

RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE NIVELES DE LA CRECIENTE DE 1914 DEL RÍO SALADO EN PASO VINAL, PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA

GARDIOL, Mario Rubén; OCAMPOS, Carlos Jorge

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Dpto. de Cartografía y Agrimensura. - 3000 Santa Fe - Argentina. TE: (54) (342) 4575234/44-int. 178.

mariogardiol@fich.unl.edu.ar - ocampos@fich.unl.edu.ar

RESUMEN

La falta de registros sistemáticos de los niveles de crecientes conlleva a realizar estudios de antecedentes históricos (documentos escritos, expedientes, registros fotográficos, etc.) que permitan reconstruirlas. El objetivo del presente trabajo es determinar el valor de altura del agua alcanzado por la crecienete del río Salado en 1914, en el Paso Vinal próximo a la ciudad de Esperanza (provincia de Santa Fe). Para ello se realizó una recopilación y análisis de antecedentes históricos para analizar las marcas de agua de la crecida, trabajo de campo para obtener mediciones planialtimétricas de elementos estructurales y topográficos, reconstrucción fotogramétrica por medio de perspectiva inversa y software de restitución para finalmente determinar la cota de la crecida. Este estudio fue realizado en el Proyecto CAI+D “Procedimientos fotogramétricos terrestres utilizando fotografías antiguas para la reconstrucción de crecidas históricas”.

Palabras clave: crecidas históricas - fotografías antiguas - fotogrametría terrestre.

HISTORICAL RECONSTRUCTION OF 1914'S FLOOD OF SALADO RIVER IN PASO VINAL, SANTA FE PROVINCE, ARGENTINA

ABSTRACT

The reconstruction of historical floods involves the search for several sources of information such as written documents, archives, and photographs that allow the identification of watermarks corresponding to the flood's peak. The objective of this study is to determine the height of the watermark corresponding to the peak of the 1914 flood of the Salado River (Santa Fe, Argentina) at the Paso Vinal, near Esperanza city. A comprehensive historical data set was compiled and analyzed to identify watermarks and to conduct field survey and measurements on remaining infrastructure (bridge, piles,

etc). Inverse perspective technique and close range photogrammetric analysis using specialized software were applied to historical photographs of the flood to achieve the objective. This work was carried out under the Project CAI+D “ Reconstruction of historical floods using historical photographs and close range terrestrial photogrammetric analysis”.

Keywords: historical floods - historical photographs - close range photogrammetry.

Introducción

Al analizar las alturas hidrométricas alcanzadas por el agua en los diferentes cursos hidrográficos es posible establecer el grado de afectación hídrica que puede sufrir un territorio. Como consecuencia se debe disponer de registros sistemáticos que permitan identificar los máximos niveles alcanzados por las crecidas ocurridas en dichos cursos.

En nuestro país, los principales cursos hidrográficos presentan registros sistemáticos de considerable longitud a nivel temporal (entre 50 a 100 años), pero esta situación no es así en los cursos hidrográficos de menor importancia.

Como consecuencia, en estos casos es necesario recurrir a la reconstrucción histórica de crecidas a través de información documentada por pobladores de las localidades que limitan en las proximidades de los cursos hidrográficos.

En Europa generalmente se dispone de una gran riqueza documental (documentos escritos, edificaciones históricas, etc.) que permite con mayor facilidad la reconstrucción de diferentes eventos hídricos, como detalla Barriendos y Martín-Vide (1998). En la Argentina, esta situación es un poco más compleja ya que generalmente las localidades no se encuentran próximas a los ríos de llanuras ya que estos pueden presentar crecidas importantes.

Entre octubre de 1913 y abril de 1914, se produjeron grandes precipitaciones en todo el territorio argentino, lo que ocasionó anegamientos en distintas localidades además del aumento de las capas freáticas, la saturación de los suelos y, como consecuencia del desborde de los cursos hidrográficos.

