

**LIBRO: PRY. PROYECTO**

**TEMA: CAR. Carreteras**

**PARTE: 1. ESTUDIOS**

**TÍTULO: 06. Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes**

**CAPÍTULO: 002. Trabajos de Campo**

**A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los criterios generales para ejecutar los trabajos de campo necesarios para la elaboración del estudio hidráulico-hidrológico para puentes, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios y que se indican en las Fracciones E.2. y E.3. de la Norma N·PRY·CAR·1·06·001, *Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes*.

**B. REFERENCIAS**

Esta Norma se complementa con las últimas versiones de las siguientes:

NORMAS	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes.....	N·PRY·CAR·1·06·001
Procesamiento de Información.....	N·PRY·CAR·1·06·003
Análisis Hidráulicos.....	N·PRY·CAR·1·02·005
Presentación del Estudio.....	N·PRY·CAR·1·06·006

**C. RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

El reconocimiento de campo a que se refiere la Fracción E.2. de la Norma N·PRY·CAR·1·06·001, *Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes*, que tiene el propósito de corroborar la

información que se indica en la Cláusula D. y en la Fracción E.1. de esa Norma; recabar los datos que sean útiles para determinar las características fisiográficas y, en su caso, hidrológicas de la cuenca; conocer el comportamiento histórico de la corriente natural y programar los trabajos de campo para el levantamiento topográfico, debe ser realizado por un especialista en hidráulica con conocimientos de topografía, considerando lo siguiente:

### **C.1. CORROBORACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE**

Debido a que la información que se recabe, normalmente se genera con mucha anterioridad respecto al momento en que se ejecuta el estudio, es necesario verificar, entre otros, los siguientes aspectos que puedan influir en la determinación de las características de la cuenca:

- C.1.1.** Que la información contenida en las cartas topográficas y mostrada en las fotografías aéreas, no haya sufrido cambios sustanciales debidos a la construcción de obras, explotación de recursos y/o desastres naturales.
- C.1.2.** Que la edafología, el tipo y uso del suelo, el tipo y la densidad de la vegetación continúen como se indica en las cartas correspondientes.
- C.1.3.** Que durante el lapso que abarquen los registros que, en su caso, se obtengan de las estaciones hidrométricas, pluviográficas y pluviométricas, no se hayan realizado obras tales como presas, bordos, desvíos y encauzamientos, entre otros, que provoquen cambios en las características hidrológicas de la cuenca.

### **C.2. OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO**

Durante el reconocimiento de campo y particularmente cuando no exista o sea deficiente la información fisiográfica e hidrológica disponible o en el caso de que dicha información haya sufrido alteraciones, según se indica en la Fracción anterior, se recaban, entre otros, los siguientes datos:

- C.2.1.** Tipo, magnitud y causa de las alteraciones topográficas que influyan en los escurrimientos, asentándolas en las cartas topográficas y/o fotografías aéreas, en forma de croquis.

- C.2.2.** Las alteraciones y sus causas, incluyendo cualquier cambio en las características de los suelos y materiales superficiales del terreno, y sus estados de humedad, que influyan en los escurrimientos, indicando esta información en las cartas edafológicas, de uso de suelos y/o fotografías aéreas.
- C.2.3.** Tipo, densidad y alteraciones de la vegetación dentro de la cuenca, registrando esta información en las cartas edafológicas, de uso de suelo y/o fotografías aéreas, en forma de croquis, con el propósito de hacer confiables los coeficientes de escurrimiento de la cuenca, así como de rugosidad del cauce y de las llanuras de inundación que se determinen.
- C.2.4.** Tipo, geometría, dimensiones, ubicación y funcionamiento de las obras construidas dentro de la cuenca, que influyan en su funcionamiento hidráulico, asentándolas en forma de croquis, en las cartas topográficas y/o fotografías aéreas.
- C.2.5.** Tipo y dimensiones de los cuerpos flotantes en la corriente, generalmente constituidos por los árboles de la cuenca, sobre todo los cercanos al cauce, para fijar la longitud mínima de los claros del puente.
- C.2.6.** Tipo y dimensiones de los materiales arrastrados sobre el fondo del cauce principal, tales como rocas, cantos rodados, grava y arena, entre otros.
- C.2.7.** Los niveles alcanzados por el agua en el cauce, particularmente durante la creciente máxima de que se tenga noticia, que determinan el gasto máximo observado en campo ( $Q_{MOC}$ ), precisando si ésta ocurrió sólo en una ocasión y en caso contrario su frecuencia, estimando su periodo de retorno. Esta información se obtiene consultando a los lugareños. Si esa creciente ocurrió recientemente (uno o dos años), se pueden definir las trazas en el terreno natural del nivel alcanzado por el agua, detectando las huellas de arrastres en suspensión que la corriente haya dejado. Estos datos sólo se reportan en los sitios donde se obtenga información confiable, evitando aceptar datos que no hayan sido determinados con información de campo veraz.

