

Descripción del comportamiento del Río Llobregat,
en el tramo comprendido en la
Corporación Metropolitana de Barcelona,
durante la avenida del día 8 de Noviembre de 1982

Rafael Mujeriego
Dr Ingeniero de Caminos

Josep Dolz
Dr Ingeniero de Caminos

Este estudio ha sido realizado por encargo de la Comisión
Permanente de la Corporación Metropolitana de Barcelona, según
acuerdo adoptado en su sesión del día 18 de Noviembre de 1982.

Febrero de 1983

Descripción del comportamiento del Rio Llobregat,
en el tramo comprendido en la
Corporación Metropolitana de Barcelona,
durante la avenida del día 8 de Noviembre de 1982

Rafael Mujeriego
Dr Ingeniero de Caminos

Josep Dolz
Dr Ingeniero de Caminos

Este estudio ha sido realizado por encargo de la Comisión
Permanente de la Corporación Metropolitana de Barcelona, según
acuerdo adoptado en su sesión del día 18 de Noviembre de 1982.

Febrero de 1983

AGRADECIMIENTOS

La realización de este estudio ha sido posible gracias a la información y la colaboración facilitadas por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental, y el Centro Meteorológico Zonal de Barcelona.

Así mismo, la ayuda proporcionada tanto por los Ayuntamientos de la Corporación Metropolitana de Barcelona, como por la Comandancia de la Guardia Civil de Molins de Rei, y el Servicio de Urbanismo Industrial de la Zona Franca, han contribuido en gran manera a la consecución de los objetivos de este estudio.

Queremos agradecer al personal de las industrias situadas en las márgenes del Río, a los numerosos agricultores afectados por la avenida, y a los testigos presenciales de la crecida, por la valiosa información que nos han facilitado para reconstruir los hechos ocurridos durante los días 8 y 9 de Noviembre de 1982.

Hemos de expresar a los Servicios de la Corporación Metropolitana de Barcelona nuestra gratitud por la confianza y disponibilidad que nos han brindado en todo momento. Particularmente, a D. Jaime Sabater, Jefe del Servicio de Obras Públicas, por el interés y apoyo que nos ha ofrecido durante la ejecución del estudio, y a D. Ignacio Iribarren, del Servicio de Cartografía, por el acceso total que nos ha concedido a la documentación cartográfica de la Corporación Metropolitana.

Por último, queremos agradecer a nuestros colaboradores, D. Miguel Gaztelu, D. Josep Maria Jové, D. Tomas Andreu, y D. Jose Manuel Bravo, su incansable espíritu de obtención y recopilación de datos de campo, a lo largo del tramo Metropolitano del Río Llobregat.

INDICE

AGRADECIMIENTOS

INDICE

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

I. INTRODUCCION

II. OBJETIVOS

III. ANTECEDENTES HISTORICOS

IV. CIRCUNSTANCIAS METEOROLOGICAS

V. EVOLUCION DE CAUDALES

VI. NIVELES DE AGUA EN PUENTES Y ENCAUZAMIENTO

Puente Actual y Puente Provisional de Molins de Rei

Puente de los Ferrocarriles de la Generalidad

Puente de la Carretera C-245

Puentes de la Autovía de Castelldefels, C-246

Puentes de RENFE y Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca

Puente de Mercabarna, Carretera de Acceso a la Zona Franca

VII. NIVELES DE AGUA EN POZOS DE ABASTECIMIENTO

Pallejá

Molins de Rei

Sant Vicenç dels Horts

Sociedad General de Aguas de Barcelona

VIII. ESTADO DEL ENCAUZAMIENTO E INUNDACIONES

Tramos de Rio sin encauzar

Tramos con encauzamiento en construcción

IX. VIAS DE COMUNICACION AFECTADAS

X. INUNDACIONES POR DESAGUES

XI. SUPERFICIES INUNDADAS

XII. COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DEL TRAMO METROPOLITANO DEL RIO

XIII. TRAMOS DE ATENCION PRIORITARIA

XIV. CONCLUSIONES

XV. RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXO I Documentación Fotográfica

ANEXO II Documentación Cartográfica

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa Meteorológico de Superficie del Día 7 de Noviembre de 1982. Centro Meteorológico Zonal de Barcelona.
- Figura 2. Mapa Pluviométrico de la Cuenca Hidrográfica del Pirineo Oriental Durante los Días 7 y 8 de Noviembre de 1982. Centro Meteorológico Zonal de Barcelona y Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Figura 3. Mapa de Pluviometría Media de la Cuenca Hidrográfica del Pirineo Oriental Durante el Periodo de 1944 a 1980. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Figura 4. Curvas de Lluvias Acumuladas Registradas en los Observatorios de Manresa y del Embalse de Sant Ponç. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Figura 5. Evolución de los Caudales del Rio Llobregat Registrados en la Estación de Aforo de Martorell. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Figura 6. Evolución de los Caudales del Rio Llobregat Registrados en la Estación de Aforo de la Presa de Toma del Canal de la Margen Derecha. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Figura 7. El Rio Llobregat a su Paso por el Puente del Diablo en Martorell, el Día 8 de Noviembre de 1982. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Figura 8. Tramo Metropolitano del Rio Llobregat, con Indicación de las Zonas Inundadas, los Vertidos al Cauce, y la Documentación Fotográfica Recogida.
- Figura 9. Estado del Puente sobre el Rio Llobregat en Gironella, trás la Avenida del Día 8 de Noviembre de 1982. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Figura 10. Secciones Transversales del Rio Llobregat, Durante la Avenida del Día 8 de Noviembre de 1982, en el Tramo de Cauce Comprendido entre los Puentes de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, y el Puente de RENFE.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Caudales Máximos Instantáneos Registrados en la Estación de Aforo de Martorell. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.
- Tabla 2. Niveles Máximos Alcanzados por el Rio Llobregat Durante la Avenida del Día 8 de Noviembre de 1982.
- Tabla 3. Superficies Inundadas por las Aguas del Rio Llobregat Durante la Avenida del Día 8 de Noviembre de 1982.
- Tabla 4. Caudales Máximos Estimados para el Tramo del Rio Llobregat Comprendido entre los Puentes de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, y el Puente de RENFE, en Función de la Rugosidad del Cauce.

FE DE ERRATAS

Puente de RENFE y Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca

1er párrafo.

El estado de las obras de encauzamiento aguas arriba y aguas abajo del Puente de RENFE, como muestran las fotografías 10 y 11, contribuyeron a que el Rio desbordara los terraplenes existentes, e inundara las zonas colindantes.

Tramos con Encauzamiento en Construcción

5º párrafo.

El Rio desbordó por loas zonas aguas arriba y aguas abajo del Puente de RENFE, accediendo a la Avenida Anselmo Clavé, donde inundó varias industrias allí situadas, y una zona de huerta contigua a la Carretera de Acceso a la Zona Franca. El avance de las aguas por la Avenida Anselmo Clavé quedó interceptado por el trazado del Canal del Llobregat.

XII. COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DEL TRAMO METROPOLITANO DEL RIO LLOBREGAT

6º párrafo.

El Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca, representa el límite actual tanto del encauzamiento como de la zona de influencia del mar en calma sobre las aguas del Rio en caudal normal. La llegada.....

. de su Margen Izquierda.

I. INTRODUCCION

El régimen torrencial y extremadamente variable del Rio Llobregat queda claramente de manifiesto por la gran disparidad de sus caudales, que pueden descender en periodo seco hasta 3 m³/s, y sobrepasar los 3000 m³/s en periodo de avenidas.

Con una cuenca hidrográfica de 4950 Km², el Rio Llobregat tiene un caudal anual medio de 23 m³/s. El máximo de los caudales anuales medios registrado durante un periodo de 18 años ha sido de 47,5 m³/s, mientras que el mínimo de los caudales anuales medios ha sido de 6,5 m³/s.

A pesar de las importantes repercusiones que la escasez de agua en el Rio tiene para el abastecimiento y regadío de las zonas limítrofes, los episodios que mayor temor despiertan entre las poblaciones colindantes son las periódicas crecidas de su cauce, que han provocado inundaciones catastróficas durante el presente siglo en su tramo inferior, particularmente en los municipios actualmente comprendidos en la Corporación Metropolitana de Barcelona.

Las inundaciones más recientes del tramo inferior del Rio Llobregat han tenido lugar durante los días 8 y 9 de Noviembre de 1982 y, aunque los caudales registrados han sido inferiores a los observados en circunstancias similares durante este siglo, han dado lugar a considerables pérdidas y daños, que han suscitado controvertidas opiniones sobre la capacidad de protección y desagüe de las obras de encauzamiento construidas o en fase de proyecto.

II. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es describir globalmente el comportamiento del Rio Llobregat, en el tramo comprendido en la Corporación Metropolitana de Barcelona, durante la avenida del 8 de Noviembre de 1982.

Entre los objetivos específicos de este estudio hay que resaltar:

1. La recopilación cartográfica del estado de las obras que afectan el cauce, en fechas inmediatamente anteriores a las de la avenida.
2. La recopilación de los datos pluviométricos en la cuenca del Rio, durante los días inmediatos a la avenida.
3. La evaluación de los caudales circulantes en el tramo Metropolitano del Rio durante la avenida.
4. La determinación de los niveles máximos alcanzados por el agua en el encauzamiento, los cultivos, los puentes, las captaciones y las estaciones de tratamiento.

5. La representación cartográfica de las zonas inundadas, indicando la procedencia de las aguas.
6. La descripción del comportamiento del sistema actual de desagüe al Río de las aportaciones en su tramo Metropolitano, así como en las instalaciones de captación y potabilización de aguas.

III. ANTECEDENTES HISTORICOS

A fin de enmarcar las fuertes crecidas experimentadas por el cauce del Río Llobregat durante los días 8 y 9 de Noviembre de 1982, la Tabla 1 contiene un resumen de los caudales máximos instantáneos registrados en la estación de aforo de Martorell, dependiente de la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, durante el presente siglo.

Hay que señalar que la avenida más importante, de las que se tienen noticias, ocurrió los días 3 y 4 de Noviembre de 1617, conocido como "l'any del diluvi". Las aguas del Río destruyeron dos puentes en Manresa, cubrieron totalmente el Puente del Diablo en Martorell, permaneciendo durante dos días a la altura de un segundo piso en El Prat. Teniendo en cuenta los niveles alcanzados por las aguas en esta avenida y en las de 1962, se estima que el caudal del Río en 1617 debió aproximarse a los 4000 m³/s (Masachs, 1948; Codina, 1971).

Como puede apreciarse en la Tabla 1, la avenida de Septiembre de 1971, con un caudal máximo instantáneo de 3080 m³/s, representa la mayor registrada en lo que va de siglo. Entre los daños ocasionados hay que señalar la destrucción del puente de Molins de Rei, lo que interrumpió los accesos a Barcelona por las carreteras N-II y N-340.

Fue no obstante la avenida del 26 de Septiembre de 1962, con un caudal máximo instantáneo de 1550 m³/s, la de consecuencias más catastróficas para la Cuenca de la Riera de Rubí. La relativa importancia de su caudal, junto con la circunstancia de haberse producido a consecuencia de las lluvias caídas en las cabeceras de la Riera de Rubí y del Río Besós, hicieron que se sobrepasara la capacidad de la Riera, y explican las enormes pérdidas humanas producidas, así como los importantes daños ocasionados en la agricultura, las poblaciones y la industria.

IV. CIRCUNSTANCIAS METEOROLOGICAS

El análisis de la información meteorológica facilitada por el Centro Meteorológico Zonal de Barcelona permite establecer las causas inmediatas de la fuerte crecida experimentada por el Río Llobregat durante el lunes día 8 de Noviembre de 1982.

Los mapas meteorológicos de los días 5 y 6 de Noviembre muestran la existencia de una depresión atmosférica situada al Sur de Islandia, que se refuerza progresivamente a medida que se desplaza hacia el Sureste. Esta trayec-

Tabla 1. Caudales Máximos Instantáneos Registrados en la Estación de Aforo de Martorell. Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental.

Fecha	Caudal m ³ /s	Observaciones
21 Septiembre 1901	2700	
Octubre y Noviembre 1907	2800	Conocido en el Bajo Llobregat como "l'any de les cinc riudes". Considerada como la avenida más importante desde 1617.
30 Septiembre 1913	1500	
1 Octubre 1919	1500	Caudal medio diario.
18 Octubre 1940	2200	
28 Abril 1942	1750	Llego a inundar el aeropuerto.
26 Septiembre 1962	1550	Las aguas llegaron a la ermita de Bellvitge.
7 Noviembre 1962	1000	
20 Septiembre 1971	3080	

toria, más meridional de lo acostumbrado para las perturbaciones atlánticas, permite que esta fuerte depresión atmosférica deje sentir sus efectos sobre la península Ibérica, provocando una circulación de aire mediterráneo húmedo desde el Suroeste, que a escala de Cataluña va evolucionando durante los días 6 y 7 de Noviembre hacia vientos del Sudeste, y finalmente a vientos de Levante. La Figura 1 ilustra la situación meteorológica del día 7 de Noviembre.

