

Detección de conflictos hidráulicos en la red vial rural del distrito de Olavarría

Alejandra Vornetti*, Mónica Gelmi, Marcelo Marchioni, Bruno Díaz y Silvana Gobbi

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Avda. A. Del Valle 5737. Olavarría. Argentina.

Fecha de recepción: 21 de diciembre de 2018 — Fecha de aceptación: 01 de mayo de 2019

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo del Plan Hidráulico Ordenador para la red vial rural del Distrito de Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina, que se llevó a cabo mediante un convenio entre el Municipio de Olavarría y la Facultad de Ingeniería de la UNICEN y consistió en detectar los posibles conflictos hidráulicos de los caminos rurales, indicando su importancia y sugerencias de acciones para dar solución a los mismos.

La propuesta incluyó la actualización de la información de los caminos rurales existente en el Sistema de Información Geográfica (SIG), desarrollado en 2010 en el proyecto “Propuesta estratégica, a largo plazo, para la Reparación y Mantenimiento de la Red Vial del Partido de Olavarría”.

El análisis de la hidrología de la región se realizó a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE) obtenido del Instituto Geográfico Nacional (IGN) que permitió delimitar las cuencas de los arroyos que atraviesan el Distrito. Además, se realizó la delimitación de las subcuencas de aporte a cada tramo de camino, lo que permite contar con información necesaria para estimar caudales de diseño.

Para detectar posibles conflictos hidráulicos en la red vial, se analizaron imágenes satelitales de la zona, conjuntamente con cartas topográficas del IGN en escala 1:50000. Finalmente se describieron las probables causas de los conflictos y se sugirieron posibles acciones a seguir para dar solución a los mismos. Además se establecieron una serie de pautas generales para el mantenimiento, reparación y ejecución de obras hidráulicas en una red vial rural.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, conflictos hidráulicos, red vial rural

Detection of hydraulic conflicts in the rural road network of Olavarría district

Alejandra Vornetti¹, Mónica Gelmi¹, Marcelo Marchioni¹, Bruno Díaz¹ y Silvana Gobbi¹

Abstract

The aim of this paper is to present the development of the Hydraulic Plan for rural road network of Olavarría District, Buenos Aires, Argentina, which was carried out through an

*avornett@fio.unicen.edu.ar

Nota: Este artículo de divulgación es parte de Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 23, No. 2, 2019, ISSN: 2448-8364

agreement between the Municipality of Olavarria and the Faculty of Engineering UNICEN. The purpose of this plan was the detection of the hydraulic potential conflicts of rural roads, indicating its importance and suggestions for actions to solve them.

The proposal included updating the existing information of rural roads in the Geographic Information System (GIS), developed in 2010 in the "Strategic proposal, long term, for the repair and maintenance of the road network Olavarria District".

The analysis of the regional hydrology was made from a Digital Elevation Model (DEM) obtained from the National Geographic Institute (NGI) that allowed delimiting the basins of the streams running through the district. In addition, the delimitation of contributing sub-basins was made to each stretch of road, which allows obtaining the necessary data to estimate design flows.

To detect potential hydraulic conflicts in the road network, satellite images of the area were analyzed together with topographic maps of NGI in 1:50000 scale. Finally it was described the probable causes of conflict and possible actions to be taken in order to solve them were suggested. In addition a series of general guidelines for the maintenance, repair and execution of hydraulic works on a rural road network were established.

Keywords: Geographic Information System, hydraulic conflicts, rural road network.

Introducción

Los caminos ocupan extensas y estrechas superficies del terreno y en ocasiones se interponen al drenaje natural de las aguas en la zona donde se construyen. En estos casos la traza del camino es transversal al escurrimiento, en consecuencia pueden generarse retenciones del agua, e inclusive esta puede superar la cota de la rasante si no han sido previstas las obras de arte necesarias.

Cuando la traza del camino es paralela al escurrimiento el agua podría circular por la calzada, en este caso es importante el nivel de la cota de la rasante, la sección de cunetas y la distribución de alcantarillas transversales, para evitar el deterioro de la misma.

En consecuencia el diseño de las obras de arte, cunetas, puentes y alcantarillas, adquiere fundamental importancia, ya que deben permitir el escurrimiento del agua de

lluvia que accede a la zona del camino, modificando lo menos posible las condiciones naturales del mismo y preservando la infraestructura del camino (Salvia 2018).

Características generales del Distrito de Olavarria

El distrito de Olavarria se encuentra ubicado en el centro geográfico de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, (37° Sur, 60° Oeste), (Figura 1); tiene una superficie de 7715 km², es el tercer distrito de la provincia en cuanto a su extensión y limita con los distritos de Azul, Benito Juárez, Laprida, Gral. La Madrid, Daireaux, Bolívar y Tapalqué. Su relieve corresponde a la llanura pampeana con serranías al centro-este de su geografía y cuenta con una red interna de aproximadamente 2300 km de caminos rurales.



Figura 1. Ubicación del Distrito de Olavarría, Provincia de Buenos Aires, Argentina

El Distrito está integrado por la ciudad cabecera, Olavarría, y las localidades de: Sierras Bayas, Villa Alfredo Fortabat, Sierra Chica, Hinojo, Colonia Hinojo, Colonia San Miguel, Espigas, Recalde, Iturregui, Mapis, Villa Mi Serranía, Santa Luisa, Blanca Grande y Colonia Nievas. Sus principales accesos son la Ruta Provincial 51, y las rutas nacionales 3 y 226, vía Azul (Olavarria.gov.ar 2010), (Figura 2).

