



Identificación del Trabajo	
Área:	Transportes y vías de comunicación
Categoría:	Alumno
Regional:	Venado Tuerto

Sistema automatizado para proyecto y gestión de pavimentos urbanos a través de herramientas SIG en la ciudad de Venado Tuerto

Raúl Abel MOYA, Florencia MEDINA, Matías MAJORAL

Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (Laprida 651, Venado Tuerto), Facultad Regional Venado Tuerto, UTN

E-mail de autores: raul.moya.13@gmail.com, florencia.medina@live.com, matiasmajoral@gmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Ing. Magalí Soria – y la Mg. Pamela Zamboni, en el marco del proyecto "Aporte metodológico de la tecnología SIG en el cálculo de indicadores a escala urbana. Caso de aplicación: Ciudad de Venado Tuerto". (2019 – 2021)

Resumen

El trabajo original realizado consiste en generar un mapa dinámico para toma de decisiones en proyectos de gestión de pavimentos urbanos, mediante implementación de Sistemas de Información Geográfica, siendo el caso de estudio la ciudad de Venado Tuerto.

Para el desarrollo de dicho mapa de priorización de pavimentación, fueron adoptados los siguientes factores de influencia: escuelas, centros de salud, infraestructura de desagües, tipo de tratamiento que poseen las calles, aporte de contribuyentes para ejecución de obra y proximidad a calles ya pavimentadas. Posteriormente, dichos factores en formato geoespacial, previo tratamiento y readecuación de la información, fueron introducidos dentro de una ecuación polinómica, ponderando cada uno de estos según criterio de valoración.

Como resultado del trabajo fue lograda una representación espacial de las cuadras con mayor prioridad de pavimentación, la cual resulta actualizable automáticamente, producto de la sistematización de los procesos. Además, se obtuvo una base de datos geoespacial.

Palabras Clave: Sistema de Información Geográfica; Proyectos de Pavimentación; Gestión; Sistematización

1. Introducción

Desde hace varias décadas, a través de la evolución de técnicas informáticas y del desarrollo de nuevas tecnologías, los procesos de gestión de información no solo han adquirido mayor relevancia, sino que se han convertido en una necesidad básica para el desarrollo de planes y políticas que aspiren al progreso de las sociedades. A partir de esto, surgen los sistemas de automatización, los cuales contribuyen en la toma de decisiones, siendo los de mayor auge para tareas que implican una cantidad importante de datos y que adquieren mayor relevancia en el contexto actual, los métodos SIG (Sistemas de Información Geográfica).

Una definición acertada de SIG lo describe como “sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas” cuya utilidad va desde modelos hidrológicos, coordinación de programas de desarrollo social, pautas de crecimiento territorial y gestión de mapas de riesgo de toda índole. (Olaya, 2014)

Respecto a esto último, conocer los componentes de una unidad urbana, su situación geográfica y los factores que los interrelacionan resultan de vital importancia para llevar adelante una óptima gestión del territorio y un desarrollo planificado a futuro.

El foco de este trabajo es centrado en el avance de la infraestructura al servicio de la población y su desarrollo planificado, y al estudio de los mecanismos que faciliten la gestión de los recursos mediante la aplicación de las herramientas SIG mencionadas, tomando como escenario de estudio a la ciudad de Venado Tuerto.

Esta urbe cumple con las características para ejercer un rol de Centro Regional basado en su tamaño relativo, su nivel de actividad económica y alto índice de desarrollo humano, pero es notoria la carencia de infraestructura vial y de saneamiento en especial en los barrios periféricos de la ciudad. La aparición de actividades industriales y usos residenciales esporádicos en zonas periféricas, sumado a la especulación inmobiliaria, se tradujo en un crecimiento poco controlado con patrones de baja densidad tanto habitacional como de infraestructura para un amplio territorio, dando como resultado el contraste observable entre el nivel de desarrollo actual de la Ciudad y la capacidad de gestión de sus recursos. (MVT, 2000) Se infiere a partir de esta observación, que la problemática de base surge de las dificultades en la planificación ordenada de las obras en estos sectores y la provisión de los recursos necesarios para dar soluciones definitivas.