La fuerte advección de aire cálido y húmedo del Sur, junto con el efecto ascendente impuesto por la orografía del terreno, provoca durante los días 6 y 7 de Noviembre la condensación de grandes masas de agua, que dan lugar a precipitaciones extraordinarias en la vertiente sur de los Pirineos Orientales.

El sistema frontal cálido asociado a la depresión atmosférica contribuiría posteriormente a incrementar la precipitación recogida en esas mismas zonas.

La Figura 2 ilustra claramente el efecto de condensación provocado en las masas de aire húmedas procedentes del Mediterráneo por la orografía de Cataluña, haciendo que las lluvias se concentren en las laderas sur del Pirineo, mientras que las zonas llanas no registran precipitaciones apreciables.

Entre las zonas donde este fenómeno se hizo más patente hay que resaltar precisamente las cabeceras del Rio Llobregat y del Rio Cardoner. Fué en su cabecera donde se inició la crecida del Rio Llobregat que, una vez regulada por el embalse de La Baells, descendió a lo largo de su cauce y, tras recibir las aportaciones del Rio Cardoner, continuó su curso hasta desembocar en el Mediterráneo, sin recibir durante este largo trayecto aportaciones de agua de magnitud comparable.

Datos facilitados por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental estiman en 500 m³/s los caudales máximos instantáneos en el Rio Cardoner, y en 1000 m³/s los correspondientes al Rio Llobregat antes de la confluencia con aquel.

Un análisis comparativo de las Figuras 2 y 3 pone de manifiesto el carácter excepcional de las precipitaciones recogidas durante los días 6 y 7 de Noviembre de 1982, en relación con la distribución pluviométrica de un periodo de 36 años en la Cuenca Hidrográfica del Pirineo Oriental.

Por otra parte, las curvas de lluvias acumuladas registradas en Manresa y en el Embalse de Sant Ponç, que muestra la Figura 4, indican el carácter continuado y permanente de las precipitaciones observadas durante los días 7 y 8 de Noviembre.

El mismo régimen de vientos del Suroeste que impulsó las masas de aire mediterráneo ocasionó un fuerte temporal de Levante durante el lunes 8 de Noviembre, con situaciones de marejada a fuerte marejada en las zonas próximas a la desembocadura del Rio Llobregat, lo que representó un obstáculo natural para la evacuación de las aguas que descendían por el Rio en esos mismos momentos.

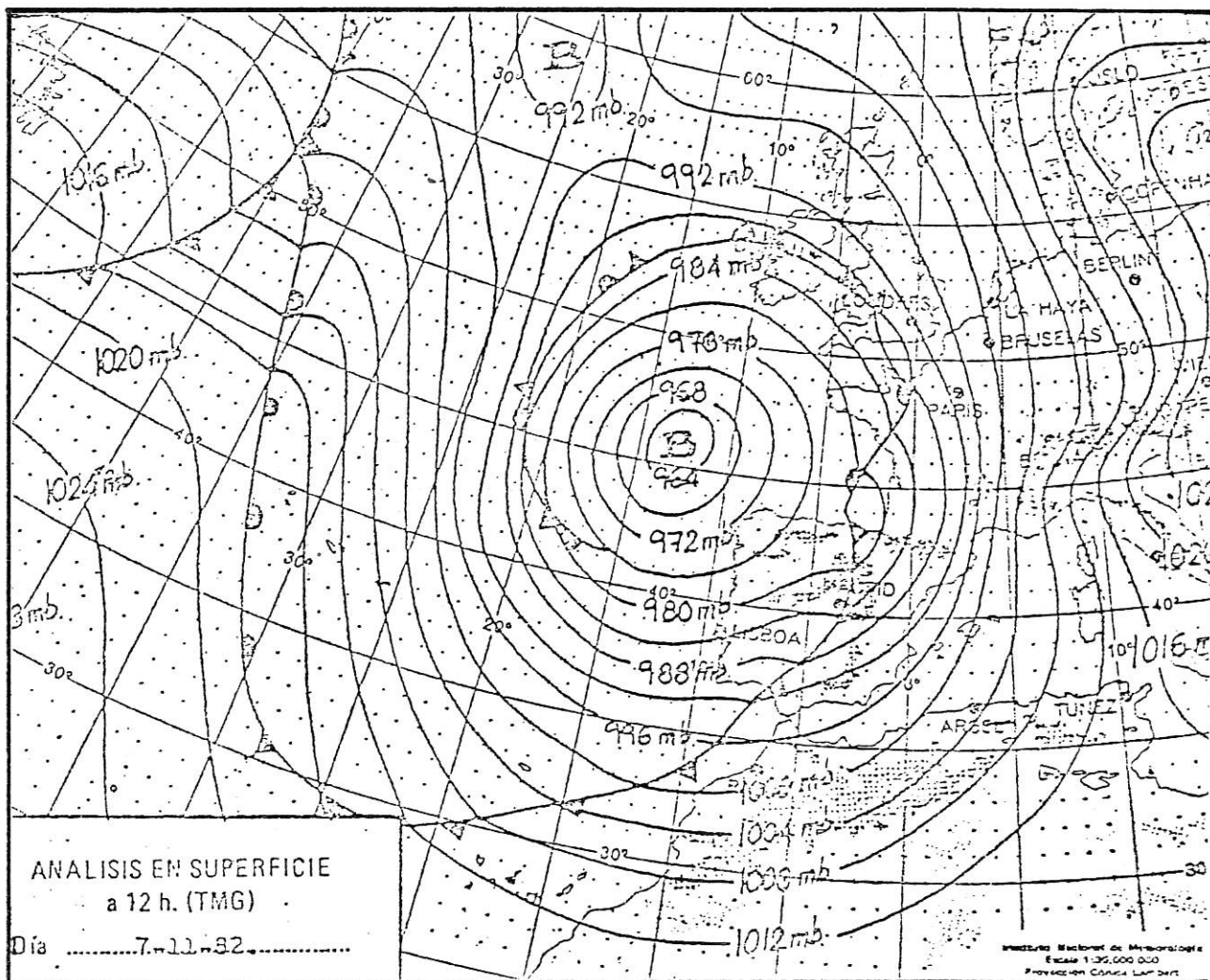


Figura 1. Mapa Meteorológico de Superficie del Día 7 de Noviembre de 1982. Centro Meteorológico Zonal de Barcelona.

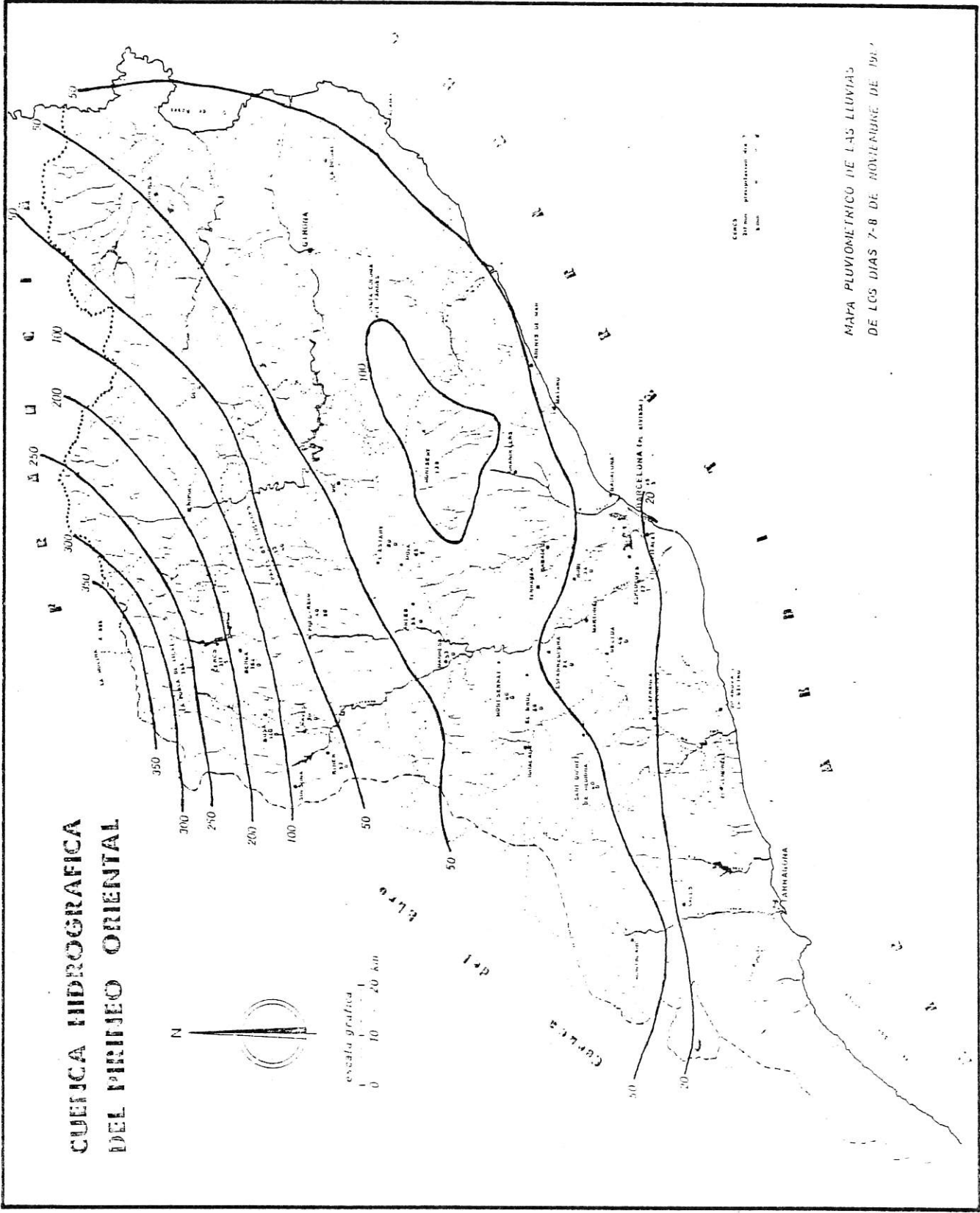


Figura 2. Mapa Pluviométrico de la Cuenca Hidrográfica del Pirineo Oriental Durante los Días 7 y 8 de Noviembre de 1982. Centro Meteorológico Zonal de Barcelona y Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

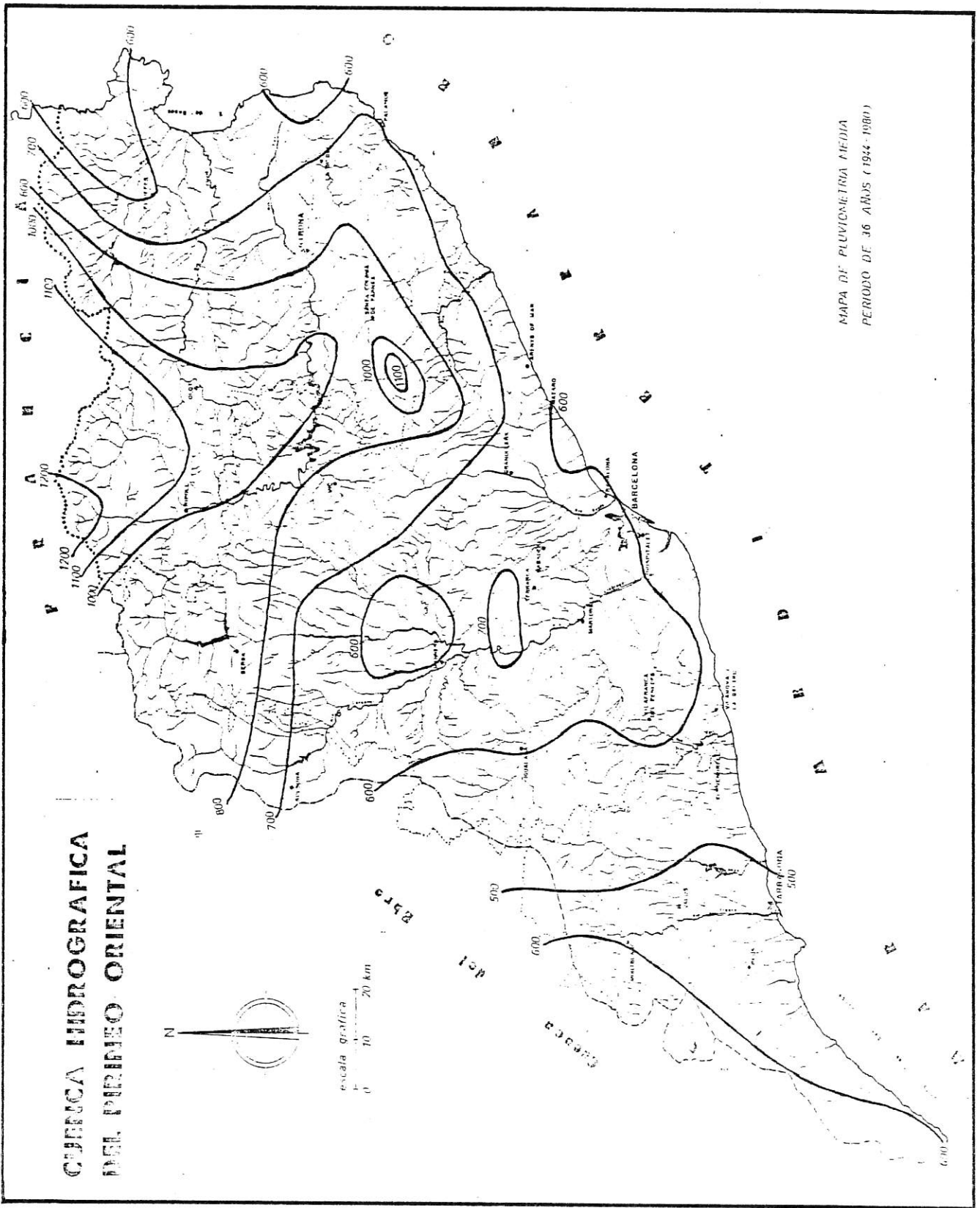


Figura 3. Mapa de Pluviometría Media de la Cuenca Hidrográfica del Pirineo Oriental Durante el Periodo de 1944 a 1980. Comisaría de Aguas del Pirineo Orinetal.