Hidrología general de la zona

Aproximadamente el 68,9 % del Distrito de Olavarría se localiza en el ambiente típico de la Pampa Deprimida y el 31,1 % corresponde a las Sierras de Tandilia. La Pampa Deprimida se describe como una región con drenaje deficiente, que presenta

numerosas depresiones formando lagunas con presencia de agua durante todo el año, la napa freática se localiza cerca de la superficie, los suelos son alcalinos y la presencia de tosca se sitúa a menos de 1,0 m de profundidad. A diferencia de ésta, la zona comprendida entre las sierras Negra y Dos Hermanas presenta una pendiente mayor, del orden del 5 ‰, con lo cual el escurrimiento es más rápido.

Respecto a los principales cursos de agua que atraviesan el Distrito de Olavarría se pueden citar los arroyos Quilco, Brandsen y su afluente arroyo Corto y el arroyo Tapalqué, con sus afluentes San Jacinto e Hinojo. Además, el arroyo Las Flores se encuentra en las proximidades del límite de los Distritos de Olavarría y Tapalqué.

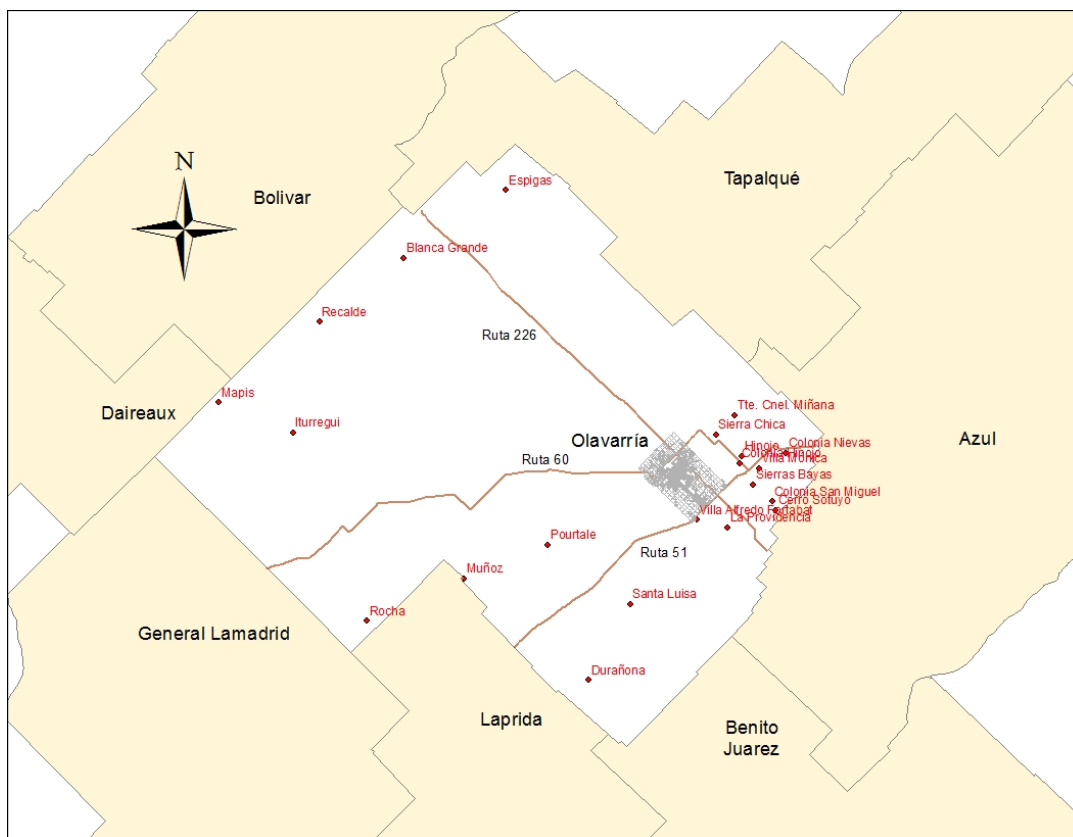


Figura 2. Distrito de Olavarría, distritos limítrofes y localidades.

El arroyo Quilco nace en las cercanías de la localidad de Rocha, en una zona de amplios bañados y se orienta de sureste a noroeste desembocando también en una zona de extensos bañados con drenaje deficiente, que lo comunican con la laguna Pay Lauquen y luego con el arroyo Salado.

Los arroyos Brandsen y Corto se inician en las cercanías de la ruta 51, aproximadamente en la cota 185 m del IGN, a través de numerosos cursos intermitentes y canalizaciones, en una zona con presencia de pequeños bañados. Luego de la unión del arroyo Corto con el Brandsen, este último se orienta de sureste a noroeste, desembocando en la laguna Blanca Grande, a partir de donde continúa el arroyo Las Flores.