Este trabajo se centra en brindar una herramienta, actualmente inédita, que relacione una gran cantidad de información territorial y de infraestructuras, que aporte un mecanismo ágil de toma de decisiones y gestión de recursos económicos a través de la aplicación de herramientas SIG, buscando generar un cambio en la visión usualmente cortoplacista y subjetiva de las políticas de desarrollo en infraestructura, en favor de un enfoque que contemple una mayor técnica y rigurosidad científica.

2. Metodología

Dada la inmensa cantidad de datos necesarios para llevar adelante este trabajo de investigación, se optó por solicitarlos a fuentes fiables para cada rubro a analizar, a fin de garantizar su veracidad y actualización.

Dicha información fue gestionada a Instituciones pertinentes considerando que, por cuestiones operativas propias de cada una de ellas, la misma se maneja en formato físico o CAD. Por tal motivo, fue necesaria su depuración y procesado posterior mediante herramientas SIG, a fin de poder ser utilizada según los objetivos de nuestro proyecto de investigación.

A través de la Municipalidad de Venado Tuerto, y en específico la Secretaría de Obras Públicas se obtuvo en formato .dwg:

- **Planimetría catastral:** ubicación y dimensiones de manzanas catastrales del sector urbano.
- **Planimetría general de calzadas urbanas y suburbanas:** tipología (hormigón, asfalto, cordón cuneta, mejorado), ancho de calzada, ancho oficial, cotas IGN de escurrimiento y pendiente longitudinal.
- **Planimetría general de cañerías de desagües urbanos y suburbanos:** tipología (tubería hormigón, estructura hormigón armado), diámetro, cota IGN intrauno, bocas de tormenta, cámaras de inspección.

A través del Organismo Provincial competente y mediante las herramientas web disponibles, se obtuvo información referente a:

- **Establecimientos escolares, públicos y privados:** ubicación territorial, nivel educativo.

Con respecto a la metodología propuesta para el desarrollo del trabajo, primeramente consistió en segmentar en varias etapas las actividades con el fin de facilitar el avance del mismo. Conforme a ello, como primer medida, fueron identificados los factores o variables que influyen en la toma de decisiones al momento de pavimentar. Estos fueron definidos mediante el diálogo con los distintos Directores de Obras Públicas de la ciudad de Venado Tuerto, de diferentes periodos de mandato, conforme a la importancia en la toma de decisión a la hora de la realización de los proyectos y gestión de pavimentos.

Los factores más importantes a tener en cuenta se definen a continuación:

- **Factor 0 - Pavimento:** incluye toda cuadra del sector urbano que aún no posee calzada pavimentada (es decir posee cordón cuneta, empedrado o tierra).
- **Factor 1 - Instituciones educativas:** incluye las cuadras dentro del área de influencia de escuelas primarias y secundarias, institutos de educación terciaria y universidades, considerados dado el tránsito vehicular que estos hitos suponen.
- **Factor 2 - Centros de salud:** incluye las cuadras dentro del área de influencia tanto centros de atención médica, así como centros comunitarios barriales, dado el tránsito vehicular que estos hitos suponen.
- **Factor 3 - Cordón cuneta:** incluye las cuadras que poseen cordón cuneta ya ejecutado. Se considera la ventaja técnica y operativa que brinda esa intervención previa.
- **Factor 4 - Calles vecinas pavimentadas:** asegurar la continuidad de las calzadas pavimentadas se considera ventajoso para el desarrollo ordenado de la ciudad y es favorable desde el punto de vista técnico e hidráulico.

- **Factor 5 - Pago contribuyentes:** se considera la intención de pago de contribución de mejoras por parte de los vecinos de una determinada cuadra (se tendrá en cuenta la naturaleza de los fondos para la ejecución de obra y del nivel socioeconómico del área).
- **Factor 6 - Desagües:** incluye cuadras que ya tiene resuelto su situación de desagüe pluvial por medio de una cañería ya ejecutada o a través de su propio escurrimiento superficial, dejando de lado las cuadras que necesitan obras de drenaje y no se encuentran ejecutadas (por una cuestión de costos de ejecución).