- C.2.8.** La tendencia del río a depositar o a socavar su fondo, a fin de considerar el espacio libre vertical en el primer caso o el incremento de la profundidad de la cimentación en el segundo.

### **C.3. PROGRAMACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Durante el reconocimiento de campo se programan los trabajos para el levantamiento topográfico, atendiendo los aspectos que enseguida se señalan, para determinar las dimensiones del área por levantar, las longitudes de los perfiles para la pendiente geométrica o hidráulica y de construcción, así como la ubicación de las secciones hidráulicas, tomando en cuenta la elevación del agua durante la creciente máxima de que se tenga noticia.

#### **C.3.1. Cambios de dirección del cauce**

Para cauces con llanuras de inundación o con inestabilidad y/o erosión en sus márgenes, conviene que el levantamiento topográfico comprenda los cambios de dirección que presente la corriente en una distancia tal que permita definir las obras auxiliares de encauzamiento y protección que se requieran.

#### **C.3.2. Ubicación de las secciones hidráulicas**

Las secciones hidráulicas se ubican, de preferencia, en tramos rectos del cauce en estudio donde la sección y pendiente sean sensiblemente uniformes, condiciones necesarias para aplicar el Método de Manning; en sitios donde el cauce no presente caídas, estrechamientos naturales ni desbordamientos o éstos sean de poca importancia. Ha de evitarse ubicarlas en sitios donde existan pozas naturales o debidas a la extracción de materiales.

Si las llanuras de inundación son muy extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho, la ubicación de las secciones hidráulicas se apoyará en las fotografías aéreas a que se refiere la Fracción D.3. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-001, *Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes.*

Cuando exista una confluencia de dos escurrimientos cercana al cruce del cauce con el eje de proyecto de la carretera, que pudiera influir en el comportamiento hidráulico del nuevo puente, es necesario ubicar al menos una sección hidráulica sobre el cauce en estudio y otra en el afluente, ambas aguas arriba de la confluencia, así como una aguas abajo, de manera que sea posible precisar la influencia del afluente sobre el cauce en estudio.

## **D. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Con base en el proyecto geométrico de la carretera a que se refiere la Fracción D.1. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-001, *Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes*, el Ingeniero o Contratista de Servicios debe ejecutar el levantamiento topográfico, atendiendo los siguientes aspectos:

### **D.1. PERSONAL Y EQUIPO DE TOPOGRAFÍA**

El personal y el equipo para el levantamiento topográfico han de cumplir con los siguientes requisitos:

- D.1.1.** El personal debe ser especializado en la realización de este tipo de estudios. El responsable técnico debe ser un especialista en hidráulica, con conocimientos de topografía.
- D.1.2.** El equipo debe estar integrado cuando menos por un tránsito con precisión mínima de un (1) minuto y un nivel fijo.