El arroyo Tapalqué, que es el colector principal de las aguas superficiales de la región sudeste del Distrito de Olavarría, nace en terrenos de la estancia “La Nutria Chica”, a 8,5 km al este del paraje El Luchador, en la cota 240 m. Su cauce se orienta al noroeste hasta Empalme Querandíes, luego hacia el norte hasta su cruce con las vías del Ferrocarril General Roca que unen Rocha, Muñoz y Pourtalé; luego hacia el noreste atravesando la ciudad de Olavarría, hasta su desembocadura en el arroyo Las Flores, a través de los arroyos Piñeyro y San Miguel, luego continua a través del canal 11 conectándose más adelante con el canal 9 que desemboca en la Bahía de Samborombón.

En la zona sur del Distrito de Olavarría, en las proximidades de las localidades de Rocha y Muñoz, la existencia de extensos bañados hace que el escurrimiento superficial sea lento; probablemente tienen

preponderancia la evapotranspiración y la infiltración por sobre el escurrimiento. Esto genera que el agua permanezca en la superficie y pueda afectar a las trazas viales, (Figura 3).

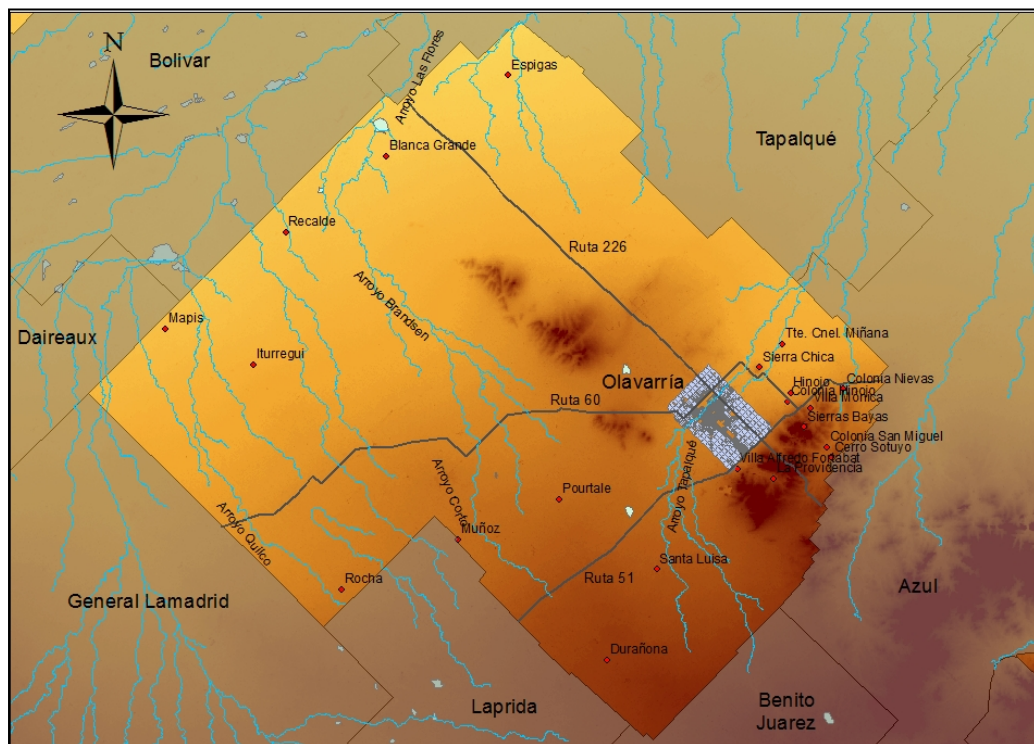


Figura 3. Hidrología general de la zona.

Descripción de la red vial rural

A efectos de una mejor organización de los trabajos de mantenimiento, el Municipio ha dividido al Distrito en tres Zonas, Figura 4, lo cual representa una modificación de la forma de trabajo de años anteriores, que consistía en dividir la red vial rural en seis zonas (FIO 2011; Fariña et al. 2012).

Respecto de esta nueva subdivisión, se puede decir que de los 2305 km componentes de la red total, 472 km (20,5 %) corresponden a caminos Principales, 565 km (24,5 %) son Secundarios, y los restantes 1268 km (55,0 %) son Terciarios. En la Tabla 1, se detalla la distribución de jerarquías por Zona.

Tabla 1. Longitud de caminos por zona y por jerarquía.

ZONA	Longitud de caminos (km)		
	Principales	Secundarios	Terciarios
1	56,4	262,2	397,2
2	117,6	143,7	482,0
3	298,0	158,9	389,4
TOTAL	472,0	564,8	1268,6

