

Sistema Exploratorio de Análisis Espacial del Distrito Metropolitano de Quito (SEAE-DMQ)

Investigación, gestión de riesgos y toma de decisiones

Informe Técnico

Alcaldía de Quito, Junio 2021
Asesoría en Riesgos



Asesoría de la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito

Equipo responsable

Hugo Yepes

José Manuel Marrero

Contactos

hayepes2@gmail.com; hugo.yepes@quito.gob.ec

josemarllin@gmail.com; jose.marrero@quito.gob.ec

Primer Informe

Versión 06/07/2021 12:00:00

Quito D.M, Ecuador

Como citar este trabajo: Yepes, H., Marrero, J.M. 2021. Sistema Exploratorio de Análisis Espacial del Distrito Metropolitano de Quito (SEAE-DMQ). Informe Técnico, 90 pp. Alcaldía de Quito, Ecuador

Índice general

Índice de figuras	III
Índice de tablas	VI
1. Introducción	2
1.1. El territorio a través de los datos, la búsqueda del detalle	2
1.2. Análisis espaciales	3
1.3. Qué proponemos	4
1.4. Objetivos	4
1.5. Estrategias de difusión y recursos complementarios	6
1.5.1. Los datos	6
1.5.2. Metodología	6
1.6. Consideraciones	7
2. Procesando el DMQ, aspectos generales	10
2.1. Importancia de automatizar procesos para interpretar el territorio	10
2.2. Definición de Unidades de Análisis Espacial (UAE)	11
2.2.1. Diferencias entre una UAE y una capa-raster	11
2.3. Sistema vs Usuario	12
2.4. Flujos de información en el análisis espacial	12
2.5. Flujos de información en su organización	13
3. Principales elementos del SEAE-DMQ	15
3.1. Características generales del SEAE-DMQ	15
3.1.1. A quien está dirigido el SEAE-DMQ	15
3.1.2. Productos o servicios esperados	16
3.1.3. Requisitos técnicos, funcionales y tecnológicos	16
3.1.4. Personal técnico	16
3.2. Formatos de los archivos de entrada y salida	17
3.3. Algoritmo point-in-polygon	17
3.3.1. Manejo de la incertidumbre	18
3.3.1.1. Parámetros de manejo de la incertidumbre	19
3.3.2. Fases de operación del algoritmo	19
3.4. Algoritmo por proximidad	20
3.5. Estrategias de trabajo	21
3.6. Estrategias de análisis espacial	21
3.6.1. Estrategia Raster-Raster	22
3.6.2. Estrategia Raster-Vector	23
3.6.2.1. Estrategia de análisis principal y por categorías	25
3.6.2.2. Estrategia Raster-Vector Encuesta	25
3.6.2.3. Estrategia Raster-Vector catastral	26
3.6.3. Estrategia Vector-Raster	28
3.6.4. Estrategia Vector-Vector	29
3.6.5. Estrategia Vía-Vector y Vía-Catastro	29