### **D.2. EJE DE PROYECTO DE LA CARRETERA**

El eje de proyecto de la carretera en el área por estudiar se replantea y nivela como se indica a continuación:

#### **D.2.1. Replanteo del eje de proyecto**

Con base en las referencias topográficas establecidas en el proyecto geométrico, se replantea el eje de proyecto de la carretera, indicando con estacas, las estaciones cerradas cada veinte (20) metros y mediante trompos con tachuela los puntos singulares, como los de inflexión (PI), principio de curva (PC), término de curva (PT), así como los puntos sobre tangentes (PST), entre otros, en una longitud mínima de

trescientos (300) metros a cada lado de los probables apoyos extremos del puente. En el caso del cruce de barrancas profundas, el replanteo se limita a una distancia de cien (100) metros más allá de las intersecciones de la subrasante del proyecto geométrico con el terreno natural o *líneas de paso*. Cuando se trate de cauces con llanuras de inundación extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho, el replanteo se realiza en una longitud mínima que abarque el o los cauces principales y que se extienda dentro de la zona de inundación por lo menos doscientos (200) metros a cada lado de los probables apoyos extremos del puente. Los cadenamientos se miden al centímetro y las deflexiones al minuto.

Adicionalmente, se construyen dos monumentos en cada una de las márgenes del cauce, si es posible fuera del nivel alcanzado por el agua durante la creciente máxima de que se tenga noticia, bien referenciados y alineados sobre la tangente del eje de proyecto.

#### **D.2.2. Nivelación del eje de proyecto**

Para obtener los datos que permitan elaborar los planos de Perfil de Construcción y Perfil Detallado, una vez replanteado el eje de proyecto de la carretera y a partir de los bancos de nivel considerados en el proyecto geométrico, se nivela obteniendo las elevaciones, con aproximación al centímetro y comprobación de ida y vuelta, de todos los quiebres del terreno natural, de las estaciones cerradas cada veinte (20) metros y de los puntos singulares como los de inflexión (PI), principio de curva (PC), término de curva (PT), así como de los puntos sobre tangente (PST), entre otros, cubriendo el ancho del cauce hasta treinta (30) metros como mínimo, más allá de las trazas con el terreno natural del nivel alcanzado por el agua durante la creciente máxima de que se tenga noticia o en una longitud igual a la estimada para el puente si ésta resulta mayor, o en el caso de viaductos, hasta sesenta (60) metros más allá de las líneas de paso. En el resto del eje replanteado, sólo se nivelan las estaciones cerradas cada veinte (20) metros, así como los monumentos a que se refiere el Inciso D.2.1. de esta Norma. Si es necesario para definir la rasante del puente o cuando se trate de cauces con llanuras de inundación extensas, de más de un (1) kilómetro de

ancho, los datos levantados en el campo se complementan con los que proporcione el proyecto geométrico mencionado, hasta cubrir en el último caso, toda el área inundable hacia ambos lados del cauce principal.

### **D.3. POLIGONALES DE APOYO**

Se trazan y nivelan con comprobación de ida y vuelta, poligonales de apoyo sustentadas en el eje de proyecto de la carretera, de forma que la topografía que se levante cubra, hacia aguas arriba y abajo, longitudes tales que permitan definir la dirección de los escurrimientos, el esviamiento del puente, la probable ubicación de sus apoyos y en su caso, de las obras auxiliares tomando en cuenta lo siguiente:

- D.3.1.** Las poligonales se extienden como mínimo hasta ciento cincuenta (150) metros aguas abajo y quinientos (500) metros aguas arriba del eje de trazo.
- D.3.2.** En el caso de cauces con inestabilidad y/o erosión en sus márgenes, las poligonales se prolongan lo necesario para que el levantamiento topográfico comprenda los cambios de dirección que presenta la corriente, en una distancia que permita definir las obras de protección y encauzamiento, tales como diques, bordos y enrocamientos, entre otros.
- D.3.3.** En ríos con llanuras de inundación muy extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho, las poligonales se prolongan aguas arriba hasta la distancia necesaria para definir la tendencia del escurrimiento que pueda afectar al puente, y aguas abajo hasta doscientos (200) metros, siendo recomendable complementar la topografía con la fotointerpretación de fotografías aéreas.
- D.3.4.** En cauces con ancho mayor de doscientos (200) metros, las poligonales se trazan en ambas márgenes.
- D.3.5.** En todos los casos, las poligonales se trazan mediante tangentes sensiblemente paralelas al cauce, indicando mediante trompos con tachuela, los puntos singulares como los de inflexión (PI) y puntos sobre tangentes (PST), y mediante estacas, los puntos en los que se apoyarán las

secciones topográficas para la Planta General, en estaciones cerradas cada veinte (20) metros en los primeros cuatrocientos (400) metros de longitud, cada cuarenta metros (40) metros en los siguientes cuatrocientos (400) metros y en su caso, en el resto de la poligonal cada ochenta (80) metros, tanto aguas arriba como aguas abajo.