En el río Salado de la provincia de Santa Fe se produjo una gran crecida que afectó a casi todos los puentes viales y de ferrocarril que cruzaban dicho curso. Además dicha inundación perduró mucho en el tiempo por lo cual se encuentra registrada en la historia de las localidades cercanas.

En este trabajo, se presenta la reconstrucción del nivel máximo de agua alcanzado por esta crecida en el histórico Paso Vinal, en la ciudad de Esperanza.

Dado que el nivel de agua alcanzado, registrado en fotografías antiguas donde aparece la estructura del puente, fue necesario la reconstrucción de las dimensiones de dicho puente y su vinculación a un sistema altimétrico al fin de establecer la cota de dicho nivel máximo. Las tareas realizadas a tal fin se presentan a continuación.

Área de estudio

Desde la localidad de Esperanza hacia el norte, se encuentra la ruta provincial N° 6 que luego de cruzar al río Salado, se comunica con la localidad de Manucho. A 750 m aguas arriba (hacia el oeste) sobre el río Salado se encuentra el denominado Paso Vinal (Fig. 1).

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en cuatro etapas:

- 1) recopilación y análisis de antecedentes históricos,
- 2) mediciones de campo,
- 3) reconstrucción fotogramétrica del puente y elementos físicos y
- 4) determinación de la cota altimétrica de la crecida al sistema de referencia IGN.

En la etapa de recopilación y análisis de antecedentes se recurrió a tres tipos de fuentes de información disponible en diferentes organismos públicos y colecciones privadas: documentos escritos (libros, informes técnicos, expedientes y diarios), antecedentes cartográficos (cartas básicas, levantamientos planialtimétricos y perfiles topográficos) y registros fotográficos obtenidos en diferentes épocas (algunos específicos en el momento de la crecida).

De dicha recopilación se pudo establecer que por el decreto de ley del día 23 de octubre de 1894, de la Honorable Cámara Legislativa de la provincia de Santa Fe, se otorga la construcción del puente vial y concesión en favor de Don Ricardo Calp.

En ese mismo año se constituye la Sociedad Anónima Puente Vinal con el objeto de construir y operar el mismo por el término de 20 años tal como lo establecía la ley.

Los estudios y construcción del puente de madera fueron realizados por la firma Antonio Bertolotti y Cía. y Luigi Pedrana, siendo finalmente inaugurado el 12 de enero de 1896 y habilitado el 2 de marzo del mismo año.

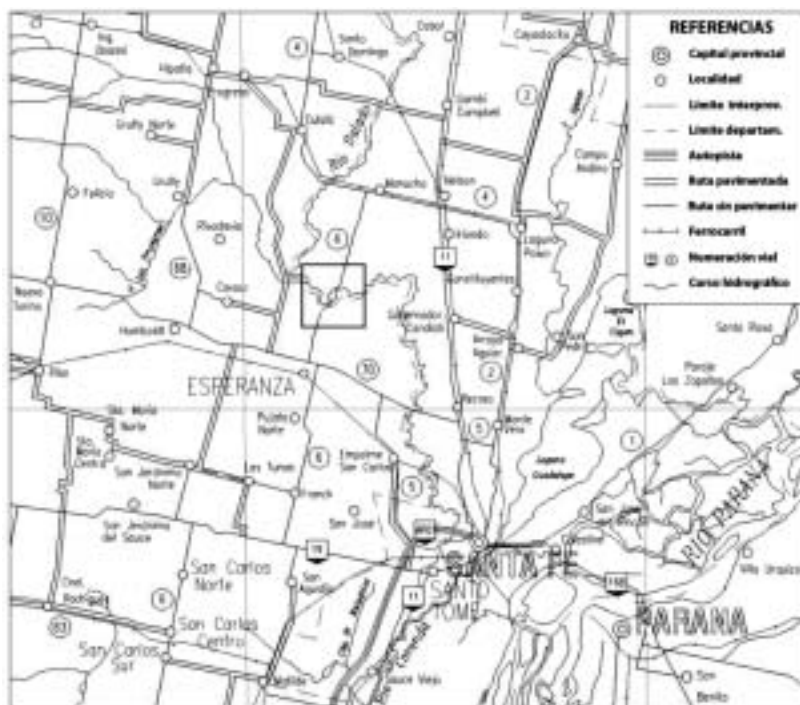


Fig. 1: Localización del Paso Vinal.