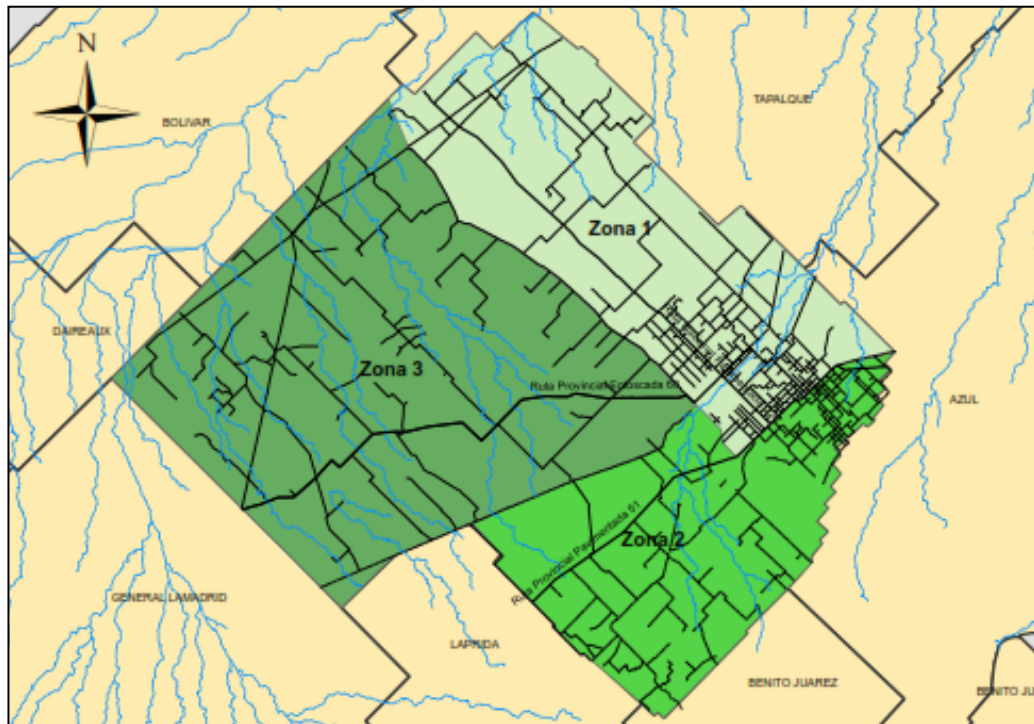


Figura 4. Red vial del Distrito Olavarría.

Metodología

La metodología desarrollada puede dividirse en trabajo de campo y tareas de gabinete.

Tareas de campo

El trabajo de campo consistió en el reconocimiento de los caminos que componen la red vial rural, desde el punto de vista hidráulico. Para ubicar los caminos rurales y las obras de arte en el campo, se utilizó un

Sistema de Posicionamiento Global (SPG) que incluye cartografía detallada de Argentina, y permite almacenar los itinerarios de los recorridos.

Ya en la instancia de relevamiento de las alcantarillas y cunetas de cada camino, se aplicó un criterio técnico consistente en efectuar un reconocimiento cualitativo del estado y se relevaron algunos aspectos elementales de la geometría como son la

forma y principales dimensiones. A la propia observación de los operadores, se agregó la información preexistente respecto a los posibles problemas hidráulicos de los caminos, aportada por el Municipio y la Mesa Agropecuaria (agrupación de productores locales).

Trabajo en gabinete

La tarea de reconocimiento de los caminos rurales incluyó una primera etapa, consistente en organizar los itinerarios en gabinete; para ello se utilizó la información existente en el SIG de los caminos rurales del Distrito, desarrollado en el año 2010 (Amaral Manso et al. 2016). También como apoyo en la definición de los itinerarios se utilizó el software Google Earth.

Toda la información recopilada permitió actualizar la base de datos relacionados espacialmente que se incluye en el SIG. Este sistema permite visualizar en planos a escala las trazas de los caminos y la localización de las obras de arte con las correspondientes fotografías incluidas en la base de datos.

Otra etapa del trabajo consistió en el análisis del Modelo Digital de Elevación (MDE), para la zona correspondiente al Partido de Olavarría. En este trabajo el MDE fue utilizado para la generación de mapas de pendiente y de la red de flujo, a partir de la cual se delimitaron las cuencas de los arroyos que atraviesan el partido. En un análisis más minucioso, se superpuso a la información hidrológica, la red de caminos rurales y se hizo un análisis de las subcuencas que aportan a cada tramo de camino.

Por otra parte, antes de cada salida a campo, se realizaron tareas de análisis de las imágenes satelitales disponibles, para estudiar el escurrimiento del agua superficial y detectar posibles conflictos en

correspondencia con la red de caminos. Las imágenes disponibles, provenientes de los satélites Landsat 5, 7 y 8 y Sentinel 2, fueron brindadas por la Dirección Agropecuaria de la Municipalidad de Olavarría y corresponden al Partido de Olavarría para las siguientes fechas: 24/11/85, 09/11/00, 19/07/14, 18/03/16, 11/07/17, 12/08/17, 17/08/17, 20/08/17 y 11/09/17. Simultáneamente se trabajó con las cartas topográficas en escala 1:50000 del IGN, correspondientes al partido de Olavarría, que fueron escaneadas y georreferenciadas para ser incorporadas en el SIG.

Finalmente, se localizaron potenciales conflictos hidráulicos, se describieron las probables causas de origen y se sugirieron posibles acciones a seguir para dar solución a los mismos.

Desarrollo del trabajo

Análisis de la red vial

El trabajo desarrollado consistió en la actualización de la cartografía digital reagrupando las seis zonas en que estaba dividida la red vial rural para transformar la información a la nueva clasificación de los caminos del partido, en tres zonas.

La segunda etapa correspondió al procesamiento de los datos obtenidos a partir del relevamiento de la red vial, su infraestructura y obras de arte hidráulicas, para actualizar la base de datos existente. Al respecto se consignaron alcantarillas longitudinales y transversales (de estas últimas se informó, localización en coordenadas geográficas, tipo, material, dimensiones, estado, y se incluyeron fotografías).

