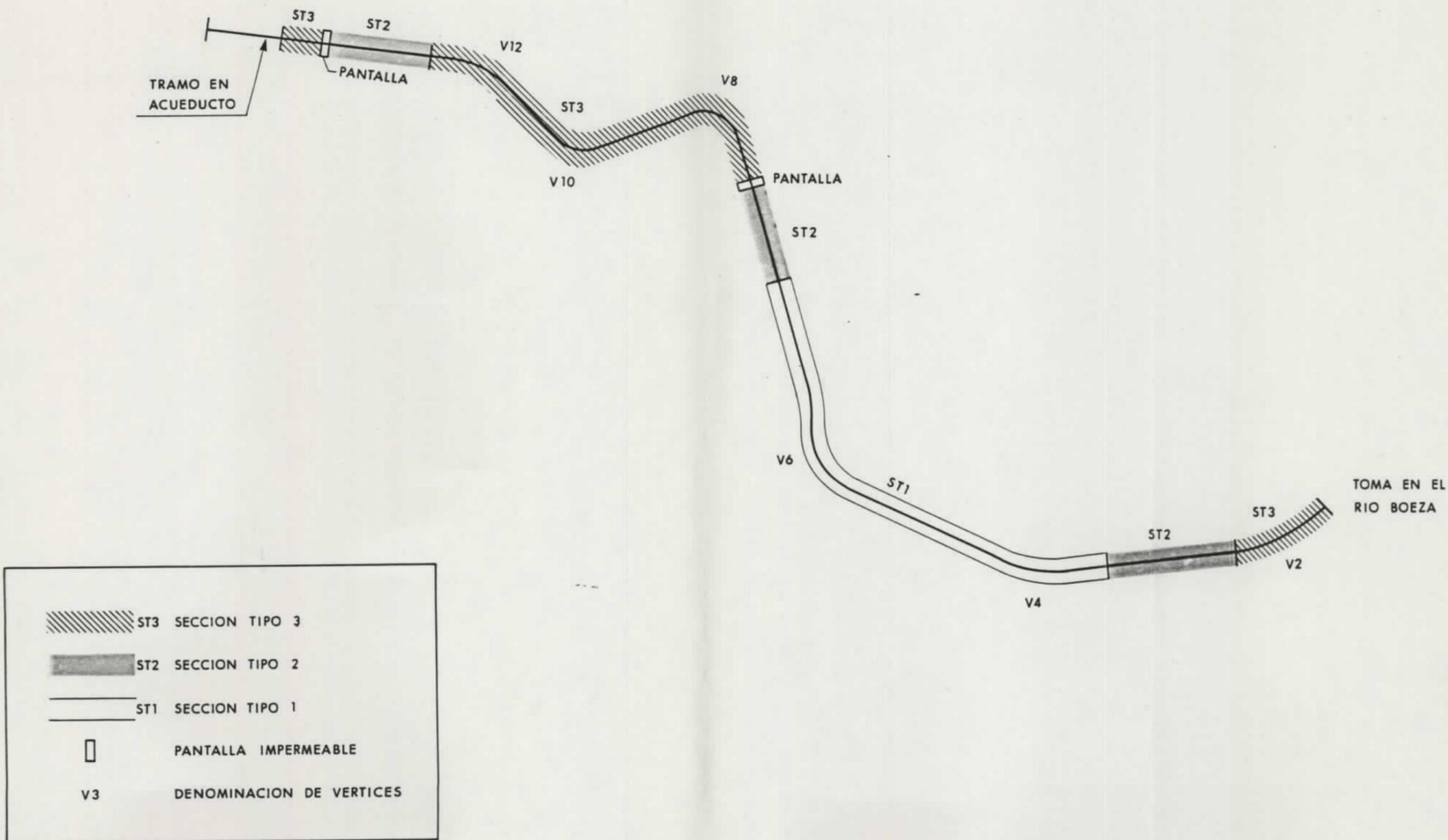


FIG.- 5 ESTADO FINAL DEE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS PROPUESTAS