Cada factor impacta de manera independiente en la toma de decisiones, por lo que se consideró necesario generar una herramienta que los interrelacione.

A partir de esto, se iniciaron las metodologías de procesamiento de la información, las cuales fueron desarrolladas íntegramente con el software QGIS. Debido a que cada factor es representado por una capa de información geoespacial en formato vectorial, a continuación se procede a describir cada una de las mismas.

Para la elaboración de la capa que contiene los elementos de calle (de ahora en adelante “calles”) fue realizado el siguiente procedimiento:

Primeramente, con la finalidad de visualizar y utilizar como referencia el mapa de la ciudad, fue cargada la capa base de fondo Open Street Map. Paso siguiente fue dividida la información de calles conforme a tres sectores de la ciudad, los cuales fueron trabajados por distintos integrantes, para una mejor distribución de las tareas. Mediante la coordinación de las mismas fueron logradas las intersecciones de los tres sectores con coordenadas precisas. El trazado completo de las calles longitudinales y verticales estuvo a cargo, por sectores, de cada uno de los integrantes. Luego de esto, tomando como referencia las intersecciones entre las mismas, fue realizado el trazado de cada uno de los tramos. Una vez finalizados los tramos, fue asignado a cada uno de estos la información correspondiente, como ser: nombre de calle, entre qué calles se encuentra comprendido, numeración, tipo de tratamiento (pavimento, cordón cuneta, empedrado, tierra), desagüe (si lleva y existe, si no lleva, si lleva y no existe), sección y sus dimensiones.

Posteriormente, fueron creadas las capas “punto” las cuales indican la ubicación de instituciones educativas y centros de salud conforme a la información brindada por el municipio. Acorde a lo anterior, se confeccionaron los distintos factores conforme a la información cargada en cada una de las capas. A continuación se describe el tratamiento realizado en cada uno de ellos:

- **Factor 0 - Pavimento:** consiste en diferenciar entre calles que están pavimentadas de las que no. Para lograr ello fue generada una columna en la tabla de atributos en la cual era asignado un número a cada tramo de acuerdo al tipo de tratamiento que poseía (en este caso 1000). Siendo esto definido, finalmente, mediante el paso de su información a código binario.

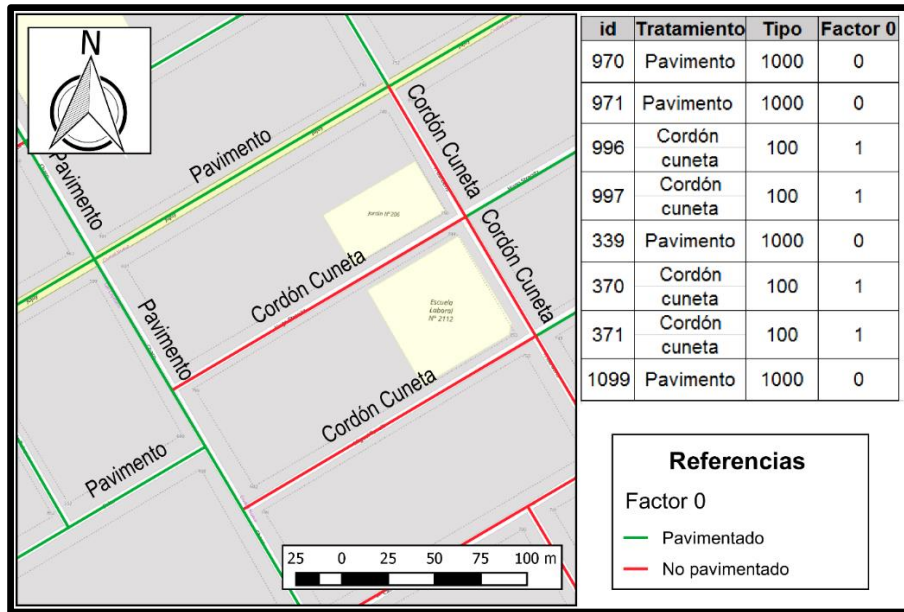


Figura 1: vista del factor 0

- **Factor 1 - Instituciones educativas:** utilizando la herramienta buffer fue realizada una capa polígono la cual comprende un radio de 300 metros alrededor de cada colegio (área de influencia estipulada). Luego es cortada la capa calles con este buffer con motivo de extraer la información para después, mediante la función “unión de atributos por locación”, obtener un nuevo atributo que diferencie las calles cercanas a dichas instituciones de las que no.