**D.3.6.** Sobre las poligonales se indican y nivelan, mediante estacas adicionales, los puntos en los que se apoyarán las secciones topográficas para la Planta Detallada, hasta una distancia normal al eje de proyecto de sesenta (60) metros, o de ciento veinte (120) metros en cauces con llanuras de inundación muy extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho y en casos especiales como viaductos, separadas entre sí diez (10) metros en la dirección normal al eje mencionado, tanto aguas arriba como abajo de dicho eje, como se ilustra en la Figura 1 de esta Norma.

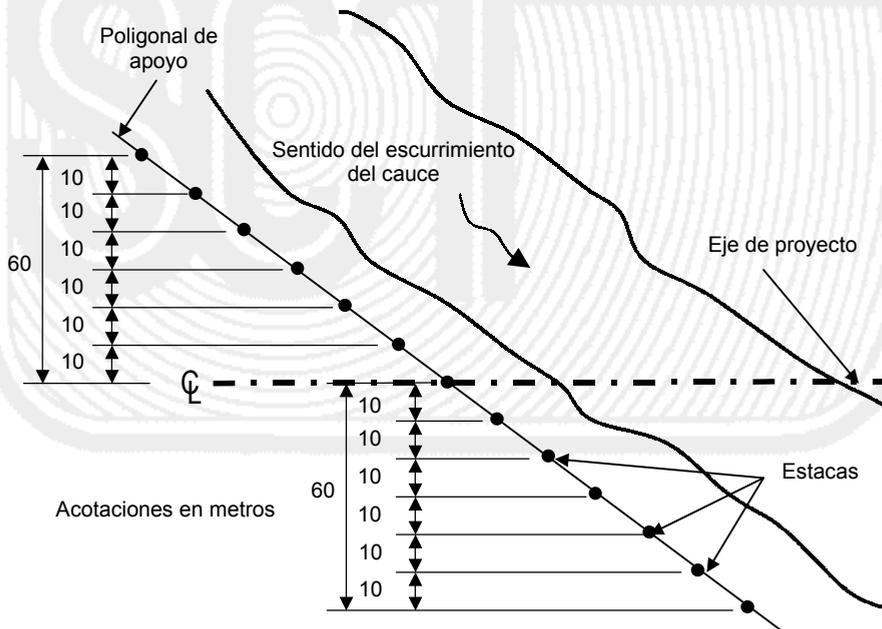


FIGURA 1.- Ubicación de las estacas sobre la poligonal de apoyo para sustentar las secciones topográficas para la Planta Detallada

- D.3.7.** En caso de cauces rectos y encajonados o canales, con flujo, pendiente, sección y coeficiente de rugosidad uniformes, para los que la Planta General pueda omitirse, las poligonales se extienden sólo lo necesario para apoyar las secciones topográficas para la Planta Detallada.
- D.3.8.** Los cadenamientos y niveles de todos los puntos indicados en las poligonales de apoyo, se determinan al centímetro, y las deflexiones al minuto.

## **D.4. SECCIONES TOPOGRÁFICAS**

Mediante las secciones topográficas que se indican a continuación, se levantan y nivelan todos los quiebres notables del terreno y se ubican las construcciones, colindancias, postes y cableados, torres de alta tensión, ductos superficiales y subterráneos, obras existentes, arroyos, vías de comunicación, o cualquier otro elemento que sea de interés, indicando los nombres de las vías de comunicación. Las medidas horizontales y los niveles se determinan al centímetro.