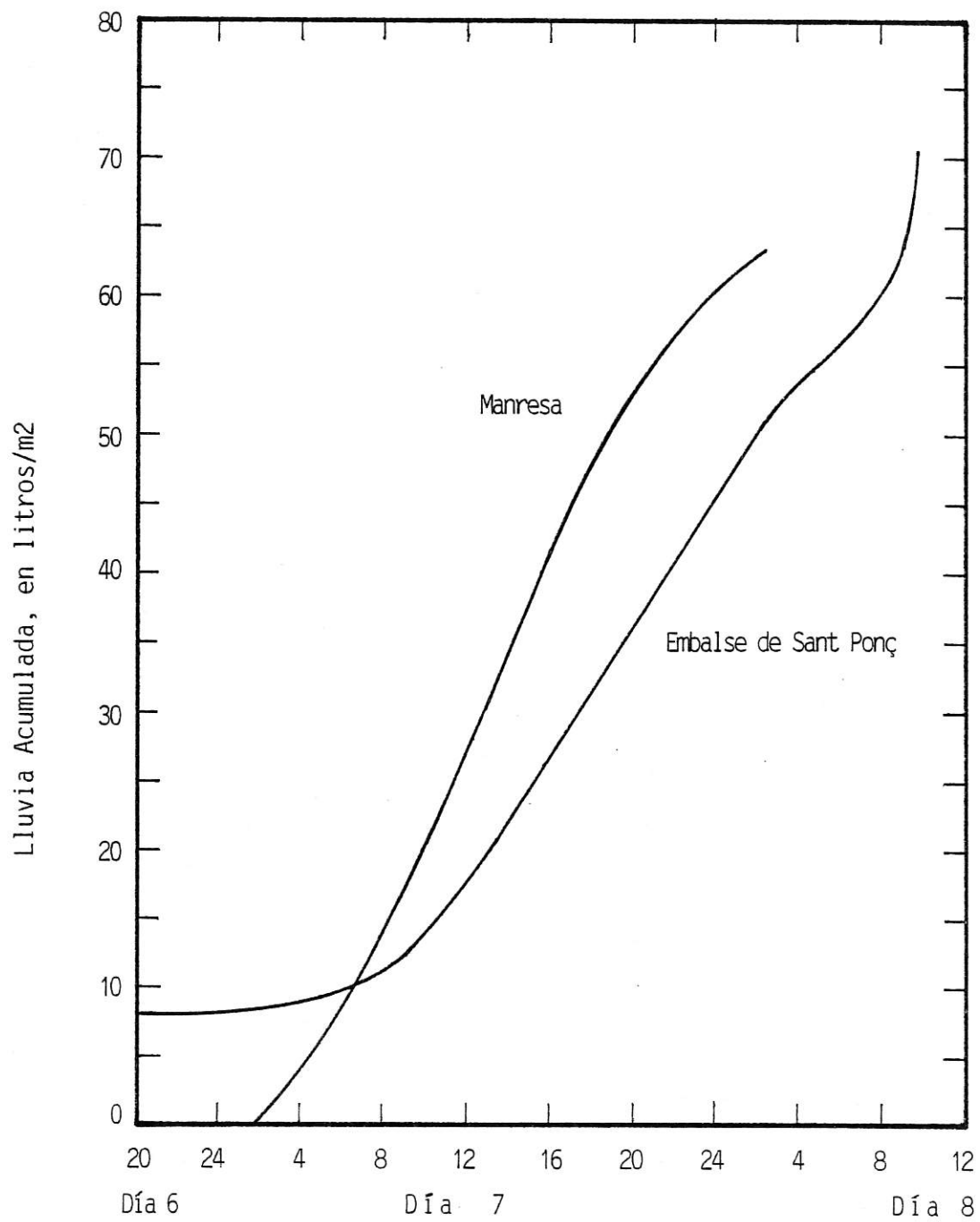


Figura 4. Curvas de Lluvias Acumuladas Registradas en los Observatorios de Manresa y del Embalse de Sant Ponç. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

V. EVOLUCION DE CAUDALES

Las Figuras 5 y 6 muestran la evolución de los caudales del Rio Llobregat registradas en las estaciones de aforo de Martorell y de la Presa de Toma del Canal de la Margen Derecha, pertenecientes a la Red Oficial de Estaciones de Aforo de la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

Como puede apreciarse en las Figuras 5 y 6, los caudales máximos instantáneos oscilan entre los 1500 m³/s registrados en Martorell, y los 1400 m³/s registrados en la Presa de Toma del Canal de la Derecha, valores que pueden considerarse equivalentes, al estar dentro del margen de precisión de las estaciones de aforo. En consecuencia, y a efectos comparativos con los caudales máximos instantáneos contenidos en la Tabla 1, la avenida del 8 de Noviembre de 1982 puede caracterizarse por un caudal máximo instantáneo de 1500 m³/s.

El perfil prácticamente paralelo de las curvas reflejadas en las Figuras 5 y 6 evidencia además, que el cauce Metropolitano del Rio Llobregat actuó simplemente como vía de paso de caudales procedentes de zonas superiores de la cuenca, pudiendo considerarse insignificantes las aportaciones tanto de la Riera de Rubí como de las rieras de la Margen Derecha.

VI. NIVELES DE AGUA EN PUENTES Y ENCAUZAMIENTO

Los niveles máximos alcanzados por el agua se han obtenido a partir de las marcas perfectamente visibles dejadas por el agua en las pilas de los puentes, en los muros de encauzamiento, o en otras estructuras permanentes. En las pilas de los puentes, la línea de agua queda claramente delimitada por el lavado del hormigón producido por el paso del agua. En el caso de los muros de encauzamiento, y de las margenes inundadas, el punto de referencia viene definido por los niveles superiores de las arcillas adheridas a las superficies correspondientes.

La determinación topográfica de los niveles máximos del agua se ha realizado a partir de la señal de nivelación más próxima de la Red General de Nivelación de la Corporación Metropolitana de Barcelona.

La Tabla 2 resume los niveles máximos alcanzados por el agua en los puntos más característicos del tramo Metropolitano del Rio Llobregat, así como la cota de la base inferior de los tableros de los puentes, y la altura libre de agua en cada caso.

Por otra parte, y como punto de referencia histórico, la Figura 7 muestra el nivel alcanzado por el Rio a su paso por el Puente del Diablo en Martorell que, aún situado fuera del Area Metropolitana, ha sido testigo secular de sus avenidas.

A continuación se analizan algunos de los aspectos más destacados del comportamiento del Rio a su paso por las estructuras indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Niveles Máximos Alcanzados por el Rio Llobregat
Durante la Avenida del Día 8 de Noviembre de 1982.

Punto de Referencia	Nivel Inferior Estructura m	Nivel Máximo del Agua m	Altura Libre de Agua m
Puente de Molins de Rei N-II y N-340. Estribo derecho.	29,95	24,65	5,30
Puente de Molins de Rei N-II y N-340. Pila derecha.	27,75	24,65	3,10
Puente Provisional de Molins de Rei. Estribo derecho	24,75	24,65	0,10
Puente Provisional de Molins de Rei. Pila central.	24,80	24,65	0,15
Puente Provisional de Molins de Rei. Estribo izquierdo.	24,75	24,65	0,10
Puente Ferrocarriles de la Generalidad. Tercera pila izquierda.	13,50	11,20	2,30
Puente Carretera C-245 de Sant Boi de Llobre- gat a Cornellá. Segunda pila izquierda.	14,30	9,90	4,40
Puente Carretera C-245 de Sant Boi a Cornellá. Estribo derecho.	14,45	10,20	4,25
Muro de Encauzamiento Margen derecha, aguas abajo Puente Carrete- ra C-245	13,75	9,70	4,05
Puente Nuevo Carretera C-246, Autovía de Castelldefels. Primera pila derecha.	9,65	7,45	2,20

(continúa)

Tabla 2 : continuación.

Puente Antiguo Autovia de Castelldefels, C-246. Estribo izquierdo.	9,30	7,25	2,05
Puente de RENFE sobre Carretera Acceso a Zona Franca	9,60	6,95	2,65
Acera Paso Inferior, Carretera Acceso a Zona Franca, bajo puente RENFE.	4,55	6,95	2,65
Coronación estribo dere- cho Puente RENFE.	7,20	6,95	0,25
Puente RENFE, Estribo derecho.	7,85	6,95	0,90
Puente RENFE, Estribo izquierdo	7,75	6,95	0,80
Muro Encauzamiento, Margen izquierda, aguas arriba Puente RENFE.	8,65	6,95	1,70
Puente Mercabarna Carretera Acceso a Zona Franca. Estribo Provisional Derecho.	7,55	6,85	0,70

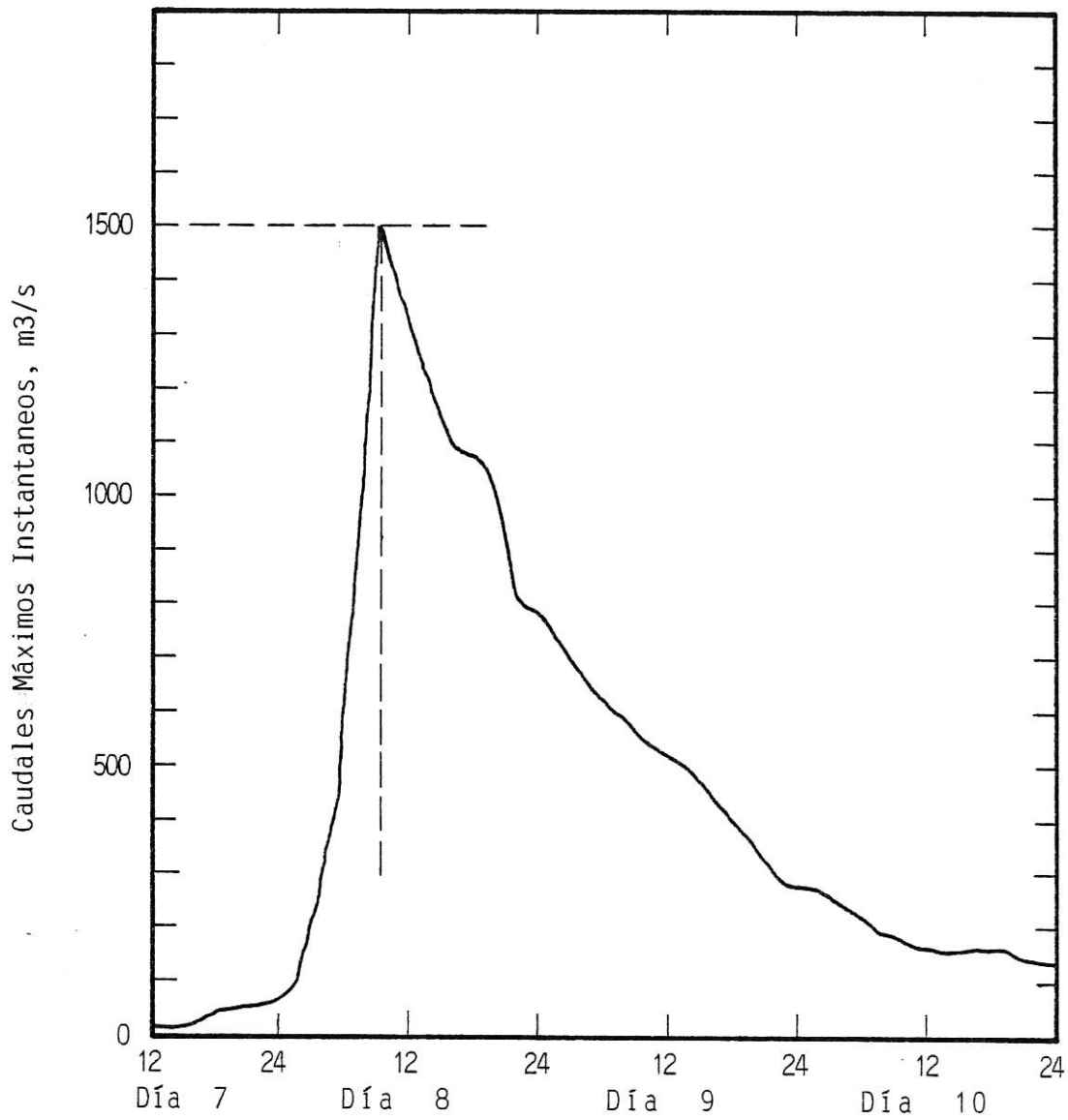


Figura 5. Evolución de los Caudales del Rio Llobregat Registrados en la Estación de Aforo de Martorell. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