Según el pliego de condiciones para su licitación (Bianchi, 1895), se establecía que “...el puente tendrá una longitud de todo el cauce del río de 56 metros de largo, dividido en 10 tramos, seis de ellos de seis metros de largo y cuatro de 6,67 m...” En relación a sus pilas se establecía que “Cada pila está formada por 4 grandes pilotes y los 6 en el centro además con dos laterales de contrafuerte, unidos entre sí por medio de cabezales de quebracho y cruces...”. El ancho total debía ser de 6,30 m dentro de los cuales 4,50 m y 0,90 m correspondían a la calzada principal y al tránsito peatonal respectivamente. En relación a la altura del tablero el mismo establecía “...el piso del puente se eleva noventa centímetros sobre la creciente máxima conocida; a fin de que quede siempre seco...”. El pliego además establecía la calidad de los materiales a utilizar en cada elemento constructivo, tanto en términos de madera (pilotes de 0,25 m por cara y de quebracho colorado) como de piezas metálicas (juntas y tornillos).

En relación a los antecedentes fotográficos, se dispuso de una serie de siete (7) fotografías históricas con tomas parciales del puente (Fig. 2), siendo la toma más general la reportada en Grenon (1939) y tres (3) fotografías que registraban la crecida de abril-mayo de 1914 tomadas desde el acceso sur del puente (lado Esperanza) en

diferentes momentos de la crecida (Fig. 5). Las tomas fotográficas corresponden a distintos periodos de tiempo entre 1900 y 1970 y fueron localizadas en instituciones públicas (Museo de la Colonización de Esperanza), privadas (colegio San José de Esperanza) y en colecciones privadas (Elisa Claus, comunicación personal).



Fig. 2: Vista del puente de madera en Paso Vinal, desde la margen noroeste del río Salado. Fuente: Gentileza de Elisa Claus.

En la etapa de mediciones de campo, se hizo un reconocimiento del sector donde se encontraba emplazado el antiguo puente vial (inexistente en la actualidad) y debido a la bajante del río que se presentaba en ese momento, se pudo verificar que existían: restos de los pilotes originales hincados en el lecho del río y barranca, restos de elementos que integraban la estructura del puente (soporte triangular para apoyo de vigas y viga longitudinal principal para apoyo del piso) y los terraplenes de acceso al puente.

Luego se procedió a realizar los trabajos de mediciones planialtimétricas con una estación total PCS-515 y accesorios; para determinar la ubicación espacial del conjunto de pilotes que estaban hincados en el lecho del río y barranca y que integraban las pilas y estribo del puente vial (Fig. 3c). Además se realizaron mediciones en los terraplenes norte y sur de acceso al antiguo puente y al entorno de las barrancas del actual curso. Los valores altimétricos fueron relacionados a un punto fijo localizado en el camping municipal de la ciudad de Esperanza (cota IGN = 21,286m, materializado por Milesi en 2007).

También se midieron con cinta métrica los restos de las estructuras de soporte triangular de los pilotes utilizadas para el apoyo de las vigas transversales del puente y vigas longitudinales principales de la parte central utilizadas para el apoyo del piso de dicho puente (Fig. 3d y 3e).

Para la reconstrucción fotogramétrica de la crecida, basado en su vinculación a la estructura del puente, se emplearon dos de las fotografías recopiladas del puente. En una se aplicó el método de perspectiva inversa (Quaintenne, 1947) y en otra se utilizó el software fotogramétrico Photomodeler (Eos Systems Inc., 2007), para verificar los resultados obtenidos a partir del primer método.