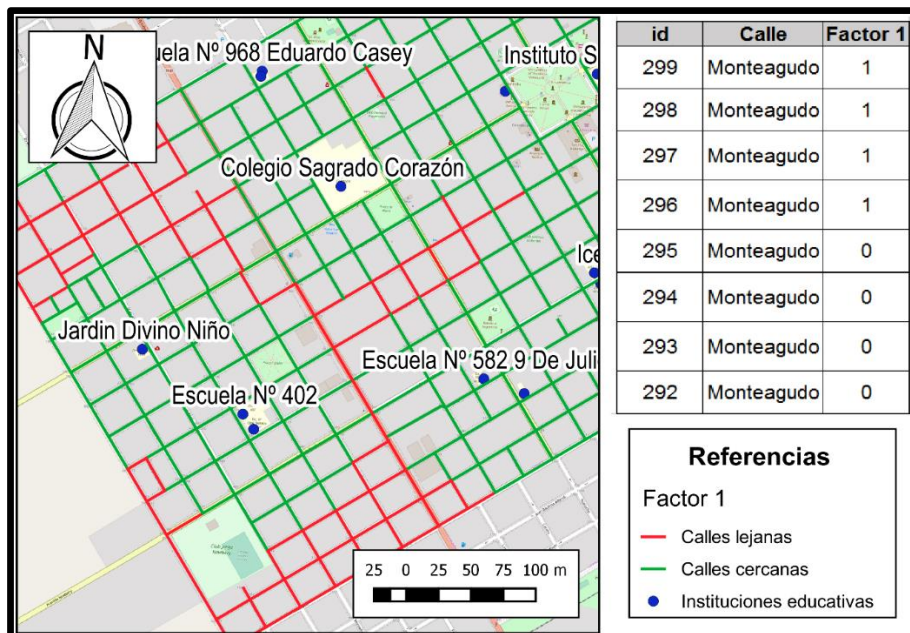


Figura 2: vista del factor 1

- **Factor 2 - Centros de salud:** utilizando la herramienta buffer fue realizada una capa polígono que comprende un radio de 300 metros alrededor de cada centro de salud (área

de influencia estipulada), siendo luego cortada la capa calles con este buffer con motivo de extraer la información para después, mediante la función “unión de atributos por locación”, obtener un nuevo atributo que diferencie las calles cercanas a dichos centros de las que no.