### **D.4.1. Secciones topográficas para la Planta General**

Las secciones topográficas para la Planta General se trazan normales a la dirección del escurrimiento, sustentadas en los puntos que con tal propósito se hayan señalado con estacas sobre las poligonales de apoyo como se indica en la Fracción D.3. de esta Norma, y cubriendo el ancho del cauce hasta treinta (30) metros como mínimo, más allá de las trazas con el terreno natural del nivel alcanzado por el agua en el cauce durante la creciente máxima de que se tenga noticia, excepto cuando se trate de cauces con llanuras de inundación muy extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho, donde las secciones han de cubrir hasta quinientos (500) metros a ambos lados del eje del cauce o una distancia igual a la longitud estimada del puente más treinta (30) metros a ambos lados, lo que resulte mayor.

### **D.4.2. Secciones topográficas para la Planta Detallada**

Las secciones topográficas para la Planta Detallada se trazan paralelas al eje de proyecto de la carretera, sustentadas en los puntos que con tal propósito se hayan señalado con

estacas sobre las poligonales de apoyo como se indica en la Fracción D.3. de esta Norma, y cubriendo una superficie rectangular con un largo en la dirección longitudinal de dicho eje, de treinta (30) metros como mínimo, más allá de las trazas con el terreno natural del nivel alcanzado por el agua en el cauce durante la creciente máxima de que se tenga noticia o igual a la longitud estimada del puente si ésta resulta mayor, y en la dirección transversal hasta sesenta (60) metros aguas arriba y abajo del eje mencionado. Cuando se trate de cauces con llanuras de inundación muy extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho, en la dirección longitudinal de dicho eje, las secciones han de cubrir la longitud estimada del puente o, en casos especiales como viaductos, hasta sesenta (60) metros más allá de las líneas de paso, en ambos casos, en la dirección transversal, hasta ciento veinte (120) metros aguas arriba y abajo del eje, con el propósito de ubicar y cubrir cualquier irregularidad que afecte a los apoyos extremos.

#### **D.5. PENDIENTES GEOMÉTRICA O HIDRÁULICA**

Para determinar la pendiente hidráulica media del cauce en estudio, con el propósito de definir el caudal que escurre por él y si los tirantes de agua lo permiten, se levanta el perfil del fondo por el eje del cauce, que determina la pendiente geométrica o, en el caso de cauces con tirantes de agua importantes, el perfil de la superficie del agua al realizar el estudio, que define la pendiente hidráulica, considerando lo siguiente:

- D.5.1.** El trazo y nivelación del perfil para la pendiente geométrica o hidráulica se realiza siguiendo el sentido general del escurrimiento en crecientes máximas extraordinarias, desde doscientos (200) metros o dos (2) veces el ancho del cauce, lo que resulte mayor, aguas arriba de la sección hidráulica extrema localizada aguas arriba, hasta cien (100) metros aguas abajo de la sección hidráulica extrema que se ubique aguas abajo, obteniendo los niveles del terreno en puntos señalados con estacas a cada veinte (20) metros. Las medidas horizontales y los niveles se determinan al centímetro.

- D.5.2.** En la confluencia de dos escurrimientos, se levantan los perfiles para las pendientes geométricas o hidráulicas de cada uno de ellos y del cauce principal aguas abajo de la confluencia.
- D.5.3.** Si la pendiente geométrica o hidráulica resulta igual a dos (2) por ciento o menor, se determina la pendiente hidráulica media a que se refiere el Inciso C.1.4. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, de lo contrario, no es necesario determinar dicha pendiente media, pues con el Método de Manning que se utiliza en el análisis hidráulico, se sobrestimaría la velocidad del flujo, teniéndose en este caso que proceder como se indica en la Cláusula C. de la Norma N-PRY-CAR-1-02-005, *Análisis Hidráulicos*.