El método de perspectiva inversa requiere primeramente determinar la localización de la línea de horizonte (LH), el punto de fuga principal (PPF) y los puntos de fuga de distancia (PFD) por intermedio de los diferentes elementos registrados en la fotografía. Por lo tanto se trazaron líneas auxiliares sobre las vigas transversales que unían los diferentes pilotes de las pilas y las vigas principales que unían las diferentes pilas, para localizar el PPF, los PFD y la LH.

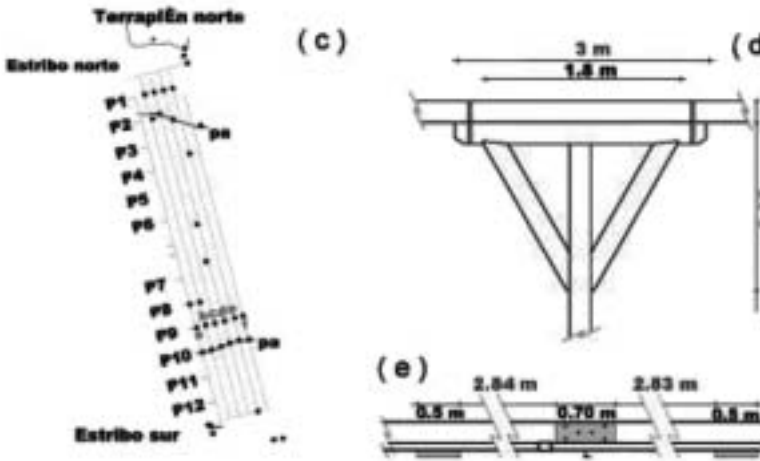


Fig. 3: Elementos estructurales identificados en campo, ubicación espacial y dimensiones.

Para establecer las dimensiones de los diferentes elementos registrados en la correspondiente fotografía, es necesario disponer de alguna dimensión conocida (o elemento de escala), para lo cual se utilizó en este caso la separación horizontal entre pilas del puente (5 m) obtenida en las mediciones de campo (Fig. 3c). Finalmente se aplicaron los procedimientos analíticos establecidos por Quaintenne para calcular las magnitudes de los elementos o distancias entre ellos: pilotes que integran las pilas, distancia entre pilas, travesaños horizontales que integran las pilas, altura de piso y altura de barranca, entre otros.

Para utilizar el software fotogramétrico Photomodeler es necesario disponer de información sobre la calibración de la cámara fotográfica que capturo dicha fotografía, siendo esta situación no posible en este caso particular. No obstante, dicho software presenta una opción en la cual se puede realizar las mediciones fotogramétricas sin contar con dicha información. En ese caso es necesario establecer coordenadas planialtimétricas de puntos que se encuentran registrados en la fotografía y contenidos en un plano y posteriormente al identificar los elementos registrados en la fotografía sobre dicho plano se puede obtener los valores métricos de dichos elementos.

Por lo tanto, basándose en las mediciones obtenidas en campo y los cálculos realizados por la perspectiva inversa se estableció las coordenadas de 4 puntos identificados en la fotografía (sobre la baranda e intersección del pilote con la viga transversal inferior en las pilas 3 y 6). Luego se demarcaron los elementos que se observaban en la fotografía, y se obtuvieron las dimensiones de los mismos (Fig. 4).

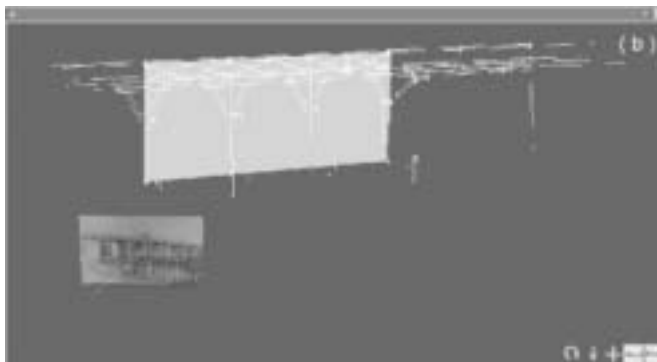


Fig. 4: Restitución fotogramétrica en software Photomodeler. a) elementos identificados en la fotografía, b) elementos en 3D escalados, con ubicación espacial del plano y fotografía utilizada.