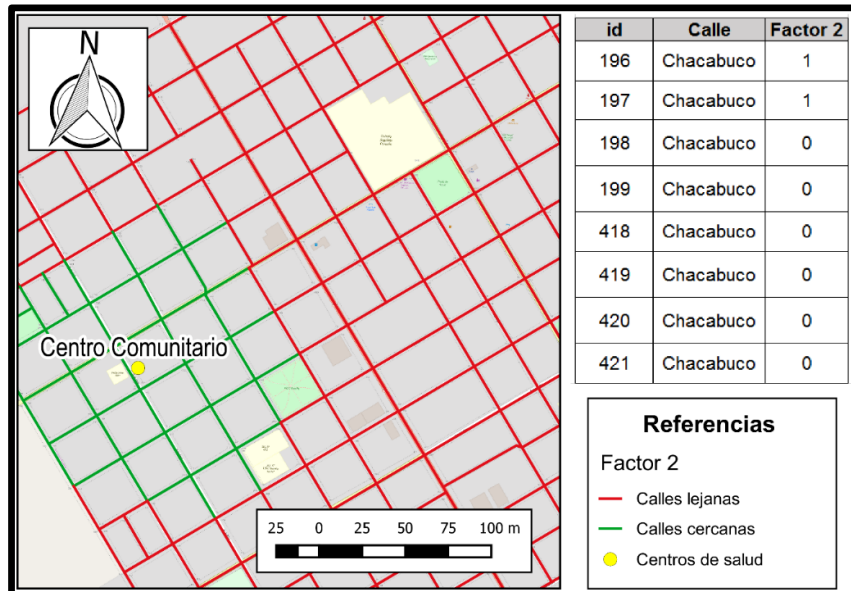


Figura 3: vista del factor 2

- Factor 3 - Cordón cuneta:** diferencia entre calles que tienen cordón cuneta de las que no. Para lograr ello fue generada una columna en la tabla de atributos en la cual se le asignaba un número a cada tramo de acuerdo al tipo de tratamiento que poseía (en este caso 100). Finalmente, fue definido el factor mediante el paso de su información a código binario, asignándole el valor de 1 a las calles que poseen cordón cuneta y el valor de 0 a las demás, con el fin de no ser tenidas en cuenta.

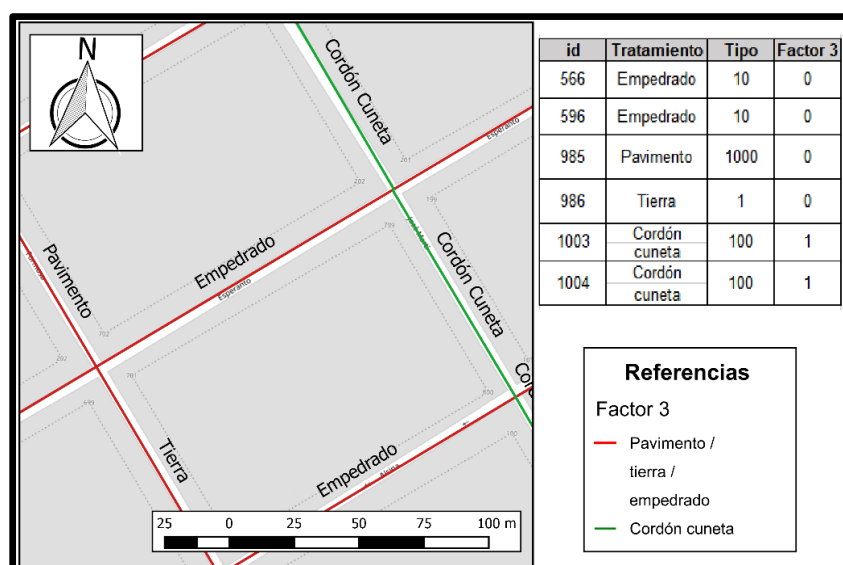


Figura 4: vista del factor 3

- **Factor 4 - Calles vecinas con pavimento:** utilizando la herramienta buffer de líneas fue realizada una capa polígono que comprende un radio de 30 metros (área de influencia estipulada), con el fin de extraer la información de la capa Calles, para después, mediante la función unión de atributos por locación, obtener un nuevo atributo que indique si el tramo que no esta pavimentado es continuación de otro que ya lo está o se encuentra lejano a este.