Como resultado de ello, se materializa el Proyecto SIG “Plan Hidráulico”, que presenta en forma gráfica la red de caminos rurales del Partido de Olavarría y posibilita la

visualización de los caminos y la fácil captación de la información correspondiente a las diferentes obras de arte, directamente desde la pantalla.

El SIG permite realizar diferentes tipos de análisis en función de la información de la base de datos del inventario de campo. Estos análisis pueden utilizar, como criterios de selección, datos, expresiones lógicas o condiciones específicas; ello hace posible detectar en forma rápida y sencilla, puntos y situaciones que puedan tener alguna característica de interés, de acuerdo con los criterios de selección.

Análisis hidrológico

El análisis hidrológico consistió en: obtención del Modelo Digital de Elevación; realización del mapa de pendientes; determinación de la dirección y acumulación

de flujo; definición de la red de drenaje; y determinación de las cuencas de aporte de los cursos de agua y las subcuencas de aporte a los caminos.

Modelo Digital de Elevación

Para realizar el análisis hidrológico del Distrito de Olavarría se partió de la información correspondiente al MDE desarrollado por IGN, el cual está recortado utilizando los mismos límites que las cartas del IGN a escala 1:100.000 (IGN 2016). En este estudio se descargaron las imágenes del MDE correspondientes a 30 cartas que incluyen al Distrito de Olavarría y los alrededores, ya que las cuencas hídricas van más allá de los límites jurisdiccionales. Las imágenes descargadas se unieron para generar el MDE de la región, Figura 5.

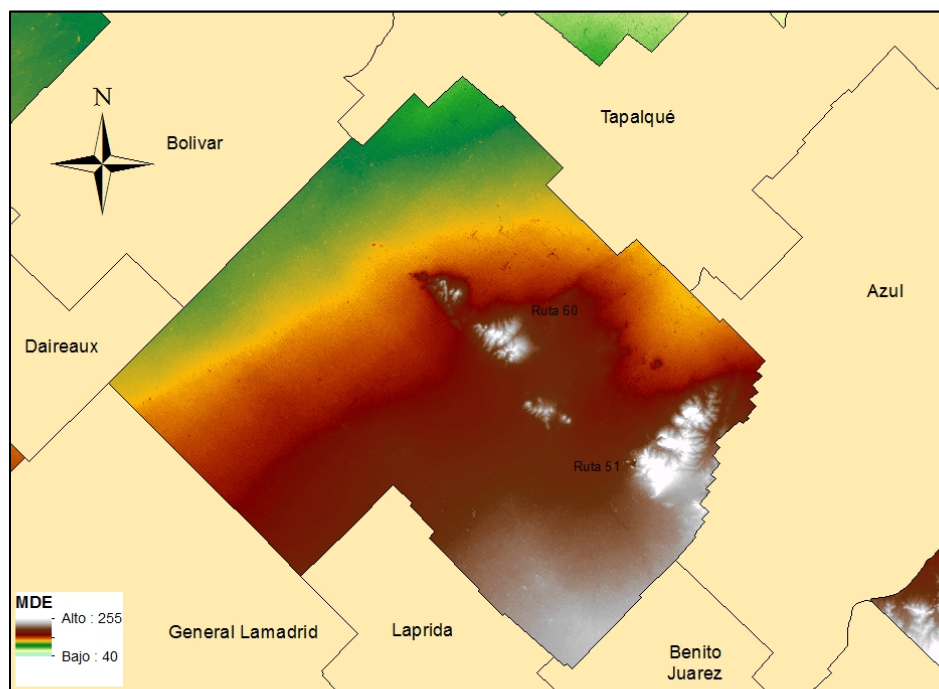


Figura 5. Modelo Digital de Elevación del Distrito de Olavarría.

Mapa de pendientes

La información contenida en el MDE permite conocer la elevación de cualquier

punto del terreno, con la resolución espacial de celdas de 30 m de lado. A partir de esta información el software permite estimar la

pendiente de cada celda, dada la diferencia de altura con las celdas vecinas y de este modo, generar el mapa de pendientes de la región.

Dirección y acumulación de flujo

A partir de la información de las pendientes, el software permite determinar cuál es la dirección del flujo en cada celda, dada la dirección de máxima pendiente que sigue el escurrimiento. De este modo se puede definir también para cada celda, cuántas celdas que se encuentran aguas arriba drenan su escurrimiento en ella. Este procedimiento tiene como resultado la creación del mapa de acumulación de flujo.

Red de drenaje

A partir del mapa de acumulación de flujo se construye la red de drenaje de la

región. Este es un proceso iterativo ya que se debe definir un valor umbral de cuántas celdas deben drenar a otra para que ésta última forme parte de un curso de agua. El proceso comienza adoptando como umbral un valor inicial que propone el modelo y se compara la red de drenaje que queda definida con la existente en las cartas topográficas.

Si la red creada es muy ramificada, y quedan definidos cursos que en realidad no existen, esto es un indicador de que el valor umbral debe ser mayor. En caso de que la red de drenaje definida tenga menos cursos de agua que los que en realidad existen, el valor umbral debe ser disminuido. Este proceso se repite hasta alcanzar la definición de una red de drenaje que se ajuste a la realidad, Figura 6.