Para la etapa de determinación de la cota de la crecida, primeramente se analizaron en detalle tres fotografías que registraron dicho evento al fin de establecer un elemento físico que determine concretamente la altura del agua alcanzada por dicha crecida. Una de estas fotografías (Fig. 5) registraba que el agua de la crecida tocaba la parte inferior de la viga longitudinal principal del puente que se utilizaba de apoyo al piso.

Por lo tanto, disponiendo de las cotas de los terraplenes de acceso al puente y conociendo la cota topográfica de la barranca del río Salado y las distancias y dimensiones de distintas partes estructurales del puente obtenidas por el procedimiento fotogramétrico, se estimó el valor de la cota de la crecida.

Resultados y discusión

De las mediciones de campo se pudo determinar que se encontraba completo el conjunto de pilotes en las pilas 1, 9 y 10 (considerando pila 1 la que se encontraba más al norte y desde ahí enumerándolas hacia el sur), que la distancia entre pilas era de 5 m, entre las pilas centrales (pila 6 y 7) era de 10 m y que la distancia entre los pilotes que integraban las pilas era de 2 m (Fig. 3c).

De las mediciones con cinta métrica se estableció que los soportes triangulares para apoyo de vigas presentaban en el horizontal superior una distancia de 3 m, una altura de 1,80 m, y un espesor de la madera de 0,25 m. Y que la viga longitudinal principal para apoyo del piso presentaba tres elementos metálicos, utilizados para la unión y refuerzo de las piezas de quebracho, y que se encontraban separados entre sí a 2,84 m y 2,83 m (Figura 3d y 3e).

Si se comparan los datos medidos en campo con la información recopilada se puede destacar lo siguiente:

- Cantidad de pilas: considerando los restos de los estribos y pilas encontrados en campo se puede deducir que había un total de 12 pilas, que concuerdan con una de las fotografías recopiladas, pero no con el croquis de hundimiento de pilotes del pliego licitatorio (que presenta 10 pilas).
- Distancia entre pilas: no concuerdan las mediciones de campo (5 m) con las establecidas en el pliego (6 tramos de 6 m y 4 tramos de 6,67 m).
- Cantidad de pilotes en pilas: concuerda la cantidad de pilotes que conforman el estribo norte y la pila 1 (4 pilotes) y las demás pilas (6 pilotes) con los observados en el pliego licitatorio y fotografías recopiladas.

De la diferencia entre la cantidad de pilas del puente, se puede estimar que después de su construcción en 1896 con 10 pilas, el puente sufrió el embate de otras crecidas que afectaron el estribo sur y como consecuencia se decidió incorporar 2 pilas para extender su longitud. Esta situación se pudo confirmar al encontrarse una fotografía del colegio San José que registraba la destrucción del estribo sur del puente.

En el método de perspectiva inversa se pudieron obtener valores de distintas partes de la estructura del puente, como ser:

- Distancias horizontales entre pilas (desde P3 hasta P8), dimensión del travesano horizontal del soporte triangular (en P3, P4, P5 y P8), distancia entre chapas en viga longitudinal principal
- Distancias verticales (en P4, P5, P6, P7 y P8) de: altura del soporte triangular distancia vertical entre vigas transversales inferior y superior de unión de pilotes, distancia entre viga longitudinal principal del puente y borde de calzada peatonal, altura de baranda.
- Distancia entre pilotes: en P4 (1,87 m, 2,00 m), en P5 (1,95 m, 1,92 m), en P6 (1,94 m, 1,90 m, 1,95 m, 1,71 m, 2,39 m) y en P7 (2,03 m, 1,88 m, 1,89 m, 1,96 m, 1,76 m).