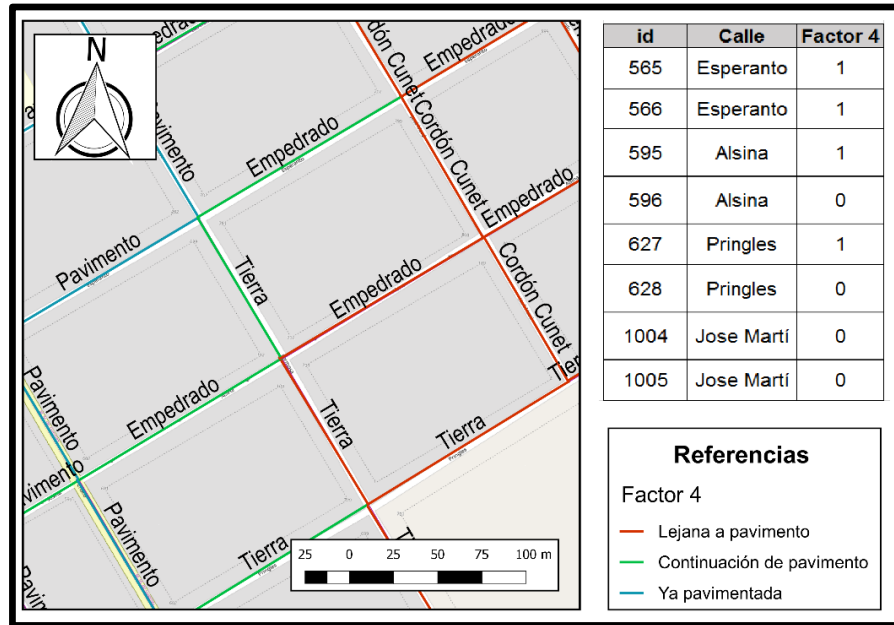


Figura 5: vista del factor 4

- **Factor 5 - Pago contribuyentes:** diferencia entre las cuadras que alcanzan a cubrir el porcentaje del monto de la obra determinado por el municipio para efectivizar su ejecución, respecto de las que no. Para ello, es generada una columna en la tabla de atributos en la cual se asigna un valor a los tramos de acuerdo si alcanzan a cubrir el porcentaje o no.
- **Factor 6 - Desagüe:** diferencia entre calles que tienen desagüe o no llevan, de las que lleven desagüe, pero no está ejecutado. Para lograr ello fue generada una columna en la tabla de atributos en la cual se le asignaba un número a cada tramo de acuerdo al tipo de desagüe que poseía (con los valores 1, 2 y 3 respectivamente), finalmente el factor se define mediante el paso de su información a código binario, asignándole el valor de 1 a las calles que no lleven desagüe o ya esté realizado y el valor de 0 a las que lleven desagüe y no esté ejecutado con el fin de no ser tenidas en cuenta.

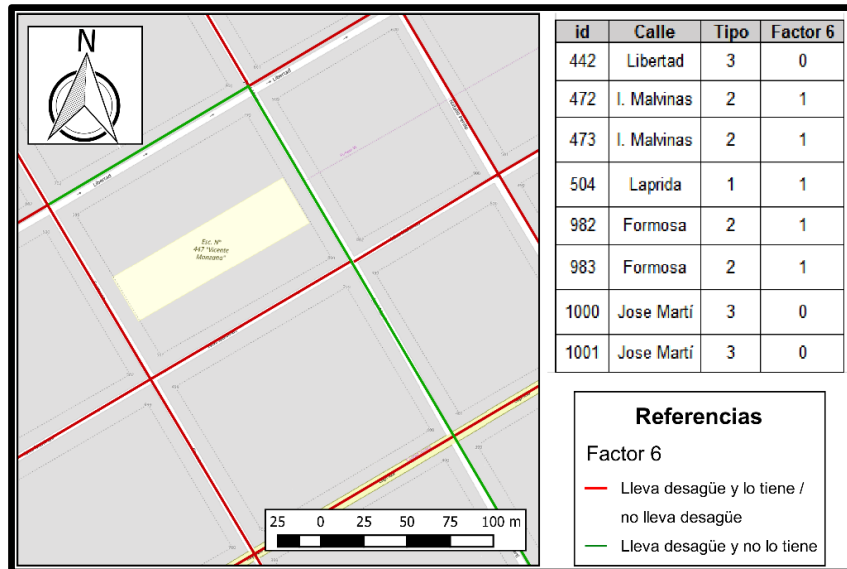


Figura 6: vista del factor 6

Una vez logrados los factores, los mismos son introducidos dentro de una fórmula polinómica, donde cada uno de ellos es ponderado (p) de acuerdo a su peso de influencia en la toma de decisiones. Esta ponderación depende exclusivamente de las prioridades establecidas por cada Secretario de Obras Públicas.