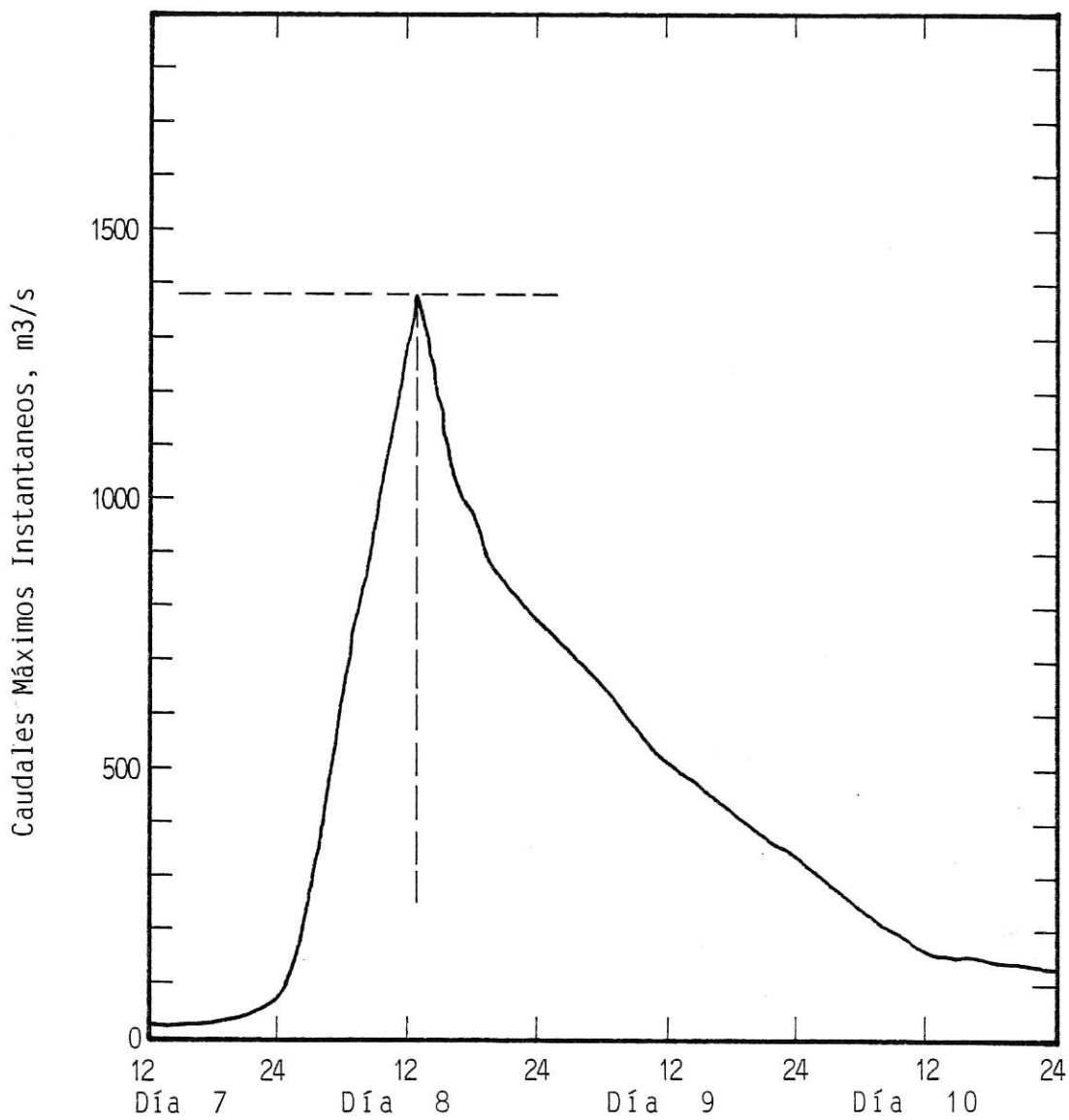


Figura 6. Evolución de los Caudales del Rio Llobregat Registrados en la Estación de Aforo de la Presa de Toma del Canal de la Margen Dercha. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

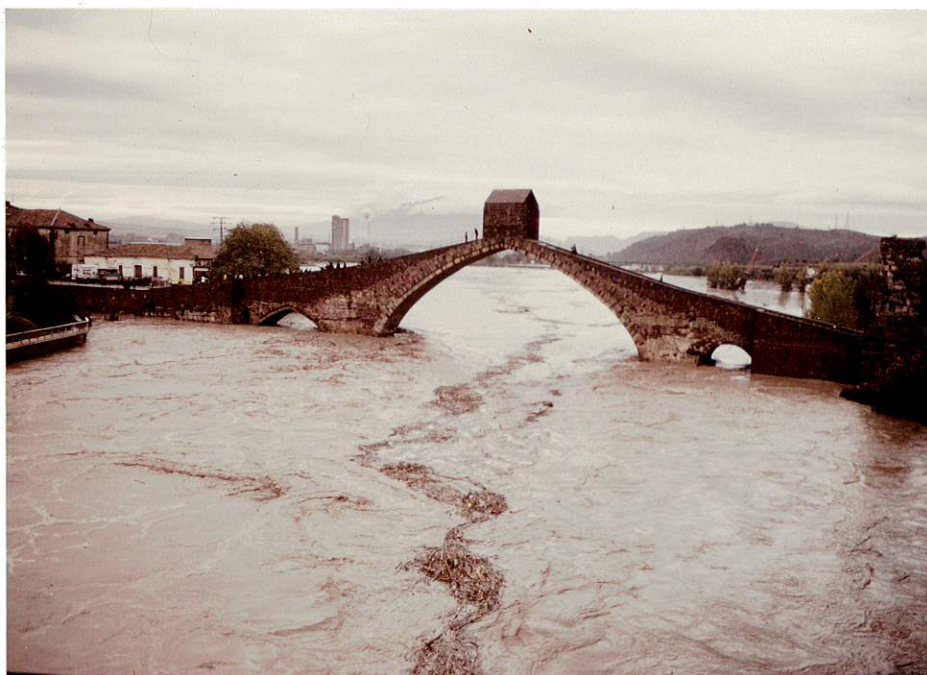


Figura 7. El Rio Llobregat a su paso por el Puente del Diablo en Martorell, el Día 8 de Noviembre de 1982. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

Puente Actual y Puente Provisional de Molins de Rei

Ante la imposibilidad de localizar la marca del agua en el puente provisional de Molins de Rei, se ha supuesto que, en razón de su proximidad al puente de Molins de Rei (N-II y N-340), situado aproximadamente 100 m aguas arriba, el nivel máximo alcanzado por el agua bajo ambos puentes fué el mismo.

En este supuesto, la altura libre de agua bajo el puente provisional de Molins de Rei puede estimarse en 0,10 m en ambos de sus estribos, y en 0,15m en su pila central. Estos valores concuerdan con las declaraciones de testigos oculares de la avenida que, habiendo accedido por el estribo derecho, manifiestan que el agua llegó a alcanzar niveles máximos de "un palmo" por debajo del tablero del puente.

La Fotografía 1 ilustra los niveles alcanzados por el agua en el puente de Molins de Rei, mientras que la Fotografía 2 muestra el estado actual del puente provisional de Molins de Rei. Aunque no ha sido posible encontrar una traza inequívoca del agua en este segundo puente, los restos de vegetación retenidos en la parte superior de las pilas, así como la ausencia de arcilla, parecen confirmar la estimación hecha anteriormente de que el agua no llegó a alcanzar el tablero inferior del puente.

Puente de los Ferrocarriles de la Generalidad

El agua discurrió bajo este puente con normalidad, dejando una altura libre de agua de 2,30 m bajo su tablero. La Fotografía 3 ilustra claramente la traza del agua en los pilares del puente, así como los trabajos de restauración de los huertos instalados en el cauce del Río.

Puente de la Carretera C-245, de Sant Boi de Llobregat a Cornellá de Llobregat

El aspecto más destacable del comportamiento del agua a su paso por el puente de la carretera de Sant Boi a Cornellá (C-245), es la diferencia de niveles del agua entre las margenes del Río. La curva tan marcada que el cauce del Río impone sobre las aguas explicaría la apreciable diferencia de niveles, entre los 10,20 m de la margen derecha del Río, y los 9,90 m de su margen izquierda.

A este fenómeno de desnivelación por la fuerza centrífuga conferida por la curvatura del encauzamiento hay que superponer la alteración del flujo del agua, producida por la posición oblicua de las pilas del puente y el notable ensanchamiento del cauce que se inicia inmediatamente aguas abajo del puente. El resultado de estos tres fenómenos se tradujo en una ondulación y turbulencia de la lámina libre del agua, que queda claramente de manifiesto en las Fotografías 4, 5 y 6.

La Fotografía 5 muestra el muro de encauzamiento inmediatamente aguas abajo del estribo derecho del puente, que aparece recogido en la Fotografía 4. La arcilla adherida al muro de encauzamiento evidencia la turbulencia producida a la salida del puente, antes de restablecerse un flujo más sosegado de las aguas, a un nivel de 9,70 m, lo que representa un descenso de la lámina

de agua próximo a 0,50 m en su Margen Derecha, en cuestión de 40 metros.

La Fotografía 5 muestra así mismo una de las clapetas de menor tamaño existentes en cauce Metropolitano del Rio Llobregat.

Al margen de estas alteraciones localizadas del movimiento de la masa de agua, el Rio atravesó el Puente de la carretera C-245, de Sant Boi de Llobregat a Cornellá de Llobregat, dejando una altura libre de agua igual o superior a 4.25 m.

Puentes de la Autovía de Castelldefels, C-246

Las Fotografías 7 y 8 muestran los niveles máximos alcanzados por las aguas a su paso bajo los puentes de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels. Mientras que el puente nuevo, situado aguas arriba y con un tablero ligeramente superior al del puente antiguo, dejó una altura libre de agua de 2,20 m, el tablero del puente antiguo, adyacente y aguas abajo del anterior, dejó una altura libre de agua de 1,95 m.

La Fotografía 8 muestra claramente la traza del nivel máximo de las aguas, así como la diferencia de 0,25 m existente entre la parte inferior del tablero de los dos puentes.

Puente de RENFE y Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca

[El estrechamiento progresivo que experimenta el cauce del Rio entre los puentes de la Autovía de Castelldefels, C-246, con una anchura de 162 m, y el puente de RENFE, con una anchura de 90 m, y] el estado de las obras de encauzamiento aguas arriba y aguas abajo del puente de RENFE, como muestran las fotografías 10 y 11, contribuyeron a que el Rio desbordara los terraplenes existentes, e inundara las zonas colindantes. △

Las alcantarillas existentes en las zonas bajas del Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca, comunicadas directamente con la Margen Derecha del Rio, debieron proporcionar en un primer momento una via de acceso del agua por la tubería. Posteriormente, el agua accedería también por desbordamiento sobre los muros de contención de tierra existentes.

El nivel máximo de las aguas en el Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca fué de 6,95 m, lo que representa una altura de agua de 2,40 m sobre la acera del Paso Inferior, como muestra la Fotografía 12, lo que ocasionó la interrupción de la circulación en ese tramo de carretera.

El nivel del agua en el cauce del Rio, a su paso bajo el Puente de RENFE, alcanzó los 6,95 m, lo que representa una altura libre de agua de 0,90 m, pudiendo estimarse que el agua debio quedar a 0,25 m aproximadamente de la coronación del estribo derecho. Además, la situación provisional del propio estribo durante las obras de encauzamiento posibilitó el efecto de erosión de las aguas, descubriendo aún más sus cimientos, como puede apreciarse en la Fotografía 13.

A pesar del estado más avanzado de las obras de encauzamiento de la Margen Izquierda, aguas arriba del Puente de RENFE, la inexistencia de un gran

tramo de muro de encauzamiento, como muestra la Fotografía 14, permitió el desbordamiento inmediato del Río, que inundó la zona industrial contigua, viéndose limitado el avance de las aguas por el terraplén del ferrocarril.