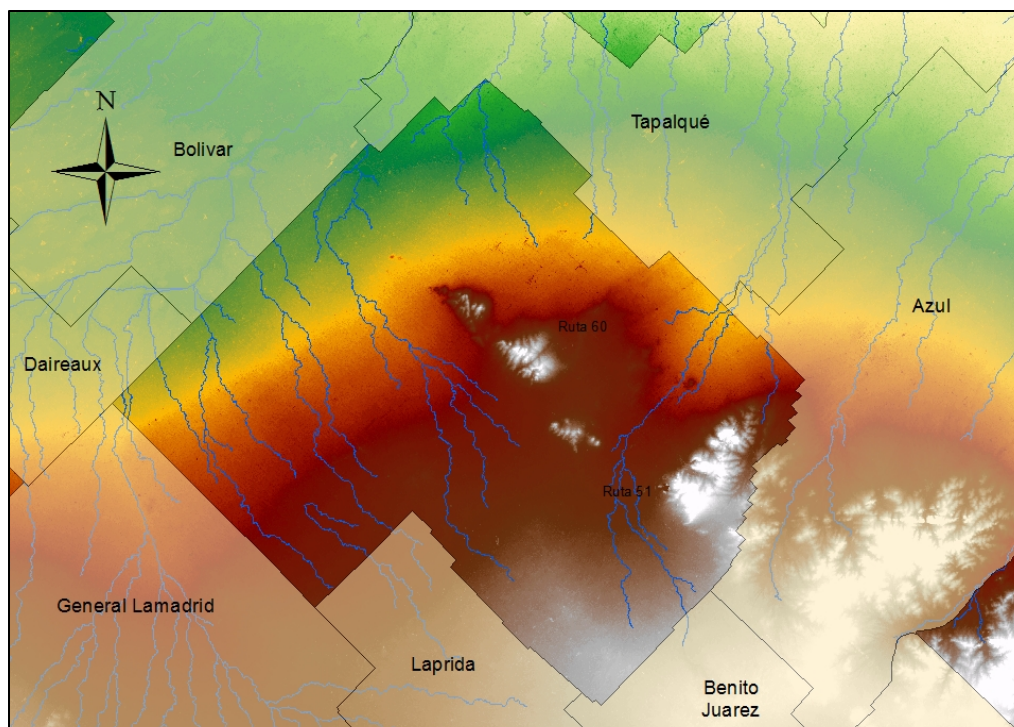


Figura 6. Red de drenaje superficial

Determinación de las cuencas de aporte de los cursos de agua

Dada la red de drenaje de la zona, se pueden definir los puntos de cierre de las

cuencas de los arroyos que atraviesan el partido de Olavarría, y así definir los límites de dichas cuencas (USACE 2013). El

resultado de este proceso se muestra en la Figura 7.

Determinación de las subcuencas de aporte a los caminos

La última etapa del trabajo consistió en superponer la red vial rural a la red de drenaje natural con el propósito de delimitar el área de aporte a cada camino, en la intersección de la

red de flujo con los caminos, Figura 8. Esta superficie es parte de la información necesaria para estimar, en un proyecto particular, los caudales de diseño de las obras de arte. Este procedimiento se repitió para la mayoría de los caminos de la red, haciendo especial hincapié en las zonas donde se detectaron conflictos hidráulicos.

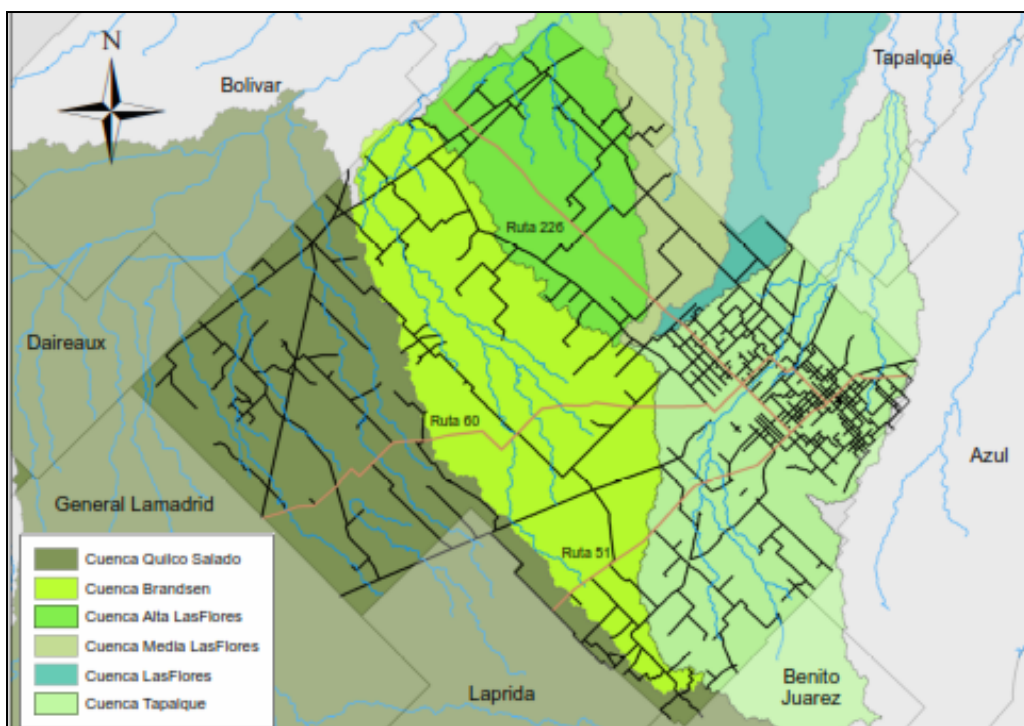


Figura 7. Cuencas hídricas.