En el software Photomodeler se pudieron dimensionar los siguientes elementos:

- Distancias horizontales entre pilas (desde P2 hasta P7), dimensión del travesano horizontal del soporte triangular (en P4, P5 y P6), distancia entre chapas en viga longitudinal principal.
- Distancias verticales (en P3, P4, P5 y P6) de: altura del soporte triangular, distancia vertical entre vigas transversales inferior y superior de unión de pilotes, distancia entre viga longitudinal principal del puente y borde de calzada peatonal, altura de baranda.

La comparación de los resultados obtenidos por las mediciones de campo con las obtenidas por el procedimiento de perspectiva inversa y del software fotogramétrico Photomodeler pueden ser observadas en la Tabla 1.

Es necesario destacar que los valores de dimensión vertical, en el elemento cabezal corresponde a la adición de altura de soporte vertical con el espesor de la madera (0,25 m) y en hundimiento corresponde a los valores obtenidos en el croquis de hundimiento de pilotes donde se detalla la distancia entre la parte superior de los pilotes centrales y los pilotes laterales de contrafuerte.

Dimensión	Elementos	Detalle	Medición en campo	Perspectiva inversa		Photomodeler	
				Medio	Error	Medio	Error
				(m)	(%)	(m)	(%)
Horizontal	Entre pilas	P3-P4, P4-P5, P7-P8	5,00	4,91	-1,8	4,92	-1,8
	Pilas centrales	P6-P7	10,00	10,06	0,6	9,99	-0,1
	Travesaños	P3, P4, P5, P6	3,00	3,04	1,3	2,94	-2,0
	Entre chapas		2,84	2,91	2,4	2,82	-0,2
Vertical	Cabezal	P4, P5, P6, P7, P8	2,06	1,71	-16	1,78	-13
	Hundimiento	P5, P6, P7, P8	5,38	5,41	0,6	5,09	-5,4
Profundidad	Entre pilotes	P4, P5, P6, P7	2,00	1,94	-3		

Tabla 1: Comparación de dimensiones obtenidas en las técnicas fotogramétricas.

Analizando los porcentajes de errores se puede establecer que en las distancias horizontales se observaron errores menores al 1,8 % para la distancia ente pilas, y errores levemente mayores de hasta un 2,4 % para las distancia de travesaños y distancias ente chapas de refuerzos en la viga longitudinal principal. Errores menores de hasta un 16 % fueron encontrados en la determinación de distancia en sentido vertical. Ambos métodos fotogramétricos tendieron a producir una subestimación de las dimensiones de los elementos seleccionados.

Para determinar la altura de las aguas de la crecida del río Salado en 1914 se decidió establecer el mismo a través de dos vías diferentes: por datos de campo, y por antecedentes cartográficos y mediciones fotogramétricas.

Por intermedio de las mediciones en campo se pudo establecer que la cota de los terraplenes de acceso norte y sur al antiguo puente presentaban valores de 22,89 m y

22,64 m. Se adoptó como cota de referencia del piso del puente la correspondiente al terraplén norte, dado que la misma sufrió menor grado de deterioro (Comunicación personal de pobladores del lugar).

Analizando una de las fotografías que registra dicha crecida, se aprecia que la altura del agua concuerda con la parte inferior de la viga longitudinal principal que integra la parte del piso del puente (Fig. 5). Consecuentemente, a partir del valor de espesor de la viga de 0,25 m se determinó que la cota de la crecida en ese registro fotográfico correspondería a 22,64 m.