La Fotografía 15 muestra el estado de las obras de encauzamiento de la Margen Izquierda, aguas arriba del Puente de RENFE. La línea horizontal marcada por las arcillas, prácticamente a la altura del andamio que allí aparece, representa el nivel máximo alcanzado por el agua en esta zona. Como puede apreciarse, el agua quedó muy próxima a cota de coronación del estribo izquierdo, y a 1,70 m por debajo del muro de encauzamiento. En esta fotografía también puede apreciarse la sobreelevación del muro de contención en 1,35 m sobre la coronación del estribo izquierdo.

La Fotografía 16 muestra el estribo izquierdo, que por estar protegido no se vió afectado por el arrastre de las aguas, y la sobreelevación del muro de encauzamiento respecto a la coronación del estribo. Teniendo en cuenta que, en la Fotografía 15, la traza dejada por las arcillas sigue prácticamente la línea superior de mechinales, la Fotografía 16 permite estimar que el nivel máximo del agua en el Río debió alcanzar aproximadamente 0,35 m por debajo de la coronación del estribo izquierdo.

La Fotografía 17 muestra el estado de las obras de encauzamiento de la Margen Izquierda, aguas abajo del Puente de RENFE, que permitió el desbordamiento del Río, y la inundación del sector limítrofe de la Zona Franca. Esta fotografía ilustra también el acuerdo de ensanche del encauzamiento del Río, una vez atravesado el estrangulamiento que supone el Puente de RENFE.

Puente de Mercabarna, Carretera de Acceso a la Zona Franca

El nivel máximo alcanzado por las aguas bajo el puente de Mercabarna fué de 6,85 m, lo que representa una altura libre de agua en el estribo accidental derecho de 0,70 m.

La Fotografía 18 muestra el Puente de Mercabarna, en cuyas pilas puede apreciarse con dificultad la traza dejada por las aguas a unos veinte centímetros por debajo de los capiteles. La Fotografía 19 muestra con mayor nitidez la traza de las aguas sobre el estribo accidental derecho. Este estribo, situado en el segundo ojo del puente, por la derecha, y muy próximo a la primera pila derecha, no tiene misión de apoyo sino más bien de encauzamiento, y deberá desaparecer cuando los dos ojos derechos del puente queden incorporados al cauce del Río.

Como puede apreciarse, el Puente de Mercabarna, con altura libre de agua mínima de 0,70 m, y el Puente de RENFE, con altura libre de agua mínima de 0,90 m, constituyen las dos secciones con menor margen de seguridad de todas las estudiadas con ocasión de las crecidas experimentadas por el Río Llobregat durante el 8 de Noviembre de 1982. El puente provisional de Molins de Rei se ha exceptuado en esta consideración, en cuanto que no realiza función de vía de comunicación alguna.

VII. NIVELES DE AGUA EN POZOS DE ABASTECIMIENTO

Los acuíferos del Río Llobregat son utilizados por numerosos municipios de la Corporación Metropolitana como fuente de abastecimiento público. Algunos de estos pozos, por encontrarse en zonas próximas al cauce del Río, se vieron afectados por las crecidas experimentadas durante el día 8 de Noviembre de 1982.

De los contactos realizados con los municipios y empresas privadas que explotan estos pozos, se ha podido evaluar las siguientes incidencias:

Pallejá

La zona donde están situados los pozos fue poco inundada, ocasionando escasos desperfectos en las instalaciones, y no llegando a entrar el agua del Río en los pozos.

Molins de Rei

De los dos pozos situados en la zona afectada por las inundaciones, solamente uno de ellos se vió seriamente afectado, con entrada de agua de Río en el pozo, debiendo permanecer parado durante 4 horas.

Sant Vicenç dels Horts

De los dos pozos situados en la zona afectada por las inundaciones, uno de ellos sufrió averías en sus instalaciones mecánicas.

Sociedad General de Aguas de Barcelona

De los pozos situados en la zona afectada por las inundaciones, el pozo Estrella 3 sufrió el derrumbamiento de la valla de protección, y la inundación de sus instalaciones mecánicas, llegando a alcanzar el agua del Río un nivel de 2,30 m sobre el suelo, lo que ocasionó la entrada del agua en el propio pozo.

El pozo Estrella 4 sufrió igualmente el derrumbamiento de la valla de protección, aunque el agua no llegó a inundar las instalaciones mecánicas, viendose unicamente afectadas las instalaciones de control. El agua del Río no entró en el pozo.

La Sociedad General de Aguas de Barcelona explota así mismo la planta de tratamiento de aguas de abastecimiento a Barcelona, situada en el municipio de Sant Joan d'Espí. Las instalaciones de esta planta no se vieron afectadas por las inundaciones, habiendo unicamente de permanecer paradas desde las 05.00 horas del lunes 8, hasta las 10.00 horas del miércoles 10 de Noviembre. La elevada turbiedad de las aguas del Río durante estas 53 horas hizo que se mantuviera la planta fuera de servicio, obteniendose los cau-

dales necesarios de otros pozos que la Sociedad tiene en Cornellá y zonas no afectadas por las inundaciones.

VIII. ESTADO DEL ENCAUZAMIENTO E INUNDACIONES

La crecida experimentada por el Rio Llobregat durante los días 8 y 9 de Noviembre de 1982 no dió lugar al desbordamiento de sus aguas en los tramos de encauzamiento terminados, quedando el nivel máximo del agua más de 1,70m por debajo de la coronación del muro de encauzamiento, como se puede observar en los puntos identificados en la Tabla 2.

Unicamente en las zonas de intersección del actual encauzamiento y del antiguo meandro existente en la margen derecha del Rio, entre Cornellá de Llobregat y L'Hospitalet, estuvieron las aguas proximas a desbordar a causa de los desperfectos causados en el muro de contención por el paso de camiones hacia y desde el actual cauce del Rio.

La Figura 8 muestra el tramo Metropolitano del Rio Llobregat, con indicación de las areas inundadas, de los puntos de vertido existentes, y de la orientación de las fotografías que se incluyen en este estudio. El Anexo cartográfico de este estudio contiene una descripción más detallada de los puntos de vertido al rio, con indicación de la existencia o ausencia de clapeta, así como de las trayectorias seguidas por el agua durante las inundaciones, y de la orientación de las fotografías contenidas en el texto del estudio.

El analisis del desbordamiento del Rio se ha realizado considerando dos situaciones circunstanciales claramente diferenciadas: tramos del Rio sin encauzar, y tramos de Rio con encauzamiento en construcción.

Tramos de Rio sin Encauzar

Las zonas metropolitanas más afectadas por las inundaciones en los tramos del Rio sin encauzar fueron las siguientes:

1. Las Margenes Derecha e Izquierda del Rio, en los municipios de Molins de Rei y Sant Vicenç dels Horts.

Las inundaciones quedaron limitadas por la Autopista A-2, de Barcelona a Tarragona, en la Margen Izquierda, y por la Carretera BV-2002, de Sant Vicenç dels Horts a Sant Boi de Llobregat, en su Margen Derecha, actuando el Canal de la Derecha como barrera interceptora del avance del agua en el sentido longitudinal del Rio.

2. La Margen Derecha del Rio, en el municipio de Sant Boi de Llobregat.

El Rio causó la inundación de zonas de huerta fundamentalmente, quedando definido el controno de la zona afectada por la elevación que representa un camino rural existente.



Signos Convencionales

Escala 1 : 25 000

- ▨ Superficies inundadas por la crecida
- ▨ Cauce natural arrastrado por la avenida
- ★ Pozos de bombeo de Sociedad General de Aguas de Barcelona
- V11 Vertido al cauce del Rio
- V14C Vertido al cauce del Rio dotado de clapeta
- ◇ Punto de toma, orientación, y número de identificación de las fotografías

Figura 8. Tramo Metropolitano del Rio Llobregat, con Indicación de las Zonas Inundadas, los Vertidos al Cauce, y la Documentación Fotográfica Recogida.

3. La Margen Izquierda, junto al Puente de Mercabarna.

El agua del Rio desbordó su cauce natural, actuando de encauzamiento el antiguo muro de cerramiento de la Zona Franca. En aquellos puntos en que este muro estaba destruido, y principalmente en un tramo aguas abajo del propio puente, tal como se observa en la Fotografía 22, el agua invadió la calle nº 6 de la Zona Franca, que canalizo las aguas hacia los viales limítrofes, favorecida por la pendiente natural de las calzadas.

4. La Margen Derecha, junto a la Factoria SEAT.

El agua del Rio desbordó su cauce natural en dos puntos provocando la inundación de varias parcelas de huerta.

Tramos con Encauzamiento en Construcción

Las zonas Metropolitanas afectadas por las inundaciones en los tramos de Rio con encauzamiento en construcción fueron las siguientes:

1. La Margen Derecha, junto al Puente de RENFE.

El tramo de 110 m del muro de encauzamiento que faltaba por construir aguas arriba del puente, y el tramo de 80 m del mismo muro, aguas abajo del puente, permitieron el acceso del agua a las zonas en construcción y de allí al Paso Inferior de la Carretera de El Prat a la Zona Franca, que quedaría cortado a la circulación. Las Fotografías 9, 10, 11 y 12 ilustran estas circunstancias.

La inundación debió iniciarse por sifonamiento del agua del Rio, a través de los imbornales de aguas pluviales situados en el Paso Inferior y en la intersección con la Avenida Anselmo Clavé de El Prat de Llobregat, que habían quedado comunicados directamente al cauce del Rio. Posteriormente, el Rio debió desbordar el cauce de tierras existente durante las obras de encauzamiento.

El Rio desbordó [unicamente] en el tramo aguas arriba del puente de RENFE accediendo a través del Paso Inferior a la Avenida Anselmo Clavé, donde inundó varias industrias allí situadas, y una zona de huerta contigua a la Carretera de Acceso a la Zona Franca. El avance de las aguas por la Avenida Anselmo Clavé quedó interceptado por el trazado del Canal del Llobregat.

Hay que señalar que la inundación de las instalaciones de Papelera Española SA se produjeron por la entrada del agua a través de su propio desagüe, que vierte al Rio sin estar provisto de clapeta.

2. Margen Izquierda, junto al Puente de RENFE.

El tramo de 50 m de muro de encauzamiento que faltaba por construir, aguas arriba del puente, y el tramo de 50 m del mismo muro, aguas abajo del puente, permitieron el paso del agua a varios sectores de la Zona Franca. Las Fotografías 14 y 17 ilustran estas circunstancias.

El desbordamiento en el tramo sin construir, aguas abajo del puente, originó un considerable caudal de agua que, canalizada por la calle nº 11 de la Zona Franca, paralela al cauce del Rio, inundó varios sectores de La Zona Franca, llegando a alcanzar la Calle nº 6, donde se encontró con el agua procedente del desbordamiento junto al puente de Mercabarna.

3. La Margen Derecha, junto al Puente de Mercabarna.

El tramo de muro de encauzamiento sin construir, aguas arriba del puente, permitió el desbordamiento del Rio y la consiguiente inundación de las zonas limítrofes. El desbordamiento, que se vió favorecido por la circunstancia de que los dos ojos derechos del Puente estaban parcialmente llenos de tierras, afectó a dos industrias papeleras, aguas arriba del puente, y a una pequeña zona de huerta, situada aguas abajo, a la que accedió por el ojo derecho del puente.

La zona inundada quedó limitada por la Carretera de Acceso a la Zona Franca, y por el Canal del Llobregat.

4. La Margen Izquierda, junto al Puente de Mercabarna.

El tramo de cauce comprendido entre el final del muro de encauzamiento y el propio puente permitió el desbordamiento del Rio, que accedió a la calle nº 6 de la Zona Franca, donde se unió a la que venía canalizada desde aguas arriba por la calle nº 11, y desde allí invadió otros viales de la Zona Franca.

IX. VIAS DE COMUNICACION AFECTADAS

Las vias de comunicacion Metropolitanas afectadas por las crecidas del Rio Llobregat durante los dias 8 y 9 de Noviembre de 1982 se detallan a continuación.

1. Carretera BV-2002, de Sant Vicenç dels Horts a Sant Boi de llobregat.

El desbordamiento de la Margen Derecha del Rio hizo que el agua inundara la carretera en las proximidades del Km 2, afectando unos 200 m de calzada, que permaneció cerrada a la circulación de pequeños vehiculos entre las 9:00 horas y las 11:30 horas del dia 8 de Noviembre.

El agua alcanzó 0,40 m de altura, aproximadamente, en la Calle Nueva, contigua a la Carretera, y alturas menores en esta última.

2. Carretera de Acceso a la Zona Franca, enlace con la Autovia de Castelldefels, C-246.

La inundación de este enlace se produjo a través del desagüe V16, desprovisto de clapeta, y ocasionó el corte de la circulación durante varias horas.