## **D.6. SECCIONES HIDRÁULICAS**

Se trazan tres secciones hidráulicas como mínimo, sustentadas en la pendiente geométrica en el caso de cauces secos o en las poligonales de apoyo en el caso de cauces con agua; una aguas arriba, otra en el cruce del cauce con el eje de proyecto de la carretera y la última aguas abajo, separadas entre sí una distancia aproximadamente cuatro (4) veces el ancho del cauce, excepto cuando se trate de un canal recto, con pendiente, sección y rugosidad uniformes, en cuyo caso basta con la sección hidráulica que se ubique en el cruce. Si no se encuentran lugares apropiados para levantar tres secciones, su número puede ser menor. Así mismo, cuando dentro del área levantada para elaborar el plano de Planta General, no existan sitios donde trazar secciones hidráulicas que permitan determinar los gastos y velocidades de la corriente en forma confiable, además de la sección del cruce es posible ubicar una sección fuera de dicha área, en algún sitio donde sea posible obtener un valor del gasto confiable. Si el cruce se localiza cerca de la confluencia de dos escurrimientos es necesario aumentar el número de secciones hidráulicas, de manera que sea posible determinar la influencia del afluente sobre el cauce en estudio. En cualquier caso, ha de tomarse en cuenta lo siguiente:

- D.6.1.** Las secciones hidráulicas se trazan normales a la dirección del escurrimiento y se extienden hasta treinta (30) metros más allá de las trazas con el terreno natural del nivel alcanzado por el agua en el cauce durante la creciente

máxima de que se tenga noticia. Cuando se trate de cauces con llanuras de inundación muy extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho, las secciones hidráulicas se prolongan hasta cubrir el cauce o los cauces principales, extendiéndolas dentro de la zona de inundación por lo menos doscientos (200) metros a cada lado de los probables apoyos extremos del puente. En cualquier caso, se levantan y nivelan los quiebres importantes del terreno. Las medidas horizontales y niveles se determinan al centímetro.

**D.6.2.** Cada sección hidráulica se divide en tramos, atendiendo a las diferentes características de la vegetación, de los materiales que constituyan el cauce y a los tirantes de agua, para determinar los coeficientes de rugosidad que se utilizan en el Método de Manning, que se indican en el Inciso C.1.5. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*.

#### **D.7. LEVANTAMIENTO DE PUENTES SOBRE EL CAUCE EN ESTUDIO**

Se investiga la existencia de puentes construidos sobre el cauce en estudio, que por sus condiciones hidráulicas y topográficas semejantes a las del sitio donde se construirá el nuevo puente, puedan constituir modelos hidráulicos a escala natural, para lo cual, entre ambas estructuras, no debe existir un afluente importante. De existir dichos puentes se investiga su antigüedad y se levantan geométrica e hidráulicamente, poniendo especial énfasis en la elevación de la superficie del agua de la creciente máxima registrada en relación con el nivel inferior de la superestructura, en su esviaje, en la ubicación y geometría de sus apoyos y, de ser posible, en el tipo y profundidad de desplante de sus cimientos, señalando si existen indicios de socavación en ellos o si la corriente tiene tendencia a erosionar su fondo o a depositar azolve. Se indica si el puente ha tenido un comportamiento hidráulico satisfactorio durante las crecientes máximas y si ha sido modificado en sus dimensiones. Se registran los daños ocasionados por las crecientes, tales como socavación en sus apoyos o erosión en sus terraplenes de acceso. De contarse con los estudios topohidráulico, hidrológico o hidráulico-hidrológico y con el proyecto del puente levantado, se revisa si éste se ha comportado conforme a las hipótesis usadas para su diseño.

## E. PLANOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Con base en el proyecto geométrico indicado en la Fracción D.1. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-001, *Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes*, la información de campo obtenida durante el reconocimiento de campo y el levantamiento topográfico, conforme a lo señalado en las Cláusulas anteriores, el Ingeniero o Contratista de Servicios debe elaborar los planos que se indican a continuación, atendiendo lo establecido en la Fracción C.1. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-006, *Presentación del Estudio*:

- Planta General
- Planta Detallada
- Perfil de Construcción
- Perfil Detallado
- Pendiente y Secciones Hidráulicas
- Puentes sobre el Cauce en Estudio
- Croquis de Localización