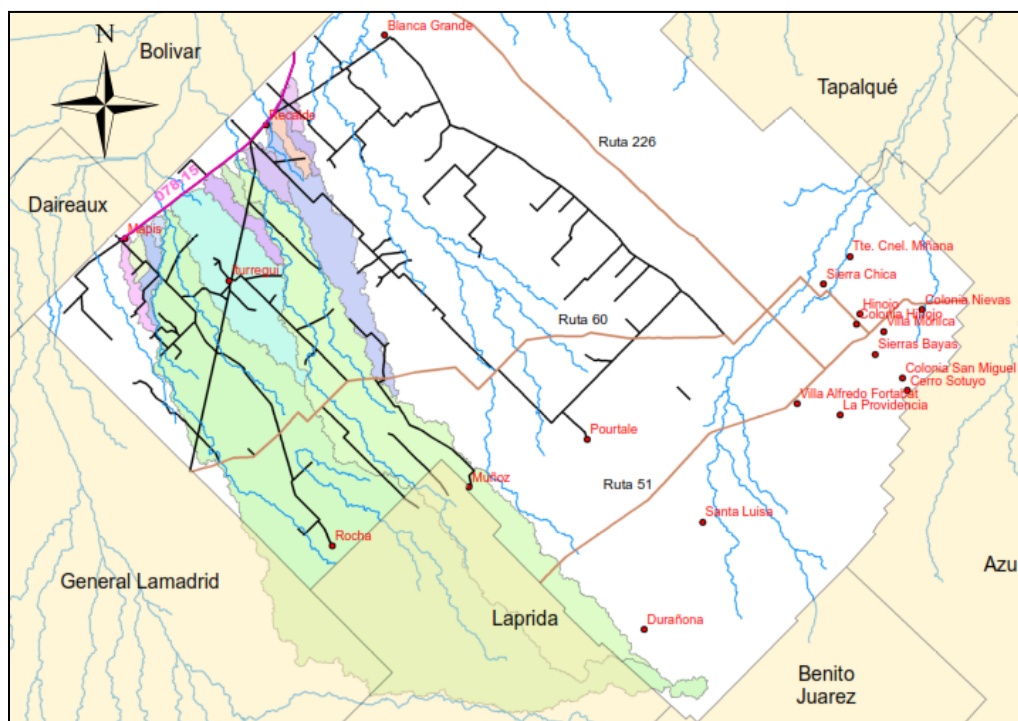


Figura 8. Subcuencas de aporte a un camino.

Análisis de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales asociadas a períodos de excesos de precipitación permiten visualizar claramente el patrón de escurrimiento de la zona. Allí se pueden identificar áreas de baja pendiente donde el agua queda acumulada en la superficie del suelo, zonas donde los caminos actúan como retenciones al escurrimiento o donde este discurre paralelo a la traza, Figura 9.

Este análisis se realizó para la mayoría de los caminos de la red, determinando para cada traza, los sectores donde se observaba que el agua cruzaba por encima de la calzada o se acumulaba aguas arriba del camino. A partir de este trabajo se detectó también la existencia de numerosas canalizaciones, muchas de las cuales ya estaban registradas en las cartas topográficas del IGN, las cuales datan de la década de 1950.