3. Paso Inferior Carretera de Acceso a la Zona Franca, junto al Puente de RENFE.

La inundación de este tramo de carretera se produjo por sifonamiento de los imbornales de aguas pluviales, que desaguaban sin clapeta, y posterior desbordamiento del Rio por el tramo de muro de encauzamiento sin construir, aguas arriba del puente de RENFE.

Las aguas alcanzaron una altura de 2,40 m sobre la acera del Paso Inferior, como se ilustra en la Fotografía 12, lo que ocasionó el corte de la circulación en la Carretera de acceso a la Zona Franca, y en la Avenida Anselmo Clavé de El Prat de Llobregat.

El Ayuntamiento de El Prat dispone, en la Avenida Anselmo Clavé, de unos pilares que permiten colocar unas tablas a modo de compuertas, y que impidieron el avance de la inundación.

4. Camino de la Vereda del Rio.

Aunque este Camino no fué inundado, hay que destacar la fuerte erosión causada por la avenida del Rio, especialmente en puntos situados 500 m aguas abajo del Puente de Mercabarna.

La Fotografía 21 ilustra claramente la erosión causada por las aguas en la Margen Derecha, aguas abajo del puente de Mercabarna, así como el nivel máximo alcanzado por las aguas, muy próximo al límite del cauce natural.

La Fotografía 20 muestra la fuerte erosión causada en la Margen Derecha, en una zona 1000 m aproximadamente aguas abajo del Puente de Mercabarna, donde el Camino ya no está asfaltado, así como la sobreelevación del Camino con relación a los terrenos agrícolas limítrofes.

Todo parece indicar que, en las circunstancias actuales del Camino de la Vereda del Rio, una nueva crecida del Rio, como la ocurrida los días 8 y 9 de Noviembre de 1982, arrastraría el muro de encauzamiento natural de este tramo de la Margen Derecha, lo que ocasionaría la inundación de las extensas zonas de huerta situadas en sus inmediaciones.

5. Carretera del Faro.

La fuerte erosión por el Rio en el tramo final de su cauce queda de manifiesto por la desaparición de una franja de acarreos de 800 x 100 m de su Margen Izquierda, que ha afectado seriamente a la Carretera del Faro. La Fotografía 23 ilustra el estado de esta Carretera despues de la crecida del 8 y 9 de Noviembre de 1982.

X. INUNDACIONES POR DESAGUES

La Figura 8 y los mapas contenidos en el Anexo Cartográfico identifican los numerosos desagües existentes a lo largo del tramo Metropolitano del Rio

Llobregat.

El objeto de estos desagües es verter al Rio los caudales excedentes o residuales de actividades agricolas, industriales y de las redes de alcantillado municipales. Los vertidos se realizan bien a través de canales, utilizando en ocasiones las rieras naturales, o bien a través de tuberias.

Los vertidos se efectuan generalmente por gravedad, estando la cota del desagüe final muy próxima al lecho del Rio. En algunos casos el desagüe esta provisto de un sistema de compuerta antiretorno o clapeta, que impide la entrada del agua del Rio cuando su nivel sobrepasa el del propio vertido.

La existencia de numerosos desagües desprovistos de clapeta, así como de otros en que esta clapeta no llegó a cerrarse, permitió que la crecida del Rio Llobregat del 8 y 9 de Noviembre inundara explotaciones agricolas e industriales que de otro modo no se habrían visto afectadas.

Por otra parte, el fundamento mismo de estos desagües provistos de clapeta pudo llegar a causar consecuencias desfavorables en algunas zonas urbanas. El cierre prolongado de las clapetas de desagüe ocasionó un embalsamiento de las aguas pluviales, que dió lugar a una crecida en las propias conducciones de desagüe, llegando a alcanzar niveles muy próximos al de desbordamiento.

Todo prece indicar que si durante la crecida del Rio Llobregat del 8 y 9 de Noviembre de 1982, las precipitaciones en el Area Metropolitana hubiera alcanzado valores superiores, normales por otra parte a esas epocas del año, varias zonas urbanas se habrían visto inundadas por sus propias aguas pluviales, al no poder desaguar al Rio por estar cerradas las clapetas.

A continuación se detallan las inundaciones ocasionales por acceso del agua del Rio a través de los desagües que vierten en su cauce.

1. Enlace Autopista Tarragona (A-2) con Cinturón Litoral.

La inundación registrada en esta zona tan localizada de la margen izquierda fue motivada por el agua procedente del canal que desagua en el punto V5. El desagüe V5 dispone de una clapeta que se cerró durante la crecida del Rio, lo que impidió su vertido, ocasionando la inundación de las zonas colindantes.

Hay que resaltar que el agua que transportaba el canal procedía del Rio, que habiendo penetrado por el desagüe V3, desprovisto de clapeta, siguió su curso hasta el punto V5.

2. Puente Carretera C-245 de Sant Boi de Llobregat a Cornellá de Llobregat

El agua del Rio penetró por el desagüe V11, desprovisto de clapeta, reventando posteriormente la tapa de registro existente en un punto de la conducción cercano al vertido, e inundando la zona de la Margen Izquierda próxima al Puente.

3. Enlace Autovía de Castelldefels, C-246, con la Carretera de Acceso a la Zona Franca.

La inundación de esta zona de la Margen Derecha se produjo por la entrada del agua del Rio a través del desagüe V16. Aunque este desagüe está dotado de una clapeta, esta no funcionó durante la crecida.

4. Carretera de Acceso a la Zona Franca.

Los dos canales de desagüe agrícolas V26 y V27, desprovistos ambos de clapeta, permitieron que el agua del Rio inundara una zona de la Margen Derecha, entre la Carretera de Acceso a la Zona Franca y el Canal del Llobregat, que de otro modo no se habrían visto afectados, al estar resguardados por la explanada de la propia carretera.

XI. SUPERFICIES INUNDADAS

La Tabla 3 contiene un resumen de las superficies inundadas por las aguas del Rio, diferenciando entre las correspondientes al propio cauce y las de las zonas colindantes, tanto de carácter agrícola como urbano e industrial.

Como puede apreciarse en la Figura 8 y en la Tabla 3, las zonas más afectadas fueron las agrícolas, especialmente las situadas entre el puente de Molins de Rei, en las carreteras N-II y N-340, y el puente de la carretera C-245, de Sant Boi de Llobregat a Cornellá de Llobregat. La inundación de zonas urbanizadas quedó restringida a la Zona Franca de Barcelona, donde el agua accedió y fue canalizada por sus propias vías de comunicación.

XII. COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DEL TRAMO METROPOLITANO DEL RIO LLOBREGAT

A partir de las evaluaciones parciales realizadas en las secciones precedentes, el comportamiento del Rio Llobregat, en su tramo Metropolitano, durante la avenida del 8 de Noviembre de 1982 puede caracterizarse por haber servido fundamentalmente como vía de circulación y desagüe de los caudales procedentes de las zonas superiores de su cuenca.

Las aguas discurrieron por los tramos encauzados sin desbordarse, mientras que en los tramos no encauzados situados entre el límite del Area Metropolitana y el Puente sobre la Carretera C-245, de Sant Boi de Llobregat a Cornellá de Llobregat, inundó 329 Ha de terrenos agrícolas, especialmente en su Margen Derecha, viendose limitado el avance de las aguas por la Autopista A-2, la Carretera BV-2002 y el Canal de la Derecha.

El tramo de encauzamiento entre la Carretera C-245 y la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, canalizó las aguas sin producir más incidentes que la inundación de una pequeña zona de 5 Ha de terreno agrícola, y el

Tabla 3. Superficies Inundadas por las Aguas del Rio Llobregat Durante la Avenida del Dia 8 de Noviembre de 1982.

Zona del Cauce	Propio Cauce del Rio Ha	Zonas Colindantes al Cauce, Ha		
		Totales	Agrícolas	Urbanas e Industriales
Desde limite del Area Metropolitana hasta puente de Molins de Rei, N-II y N-340.	52	52	52	0
Desde puente de Molins de Rei, N-II y N-340, hasta puente de la carretera C-245.	75	277	277	0
Desde puente de la carretera C-245 hasta puente de la carretera C-246, Autovia de Castelldefels.	90	5	5	0
Desde puente de la carretera C-246, Autovia de Castelldefels, hasta el puente de RENFE.	4	2	0	2
Desde puente de RENFE hasta puente de Mercabarna, en la carretera de acceso a la Zona Franca.	11	42	20	22
Desde puente de Mercabarna, en la carretera de acceso a la Zona Franca, hasta la desembocadura del Rio.	52	140	22	118
Totales	284	518	376	142

enlace de la Carretera de Acceso a la Zona Franca con la Carretera C-246. En ambos casos, la salida del agua se produjo por el efecto de sifón a través de los desagües al Rio, el primero de ellos sin clapeta, y el segundo provisto de clapeta que no funcionó.

El estado provisional del encauzamiento en las proximidades del Puente de RENFE, en razón de las obras de construcción de los tramos de encauzamiento inacabados, junto con los numerosos desagües al Rio desprovistos de clapeta, contribuyeron al desbordamiento del Rio, que inundó el Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca, e irrumpió en la propia Zona Franca a través de sus vias de comunicación que actuaron de canales.

Las aguas discurrieron con normalidad a lo largo del tramo de Rio encauzado entre el Puente de RENFE y el Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca, produciendose unicamente la inundación de varias zonas por el efecto de sifón a través de los numerosos desagües sin clapeta existentes en este tramo.

El puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca, representa el límite actual tanto del muro de encauzamiento como de la zona de influencia del mar en el regimen hidráulico del Rio Llobregat. La llegada a este punto del cauce de la practica totalidad de los caudales afluentes en el límite superior del tramo Metropolitano del Rio, junto con la menor capacidad de desagüe del cauce natural del Rio hasta su desembocadura, y el obstáculo natural producido por el temporal de Levante reinante en esos mismos momentos, dieron lugar a un remansamiento de las aguas que desbordaron por los tramos inexistentes del muro de cerramiento de la Zona Franca, erosionaron el Camino de la Vereda del Rio, en su Margen Derecha, y causaron fuertes destrozos en la Carretera del Faro, después de arrastrar una franja de acarreo de 800 x 100 m de su Margen Izquierda.

XIII. TRAMOS DE ATENCION PRIORITARIA

El Puente Provisional de Molins de Rei, aún sin cumplir función alguna como vía de comunicación, representa el punto del cauce Metropolitano del Rio con menor capacidad de desagüe bajo su tablero. La altura libre de agua de 0,15 m en su pila central, y de 0,10 m en sus estribos, pone de manifiesto la situación crítica en que esta estructura se encuentra frente a la eventualidad de una futura avenida.

La Figura 9 muestra los efectos de la avenida sobre un puente de características similares situado sobre el Rio Llobregat en Gironella, con lo que comporta de trabajos de recuperación de las estructuras arrastradas.

El Puente de RENFE, con una altura libre de agua bajo su tablero de 0,90 m, durante la avenida del día 8 de Noviembre de 1982, representa uno de los puntos del cauce que merece una atención prioritaria, en tanto que via de comunicación de gran importancia para el Area Metropolitana de Barcelona.