La fórmula contiene “n” números de factores (F) los cuales son seleccionados también según el criterio de cada Secretario. La sumatoria de ellos deberá arrojar un valor de 1, siendo cercano a 0 los factores que tengan menor importancia y cercano a 1 los de mayor importancia.

$$M_{pav} = p_1 \cdot F_1 + p_2 \cdot F_2 + \dots + p_n \cdot F_n \quad (1)$$

Una vez definidos los coeficientes de ponderación y los factores detallados, es aplicada la fórmula polinómica de forma sistematizada mediante una calculadora de campos que ofrece el software. Se realizan las operaciones de multiplicado de cada uno de los distintos factores intervinientes por su correspondiente coeficiente. Esto da como resultado un Mapa de Priorización de Pavimentación, el cual expone las calles que son más proclives a ser pavimentadas.

3. Resultados

Como resultado final de este trabajo es logrado un mapa automatizado para proyectos y gestión de pavimentos urbanos.

En la Figura 7 puede apreciarse dicho mapa. Como se observa, en color rojo se presentan los tramos de mayor prioridad a ser pavimentados y en degradé hasta llegar a los de color naranja suave, los de menor prioridad factibles de ser pavimentados.

Cabe destacar que este proyecto se adapta a las necesidades e intereses del usuario, permitiéndole otorgar mayor o menor importancia a determinados factores que van a ayudar a la toma de decisiones.

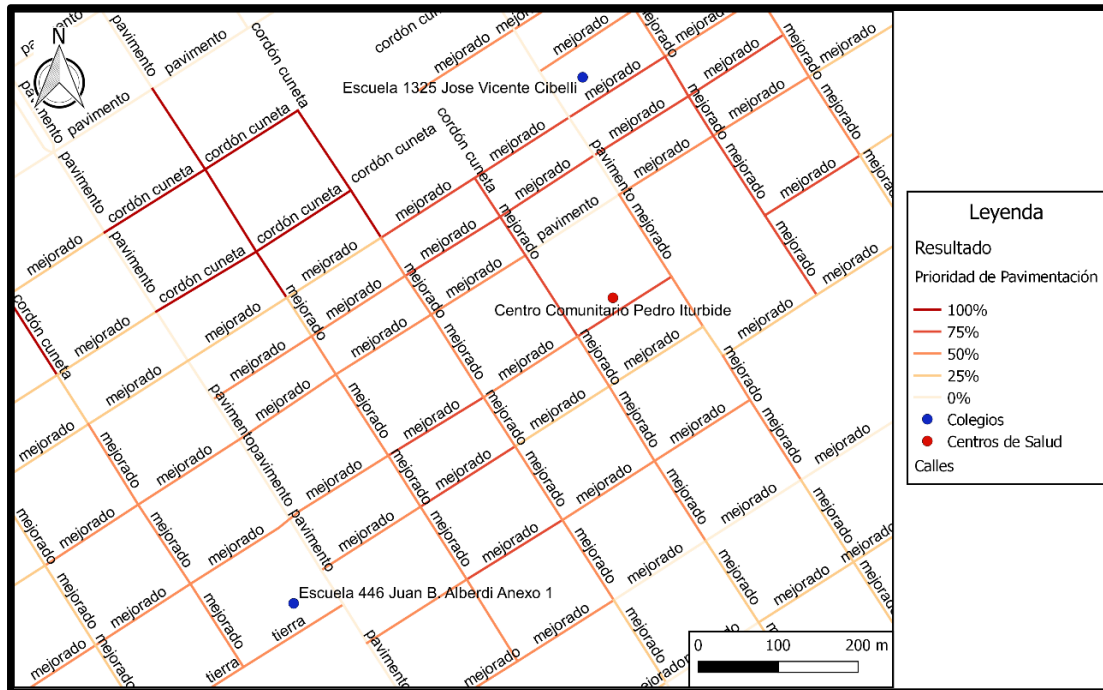


Figura 7: mapa de prioridad de pavimentación

4. Discusión

Pudimos observar que al momento de la selección de los factores, existen algunos de ellos que dependen únicamente de información brindada por el municipio, como lo es el factor 5, referido al pago de los contribuyentes para la ejecución de la obra. Debido que, al momento de generar el factor, dicha información no estaba disponible, se decidió adoptar valores estimativos.