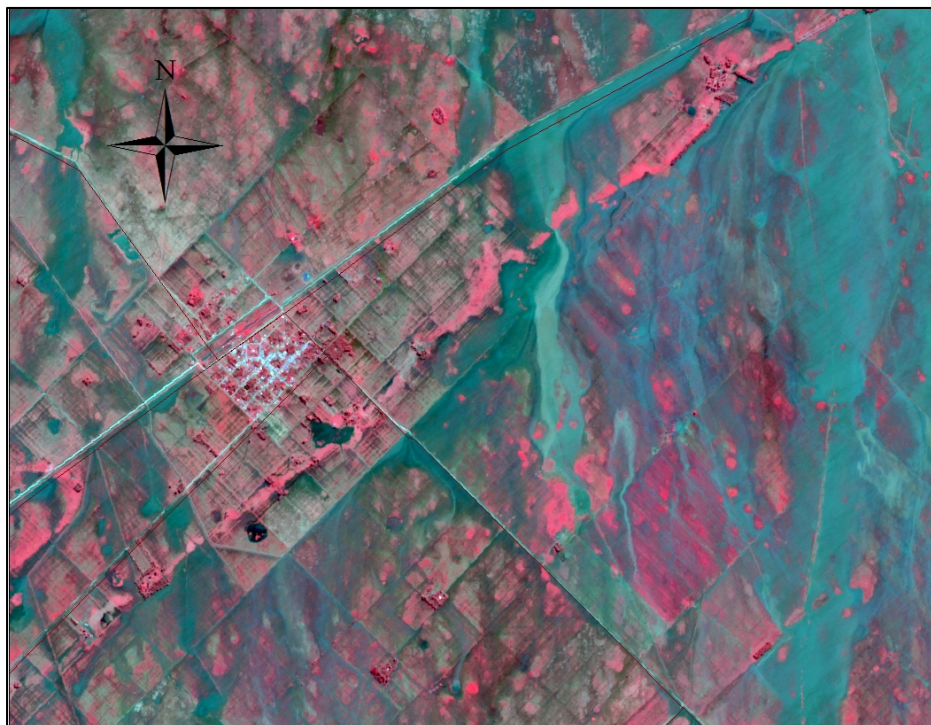


Figura 9. Imagen satelital de la zona próxima a un camino

Conclusiones

Como resultado final de las tareas desarrolladas, se localizaron potenciales conflictos hidráulicos, se describieron las probables causas de origen y se sugirieron posibles acciones a seguir para dar solución a los mismos. El listado de conflictos detectados fue ordenado por zona y por jerarquía del camino. Además se establecieron una serie de pautas generales de trabajo a seguir, en el mantenimiento, reparación y ejecución de obras hidráulicas en una red vial rural.

Desde el punto de vista hidráulico los trabajos a realizar en la red de caminos, que incluyen el mantenimiento y la realización de obras nuevas, deben iniciarse en los caminos que se encuentren aguas abajo e ir avanzando hacia aguas arriba. Por ejemplo si se realiza la limpieza o construcción de alcantarillas transversales a un camino ubicado aguas arriba de otro, en el cual no se realiza ningún trabajo hidráulico, podría agravarse la condición de éste último camino y provocar el

anegamiento de los campos que se encuentran aguas arriba del mismo.

En muchas de las alcantarillas transversales de la red vial rural del partido, se ha observado mal estado de mantenimiento en cuanto a obstrucciones y roturas, debidas estas últimas, en muchos casos a la tapada insuficiente y a la inexistencia de cabeceras. De esto surge la recomendación de revisar la ubicación de las alcantarillas en las zonas definidas por la red de drenaje, pero que también estén bien ubicadas altimétricamente y respeten las condiciones de tapada mínima de 0,40 m, aunque es aconsejable que la misma esté entre 0,50 y 0,60 m, para lograr una mayor durabilidad de la obra. Las tareas de mantenimiento deben incluir también la limpieza periódica de las alcantarillas transversales.

Otros aspectos muy importantes a tener en cuenta son el mantenimiento de la sección transversal de las cunetas y la limpieza de las mismas, que consiste en

eliminar la vegetación y todo material depositado que obstruya el libre paso del agua a través de las mismas, garantizando así, un adecuado drenaje.

Los conflictos hidráulicos en algunos casos están asociados a la baja cota altimétrica de los caminos y la sola realización de obras hidráulicas sería insuficiente para dar solución a los mismos, requiriéndose, además, el alteo del camino.

El trabajo expuesto en el presente artículo tiene como resultado el diagnóstico, desde el punto de vista hidráulico, del estado de la red vial rural del Distrito de Olavarría y recomendaciones generales para dar solución a los conflictos detectados. La continuidad lógica del mismo implica la necesidad de definir prioridades en la reparación de la red vial desde el punto de vista de los usuarios, en cuanto a la salida de la producción, y desde un punto de vista social, para asegurar el acceso de la población rural a los servicios de

educación y salud y la conectividad con las rutas más importantes. Una vez definido el orden de prioridades, debería realizarse un estudio más detallado de cada zona, que incluya relevamiento planialtimétrico, análisis de las precipitaciones, determinación de los caudales de aporte y realización del proyecto de obra, respetando las pautas recomendadas en los párrafos precedentes para este tipo de trabajos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, a la Municipalidad y a la Mesa Agropecuaria de Olavarría por el apoyo brindado durante el desarrollo del trabajo. Al alumno Joaquín Rivas y al Ing. Mario Alonso por su valiosa colaboración en el desarrollo del Plan Hidráulico Ordenador. Al Lic. Martín Orradre, de la Dirección Agropecuaria de la Municipalidad de Olavarría, quién brindó las imágenes satelitales utilizadas en este trabajo.

Referencias

- Amaral Manso, M. L., Gelmi, M., Vornetti, A., Améndola, G. (2016). *Utilización de un Sistema de Información Geográfica en la red carretera rural del distrito de Olavarría*. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 20-1, pp. 46-56.
- Dirección de Geodesia, Instituto Geográfico Nacional (2016). *Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina*.
- Facultad de Ingeniería, UNICEN. Área de Hidráulica y Vías de Comunicación. (2011). *Red Vial Rural. Plan Maestro. Propuesta estratégica, a largo plazo, para la Reparación y Mantenimiento de la Red Vial del Partido de Olavarría*.
- Fariña O., Vornetti A., Améndola G., Gelmi M., Bilotto S., Gobbi S. (2012). *Plan Maestro para el mantenimiento de los caminos rurales en el Partido (Municipio) de Olavarría*. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 16-1, pp 71-80, ISSN 1665-529-X.
- Olavarría.gov.ar (2018). Disponible en: <http://www.olavarria.gov.ar/>. Recuperado el 20 de diciembre de 2018.
- Salvia, N. (2018). *Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. En Seminario Caminos Rurales, Asociación Argentina de Carreteras, Buenos Aires.

U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (2013). *HEC-GeoHMS, Geospatial Hydrologic Modeling Extension, User's Manual*.