La Figura 10 ilustra la variación experimentada por la sección transversal



Figura 9. Estado del Puente sobre el Rio Llobregat en Gironella, tras la Avenida del Día 8 de Noviembre de 1982. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

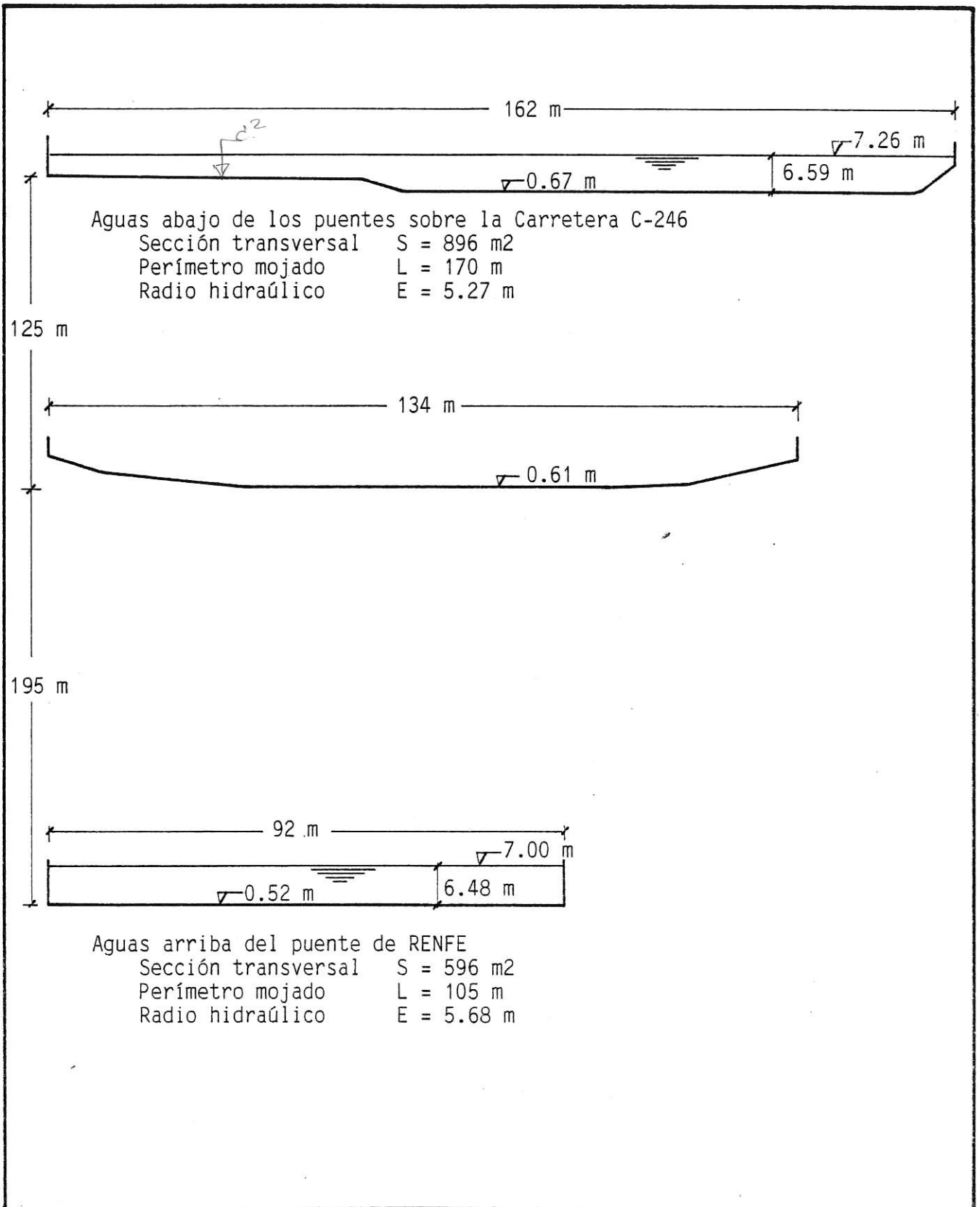


Figura 10. Secciones Transversales del Rio Llobregat, Durante la Avenida del Día 8 de Noviembre de 1982, en el Tramo de Cauce Comprendido entre los Puentes de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, y el Puente de RENFE.

del Rio durante el periodo de máximos caudales de la avenida del 8 de Noviembre, en el tramo de cauce comprendido entre los Puentes de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, y el Puente de RENFE. Como puede apreciarse, la sección del Rio pasa de 896 m² en un punto inmediatamente aguas abajo del Puente Antiguo de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, hasta los 596 m² de sección en un punto inmediatamente aguas arriba del Puente de RENFE, lo que representa una reducción del 33% de sección transversal en un tramo de 320 m.

Con objeto de evaluar la capacidad de desagüe de este tramo del Rio se ha realizado un analisis hidráulico por la teoria de las curvas de remanso, que permite obtener el caudal circulante, conocidas la rugosidad del cauce, su geometría y el calado a lo largo del tramo estudiado. Se han considerado en los calculos un valor de la pendiente, medido experimentalmente, de $4,7 \times 10^{-4}$, así como una variación lineal de la anchura del cauce, comprobada numericamente. Por otra parte, se ha supuesto una variación lineal de la sección, así como de su radio hidráulico, hipótesis razonables que pueden ser posteriormente comprobadas.

Por último, se ha supuesto un valor del coeficiente de pérdida de carga localizada, debida en este caso al estrechamiento de la sección, de $A = 0,2$.

La Tabla 4 contiene un resumen de los posibles caudales máximos circulantes por el tramo de Rio estudiado, obtenidos en función del coeficiente de rugosidad de Manning "n", por calculos sucesivos de tramos de cauce de 10 m de longitud.

Como puede observarse en la Tabla 4, el coeficiente de rozamiento correspondiente a un caudal de 1500 m³/s es de $n = 0,039$, valor apreciablemente superior al considerado generalmente para un cauce de esta naturaleza. A este respecto, la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental ha adoptado un valor de $n = 0,030$ para el Rio Llobregat.

Para un valor del coeficiente de rozamiento de $n = 0,030$, la Tabla 4 establece un caudal circulante de 1800 m³/s que representa un aumento del 20% sobre el valor máximo de 1500 m³/s registrado en la estación de aforo de Martorell el dia 8 de Noviembre de 1982.

Por último, la menor capacidad de desagüe del tramo de Rio sin encauzar, aguas abajo del Puente de Mercabarna, junto con el obstáculo natural que el temporal de Levante representó para el desagüe de la avenida, hizo que la altura libre del agua bajo el Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca, fuera solo de 0,70 m. No obstante, la anchura real del puente permite estimar que, una vez que todos sus ojos sean incorporados al cauce del Rio, y el encauzamiento se prolongue hasta la desembocadura, la capacidad de desagüe bajo su tablero será considerablemente superior.

Tabla 4. Caudales Máximos Estimados para el Tramo del Rio Llobregat Comprendido entre los Puentes de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, y el Puente de RENFE, en Función de la Rugosidad del Cauce.

Coeficiente de Rugosidad de Manning	Caudal Circulante Calculado m ³ /s
0,043	1400
0,039	1500
0,036	1600
0,034	1700
0,031	1800
0,029	1900
0,027	2000

CONCLUSIONES

El objetivo general de este estudio era describir globalmente el comportamiento del Río Llobregat, en el tramo comprendido en la Corporación Metropolitana de Barcelona, durante el periodo de avenidas del día 8 de Noviembre de 1982.

La evaluación de los datos e informaciones recopilados, tanto en el campo como documentalmente, permite establecer las siguientes conclusiones:

1. La avenida del 20 de Septiembre de 1971, con un caudal máximo instantáneo de 3080 m³/s en la estación de aforo de Martorell, representa la mayor registrada en lo que va de siglo.
2. La avenida del 26 de Septiembre de 1962, a pesar de su menor caudal máximo instantáneo de 1550 m³/s en la estación de aforo de Martorell, tuvo consecuencias más catastróficas que las de la anterior para las cuencas de la Riera de Rubí y del Río Besos, debido a la elevada precipitación caída en ellas.
3. La crecida experimentada por el Río durante los días 8 y 9 de Noviembre de 1982 fué motivada por las intensas precipitaciones recogidas en su cabecera durante los días 7 y 8 del mismo mes.
4. La trayectoria inhabitual hacia la Península Ibérica de una fuerte depresión atlántica provocó una intensa circulación de aire mediterráneo húmedo desde el Suroeste, que, al ser obligado a ascender por la orografía de Cataluña, provocó la condensación de grandes cantidades de agua sobre las laderas meridionales de los Pirineos Orientales.
5. El régimen de vientos del Suroeste, y posteriormente de Levante, que impulsó las masas de aire mediterráneo originó situaciones de marejada a fuerte marejada en la desembocadura del Río durante el lunes 8 de Noviembre, lo que representó un obstáculo natural para la evacuación de las aguas que descendían en esos momentos.
6. Los caudales máximos instantáneos registrados en las estaciones de aforo de Martorell y de las Presa del Canal de la Margen Derecha fueron de 1500 y 1400 m³/s respectivamente. Esto permite estimar que el máximo caudal instantáneo del Río en su tramo Metropolitano fue de 1500 m³/s aproximadamente, lo que la califica como moderada dentro de las acaecidas durante este siglo.
7. Las aguas del Río atravesaron todos los puentes situados en la Zona Metropolitana sin causar desperfectos aparentes a sus estructuras, y sin llegar a alcanzar en ningún caso la cota inferior de los tableros.
8. La menor altura libre de agua se alcanzó bajo el Puente Provisional de Molins de Rei, donde el agua debió quedar a 0,15 m de la parte inferior del tablero. La circunstancia que este puente no se utilizara como vía de comunicación hizo que no despertara mayor alarma.

9. Teniendo en cuenta que durante esta avenida, moderada entre las de este siglo, la altura libre de agua bajo el Puente Provisional de Molins de Rei fué de 0,15 m, es razonable estimar que, de haberse registrado unos mayores caudales, el Puente habría constituido un obstáculo para las aguas del Rio, que se habrían remansado e inundado zonas aguas arriba, así como erosionado los taludes de la Autopista A-2 al rodear su estribo izquierdo, pudiendo llegar a desplazar el propio tablero del Puente.
10. Los caudales máximos instantáneos pasaron bajo los Puentes de Molins de Rei, de los Ferrocarriles de la Generalidad, de la Carretera C-245 de Sant Boi a Cornellá, y de la Carretera C-246, Autovia de Castelldefels, dejando una altura libre de agua igual o superior a 1,95 m.
11. Los caudales máximos instantáneos pasaron bajo el Puente de RENFE dejando una altura libre de agua bajo este Puente de 0,90 m, quedando la lámina de agua a 0,25 m de la coronación del estribo derecho.
12. El estado de las obras de encauzamiento en los cuatro costados del Puente de RENFE facilitó el desbordamiento del Rio, que invadió varios sectores de la Zona Franca, desde su margen izquierda, e inundió el Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca, donde el agua alcanzó un nivel de 2,40 m sobre el suelo, lo que ocasionó la interrupción de la circulación, y la inundación de varias industrias próximas.
13. Los caudales máximos instantáneos pasaron bajo el Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca, dejando una altura libre de agua de 0,70 m, ocasionando el desbordamiento en las proximidades de sus estribos, desde donde el agua penetró en varios sectores de la Zona Franca y en algunas industrias de la Margen Derecha.
14. Los Puentes de RENFE y de Mercabarna representan los dos puntos más críticos del tramo Metropolitano del Rio durante la crecida experimentada por este los días 8 y 9 de Noviembre de 1982, con alturas libres de agua de 0,90 y 0,70 m respectivamente.
15. La crecida del Rio afectó a varios de los pozos que, situados en sus márgenes, explotan su acuífero profundo como fuente de abastecimiento público. Las instalaciones mecánicas y eléctricas se vieron afectadas en muchos casos, aunque solo en algunas llegó el agua del Rio a penetrar en los pozos. Por otra parte, la planta de tratamiento de aguas de abastecimiento de Sant Joan d'Espí permaneció parada durante 53 horas, debido a la gran turbiedad de las aguas del Rio.
16. La crecida del Rio Llobregat no dió lugar al desbordamiento de sus aguas en los tramos de encauzamiento terminados, quedando el nivel del agua más de 1,70 m por debajo de la coronación del muro de encauzamiento.

17. Las zonas más afectadas por el desbordamiento del Rio en los tramos sin encauzar fueron las Margenes Derecha e Izquierda en los municipios de Molins de Rei y Sant Vicenç dels Horts, el municipio de Sant Boi de Llobregat, y la Zona Franca de Barcelona.
18. Las zonas más afectadas por el desbordamiento del Rio en los tramos con encauzamiento en construcción fueron las Margenes Derecha e Izquierda colindantes tanto al Puente de RENFE como al Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca.
19. Las vias de comunicación afectadas por las inundaciones del día 8 de Noviembre de 1982 fueron las Carretera BV-2002 de Sant Vicenç dels Horts a Sant Boi de Llobregat, y los enlaces de salida y entrada de la Carretera de Acceso a la Zona Franca con la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels, en todas las cuales hubo de interrumpirse temporalmente la circulación.
20. El Camino de la Vereda del Rio y la Carretera del Faro sufrieron una considerable erosión durante la avenida. Mientras que la Carretera del Faro ha quedado seriamente dañada, el Camino de la Vereda del Rio, sobre la Margen Derecha del Rio, no soportaría previsiblemente los efectos de otra avenida, que ocasionaría la inundación de extensas zonas del Delta.
21. La existencia de numerosos desagües al Rio desprovistos de clapeta, así como de otros en que su clapeta no llegó a cerrarse, permitió que la crecida del Rio inundara explotaciones agrícolas e industriales que de otro modo no se habrían visto afectados.
22. La superficie total de terrenos inundados dentro del Area Metropolitana fue de 518 Ha, de los cuales 376 Ha corresponden a terrenos agrícolas, y 142 Ha a zonas urbanizadas. El propio cauce del Rio representa 284 Ha de terreno Metropolitano.
23. El Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca representa el límite actual tanto del muro de encauzamiento como de la zona de influencia del mar en calma sobre el régimen hidráulico del Rio en cuadal normal.
24. La llegada a este punto de la totalidad de los caudales afluentes al Area Metropolitana, junto con la menor capacidad de desagüe del cauce natural hasta el mar, y el obstáculo natural producido por el temporal de Levante, dieron lugar a un remansamiento de las aguas del Rio que se desbordaron en varios puntos.
25. Un análisis hidráulico, por la teoria de las curvas de remanso, del tramo de cauce situado aguas arriba del Puente de RENFE permite estimar, como posible valor del caudal máximo instantáneo bajo este puente, el de 1800 m³/s, que representa un incremento del 20% sobre los 1500 m³/s registrados en la estación de aforo de Martorell.