Por otro lado, conforme a las prioridades definidas por los Secretarios de Obras Públicas había resultado definido como factor prioritario Densidad Poblacional, el cual no fue desarrollado en el presente trabajo por cuestiones de complejidad y tiempo, quedando pendiente su incorporación a la herramienta.

Cabe destacar que los coeficientes de ponderación dependen del criterio de la persona que lo quiera implementar. En la figura 8 se pueden observar dos Mapas de Prioridad de Pavimentación con diferentes coeficientes de ponderación: el mapa de la izquierda con todos los valores iguales y el de la derecha, con mayor ponderación en el factor “Escuelas”. Resulta notable cómo las calles aledañas a la escuela visible en el mapa de la derecha toman mayor importancia aún, con respecto al mapa de la izquierda, que las demás calles.

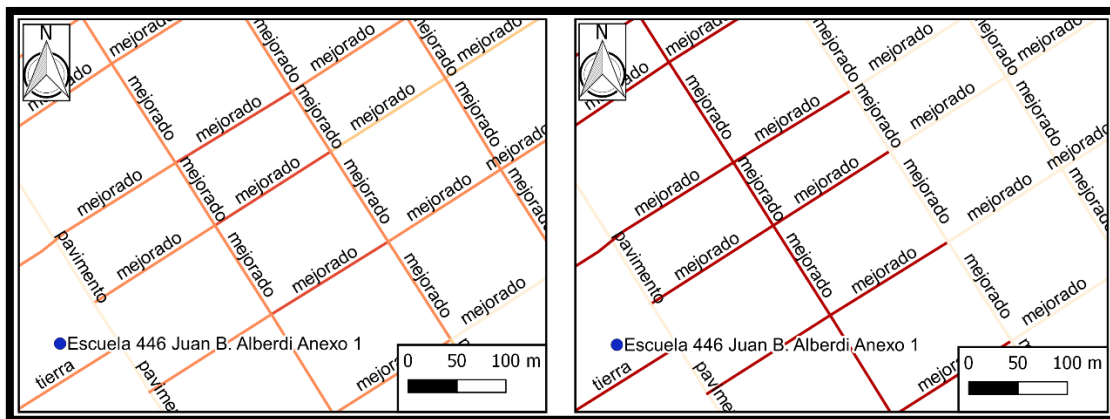


Figura 8: comparación de mapas de prioridad de pavimentación.

5. Conclusiones

Se logró una herramienta de toma de decisiones eficaz para el municipio, la cual muestra en diferentes grados de importancia la priorización de las calles a pavimentar.

El mapa logrado presenta un carácter dinámico, es decir, mediante la actualización de la información de las capas vectoriales, se generan nuevos mapas que reflejen las condiciones del momento.

Los procedimientos realizados para la confección del mapa dinámico podrán ser replicados por otros municipios puesto que se generaron protocolos de procesamiento, siendo los mismos realizados íntegramente con softwares libres.

Se logró la vectorización de todas las calles de la ciudad, quedando la misma a disposición tanto del municipio como para posteriores trabajos de investigación.

Reconocimientos

Se agradece al ex-Secretario de Obras Públicas Ing. Daniel Dabove y al actual Secretario de Obras Públicas, a la fecha, Ing. Pablo Rada por sus aportes en la definición de las variables. Además, se agradece a la Ing. Diana Reyes, becaria BINID perteneciente al laboratorio, por su predisposición para con los integrantes del trabajo.

Bibliografía consultada

MVT. (2000). Plan General para la Ciudad de Venado Tuerto. Venado Tuerto, Argentina.
 Olaya, V. (2014). Sistemas de Información Geográfica. Madrid, España.
 QGIS Project, (2016), QGIS User Guide, https://docs.qgis.org/3.4/es/docs/user_manual/