Al analizar los antecedentes cartográficos (carta topográfica de Esperanza, escala 1:50000, del Instituto Geográfico Nacional) se identificó que la cota de la margen izquierda (lado norte) en las proximidades del puente correspondía a 19,70 m. Adoptando a esta como cota de referencia y considerando que por el método de perspectiva inversa se estimó la altura de la barranca (2,69 m) y el valor promedio de altura de pila (5,31 m) se determinó que el valor de la cota para la misma situación hidrométrica sería de 22,32 m. Si se tiene en cuenta que en el procedimiento de perspectiva inversa la determinación de distancias verticales presentó un error promedio aproximado de -14 %, la cota resultaría de 22,68 m.



Fig. 5: Nivel de la crecida de 1914 en la estructura del puente.
Fuente: Museo de la Colonización de la ciudad de Esperanza.

No obstante, el hallazgo de una fotografía posterior al pico (una altura de agua menor a la utilizada para la determinación de la cota) indicaría que la altura máxima de dicha crecida fue superior a la estimada anteriormente. Mediante diferentes filtros digitales se pudo observar la presencia de una nueva marca de agua sobre la edificación, que estaría a 0,77 m por sobre el nivel calculado previamente (Fig. 6). Por lo tanto, la altura del agua máxima registrada en Paso Vinal tendría valores de 23,41 m y 23,45 m para cada método aplicado para calcular la altura del agua en la crecida de 1914.



Fig. 6: Nivel de humedad alcanzado por la crecida de 1914.
Fuente: Museo de la Colonización de la ciudad de Esperanza.

Conclusiones

En términos generales, las metodologías aplicadas brindaron valores métricos consistentes, presentando errores dentro de rangos aceptables teniendo en cuenta los objetivos del trabajo y la información básica recopilada (fotografías, croquis, relevamientos, y mediciones directas).

En el método de perspectiva inversa, los errores en las mediciones verticales pueden estar relacionada a deformaciones propias de las fotografías debido a problemas en las lentes de las cámaras fotográficas de la época, aunque este hecho requeriría mayor investigación.

Hay que considerar que los valores obtenidos por el software Photomodeler están basados en las coordenadas ingresadas en los puntos de control. Además los errores de dichas mediciones están relacionados a la correcta identificación de los elementos medidos en la fotografía.

Es relevante destacar la importancia que tienen los archivos, fototecas y mapotecas de las instituciones públicas y privadas que preservan dichos documentos y que son fundamentales para estudios de estas características.

Dichas fuentes documentales han permitido obtener, la cota máxima de la crecida del río Salado de 1914 en Paso Vinal, permitiendo así la futura cuantificación de la descarga líquida y la posterior incorporación en el análisis de frecuencias de crecidas, utilizado para planeamiento territorial.

Referencias

- Barriendos, M.; Martín Vide, J. (1998). Secular climatic oscillations as indicated by catastrophic floods in the Spanish Mediterranean Coastal Area (14th–19th Centuries). *Climatic Change*, 38, pp. 473–491.
- Bianchi, E. (1895). Pliego de condiciones para la construcción del puente sobre el río Salado en el paraje denominado Paso de Vinal. Museo de la Colonización de Esperanza, 9 pág., marzo de 1895.
- Eos Systems Inc. (2007). Photomodeler Pro 6.2, User's Manual. Vancouver, Canadá.
- Gardiol, M.; Ocampo, C. (2008). Aplicación de técnicas de perspectiva inversa a fotografías aisladas para la reconstrucción de crecidas históricas. XIV Congreso Nacional de Fotogrametría, Morón, Buenos Aires, Argentina.
- Grenon, P. (1939). La ciudad de Esperanza (provincia de Santa F). Tomo I, Córdoba.
- Milesi, N. (2007). Perfil transversal al Río Salado en Paso Vinal – Esperanza- Santa Fe. Monografía en el marco proyecto PICTO 2004 N° 23-23208, pág. 2, 2 planos y perfil transversal en formato digital, julio de 2007.
- Quaintenne, E. (1947). Tratado metodológico de perspectiva. Editorial El Ateneo, 2da. edición, Buenos Aires, 450 pág.