XV. RECOMENDACIONES

Del análisis y discusión de la información recopilada durante este estudio es posible formular diversas recomendaciones, de las que la primera tiene entidad propia, y las siguientes deben abordarse conjuntamente, dada la estrecha relación que existe entre ellas al ser aspectos de un mismo problema, a través de un estudio global y de los proyectos que correspondan.

El contenido de dichas recomendaciones es el siguiente:

1. Considerando que el Puente Provisional de Molins de Rei no presta función alguna como vía de comunicación, que las aguas del Río Llobregat quedaron muy próximas a su tablero durante la avenida del día 8 de Noviembre de 1982, y que, por tanto, una avenida de importancia similar a las observadas durante el presente siglo no habría podido desaguar previsiblemente bajo su tablero, con las consiguientes inundaciones aguas arriba y erosiones en taludes próximos, se recomienda la elaboración de un plan de desmantelamiento y posible reutilización de las piezas estructurales del Puente, para su ejecución en el plazo más breve posible.
2. Considerando que el principio de funcionamiento de los vertidos urbanos, industriales y agrícolas que actualmente se realizan al Río se basa en un desagüe en cotas próximas al cauce del Río, provisto en algunos casos de clapetas o compuertas antiretorno, y teniendo en cuenta que con caudales considerablemente menores que los registrados durante la avenida del 8 de Noviembre de 1982 los desagües dotados de clapeta no permitirían la evacuación de sus caudales, y que, por tanto, unas precipitaciones apreciables sobre estas subcuencas no podrían ser desaguadas y provocarían serias inundaciones en zonas urbanizadas del Area Metropolitana, se recomienda la elaboración de un programa de medidas correctoras que asegure la evacuación de los caudales procedentes de las subcuencas Metropolitanas, aún en presencia de una crecida de los niveles de agua en el Río.
3. Considerando que el Puente de RENFE constituye uno de los puntos críticos del Río, con una altura libre de agua bajo su tablero de 0,90 m, y que una avenida superior a la del día 8 de Noviembre de 1982 podría previsiblemente alcanzar o superar la cota inferior de su tablero, se recomienda la adopción de las medidas correctoras necesarias para asegurar que los caudales máximos de avenida puedan circular bajo este Puente, así como la adopción de un plan de emergencia para el caso en que el Puente pueda verse afectado por las aguas. Un estudio hidráulico de los tramos aguas arriba y aguas abajo de este punto permitiría establecer con precisión la capacidad real de desagüe del encauzamiento efectuado bajo este Puente.

4. Considerando la reducida capacidad de desagüe del tramo final de cauce natural del Rio, así como el deterioro que la avenida del día 8 de Noviembre de 1982 ha causado en extensas zonas de ambos márgenes, y que, por tanto, una nueva avenida provocaría la rotura y desbordamiento en numerosas zonas del Delta, se recomienda la adopción de las medidas necesarias para completar el encauzamiento del Rio Llobregat hasta su desembocadura al mar, con independencia del trazado definitivo que se adopte. La limpieza simultánea de los ojos del Puente de Mercabarna mejoraría previsiblemente su capacidad de desagüe, e impediría que las aguas alcanzaran cotas tan próximas a su tablero como en esta ocasión.

5. Considerando que las circunstancias meteorológicas causantes de las avenidas del Rio Llobregat pueden caracterizarse por una depresión atmosférica que impulsa aire húmedo y cálido Mediterráneo desde el Sur y Suroeste, que por el efecto orográfico de Cataluña se ve obligado a precipitar su humedad en las laderas meridionales de las montañas, y que esta situación atmosférica provoca simultáneamente temporales de Levante en las costas de Cataluña que, por efecto de sobreelevación y rotura de las olas, dificulta el desagüe del Rio al mar, se recomienda la elaboración de un programa de estudios destinados a establecer las posibles medidas de protección de su desembocadura, que aseguren un desagüe óptimo de las avenidas del Rio en presencia de temporal de Levante.

REFERENCIAS

Codina, J. (1971). Inundaciones en el Delta del Llobregat. Ed. Dalmau
Barcelona.

Masachs, V. (1948). El régimen de los rios peninsulares. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

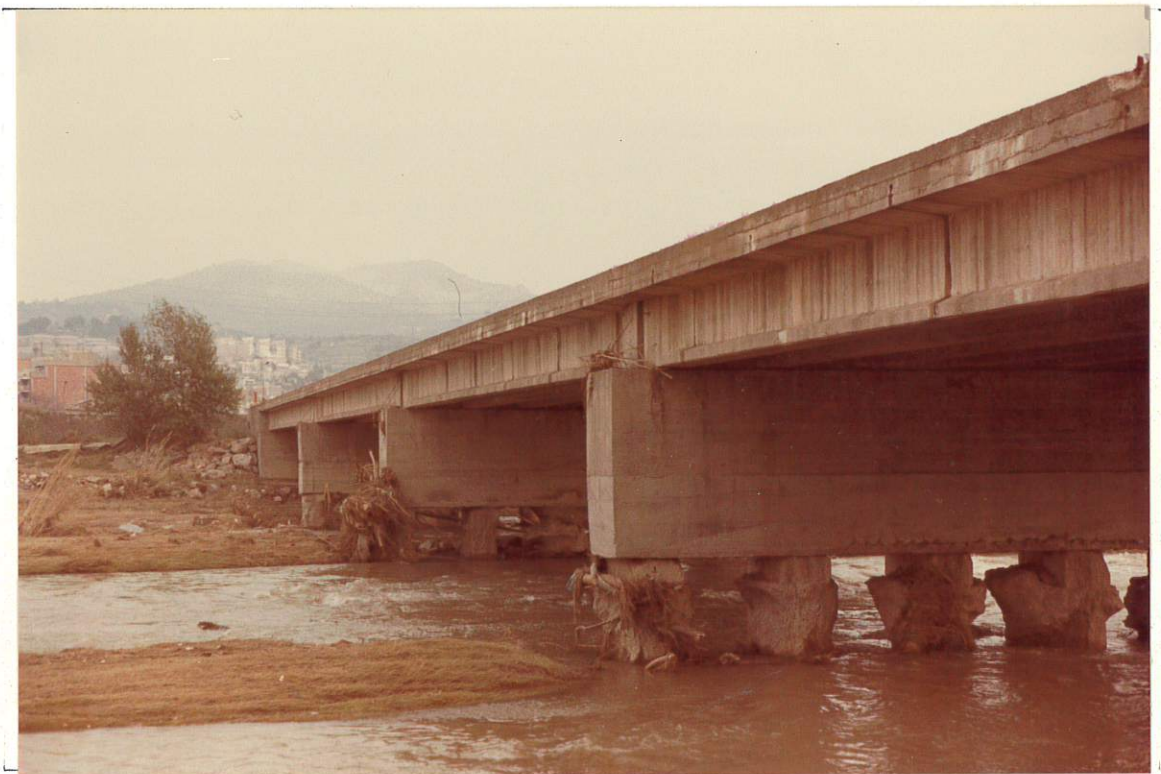
ANEXO I

Documentación Fotográfica

Las fotografías que aparecen a continuación
fueron tomadas entre el sábado 20 y
el martes 30 de Noviembre de 1982



Fotografía 1. Puente de Molins de Rei, Carreteras N-II y N-340.



Fotografía 2. Puente Provisional de Molins de Rei.



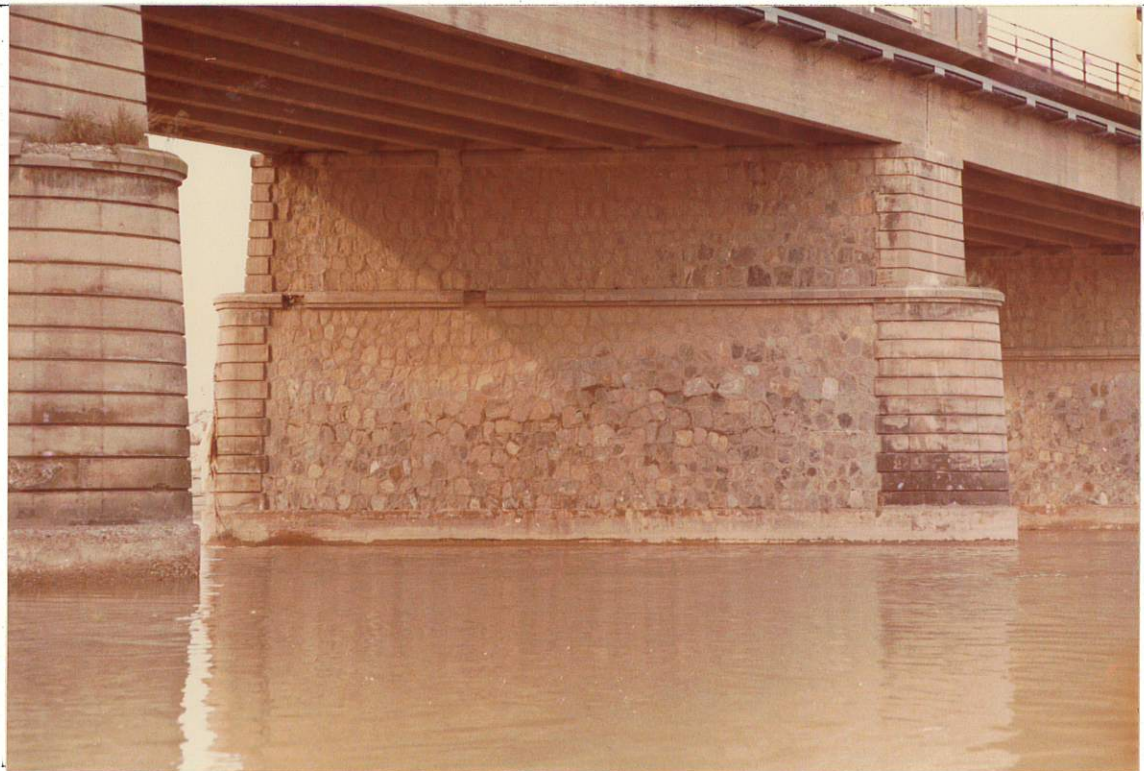
Fotografía 3. Puente de los Ferrocarriles de la Generalitat, Estribo Derecho.



Fotografía 4. Estribo Derecho del Puente de la Carretera C-245, de Sant Boi de Llobregat a Cornellá de Llobregat.



Fotografía 5. Muro de Encauzamiento de la Margen Derecha, Aguas Abajo del Puente de la Carretera C-245, de SantBoi de Llobregat a Cornellá de Llobregat.



Fotografía 6. Vista Desde Aguas Abajo de las Pilas del Puente de la Carretera C-245, de SantBoi de Llobregat a Cornellá de Llobregat.



Fotografía 7. Puente Nuevo de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels.



Fotografía 8. Puentes de la Carretera C-246, Autovía de Castelldefels.



Fotografía 9. Estado de las Obras de Encauzamiento de la Margen Derecha, Aguas Arriba del Puente de RENFE.



Fotografía 10. Obras de Encauzamiento de la Margen Derecha, Aguas Arriba del Puente de RENFE, y Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca.



Fotografía 11. Obras de Encauzamiento de la Margen Derecha, Aguas Abajo del Puente de RENFE.



Fotografía 12. Nivel Máximo de las Aguas en el Paso Inferior de la Carretera de Acceso a la Zona Franca, Bajo el Puente de RENFE.



Fotografía 13. Estribo Derecho del Puente de RENFE.



Fotografía 14. Muro de Encauzamiento de la Margen Izquierda, Aguas Arriba del Puente de RENFE.



Fotografía 15. Muro de Encauzamiento de la Margen Izquierda, Aguas Arriba del Puente de RENFE.



Fotografía 16. Estribo Izquierdo del Puente de RENFE, y Muro de Encauzamiento Sobre la Coronación de la Pila.



Fotografía 17. Muro de Encauzamiento de la Margen Izquierda, Aguas Abajo del Puente de RENFE.



Fotografía 18. Vista desde Aguas Arriba del Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca.



Fotografía 19. Estribo Accidental Derecho del Puente de Mercabarna, en la Carretera de Acceso a la Zona Franca.



Fotografía 20. Camino de la Vereda del Rio, Margen Derecha del Rio, Aguas Abajo del Puente de Mercabarna.



Fotografía 21. Cauce Natural del Rio, Junto al Camino de la Vereda del Rio, Margen Derecha, y Aguas Abajo del Puente de Mercabarna.



Fotografía 22. Muro de Limitación de la Zona Franca, Margen Izquierda, Aguas Abajo del Puente de Mercabarna.



Fotografía 24. Zona de Playa Contigua a la Desembocadura del Rio Llobregat.



Fotografía 23. Carretera del Faro, Margen Izquierda Junto a la Desembocadura del Rio.