3.7. Tipos de archivos y estructura	30
3.8. Preparación y archivos de entrada	34
3.8.1. Diseño de archivos de configuración	34
3.8.2. Esquema y variables utilizadas en los archivos de configuración secundarios	34
3.8.3. Pre-procesado de datos cartográficos	36
3.8.3.1. Pre-procesado simple	37
3.8.4. Diseño de archivos de entrada	37
3.8.4.1. Tipos UAE	37
3.8.4.2. Tipo capas vectoriales	38
3.8.4.3. Tipo capas raster	40
3.8.4.4. Tipo encuesta	41
3.9. Nomenclatura de archivos de salida	41
4. Capas procesadas e indicadores obtenidos	43
4.1. Datos provenientes de capas vectoriales y raster	44
4.1.1. Indicadores catastrales	44
4.1.2. Indicadores cartográficos de edificaciones	45
4.1.3. Indicadores de población	46
4.1.4. Indicadores de servicios e infraestructuras	46
4.1.5. Indicadores de seguridad ciudadana y riesgos	48
4.1.6. Indicadores de actividad comercial	49
4.1.7. Indicadores de servicios ciudadanos	51
4.1.8. Indicadores de vulnerabilidad social	52
4.2. Indicadores provenientes de encuestas	55
4.3. Indicadores destacados	57
4.3.1. Catastro – edificaciones	57
4.3.1.1. Valor metro cuadrado construido	57
4.3.1.2. Porcentaje construido	57
4.3.2. Población	58
4.3.2.1. Población estimada	58
4.3.2.2. Densidades de población	59
4.3.2.3. Aproximaciones al hacinamiento	60
4.3.3. Servicios e infraestructuras	63
4.3.3.1. Niveles de cobertura estimados	63
5. Ejemplos de uso del SEAE-DMQ	66
5.1. Evaluación general del DMQ por áreas temáticas, estrategia Raster-Vector	66
5.2. Evaluación de personas e infraestructuras en espacios reducidos, estrategia Raster-Vector	70
5.3. Evaluación de las zonas en peligro, estrategia Raster-Vector	73
5.4. Evaluación de las solicitudes de ayuda, estrategia Vector-Raster	77
6. Conclusiones	79
Bibliografía	80
Anexos	82
A. Estructura archivos de salida en Raster-Raster y Raster-Vector	82
B. Algoritmos para el cruce espacial Raster-Vector	87

Índice de figuras

1. Conversión vector a raster de un polígono base, cuanto mayor es la resolución más similar es el polígono a representar.	18
2. Evaluación de la posición de un punto en función de las condiciones presentes en su vecindad.	20
3. Localización espacial del número de celdas que una capa superior raster ocupa en una inferior también raster.	23
4. Caracterización de la UAE a partir de la superficie ocupada por una de las categorías de la capa-raster, conteo celda por celda y dependiente de la resolución del raster.	23
5. Localización espacial de la celda que ocupa el punto en una malla o raster base.	24
6. Caracterización de la UAE a partir del conteo de puntos situados en su interior.	25
7. Caracterización de la UAE por cómputo global de los elementos contenidos en una capa vectorial o diferenciando por tipologías, cada una con archivos de salida distintos.	26
8. Procesado de los datos de una encuesta para facilitar su uso espacial.	27
9. Valoración final del servicio de recogida de basura en la parroquia de la Magdalena, sur de Quito a nivel de manzana y calle.	27
10. Caracterización del dato puntual a partir del lugar donde se sitúa respecto a la malla que representa la UAE.	28
11. Métodos de aproximación para determinar cercanía entre puntos, por distancia (izquierda) o sólo el más próximo (derecha).	30
12. Relación entre el viario y cualquier capa vectorial a nivel de punto que se encuentre próximo a él. Determina el número de elementos de la segunda que se sitúan en cada punto del primero.	31
13. Archivo de configuración general.	34
14. Archivo de configuración UAE.	35
15. Archivo de configuración de las capas vectoriales.	35
16. Archivo con los atributos para representar una UAE a nivel vectorial, cada fila representa una división espacial del área de interés.	39
17. Comparación del archivo vectorial de la UAE de administraciones zonales (izquierda), mostrando también los centroides (puntos rojos), con el mismo rasterizado a 6 m de resolución (derecha).	39
18. Flujo procedimental hasta la obtención de los archivos de entrada de las capas vectoriales para el SEAE-DMQ.	40
19. Archivo con el contenido de las categorías disponibles en la capa vectorial, este ejemplo deriva del tipo de pavimento del viario.	40
20. Archivo con el contenido de la capa vectorial-encuesta Market 2016.	41
21. Proceso de fusión de capas cartográficas para construir la capa de edificaciones, que no existe como tal en el contexto del DMQ. La figura muestra la contribución de cada una en número de polígonos (Yepes and Marrero).	47
22. Distribución del porcentaje de edificaciones humildes, de valor medio y alto a nivel de parroquia.	58
23. Concentración de la edificación en función del espacio disponible a nivel de parroquia.	59
24. Distribución de la población en función del total INEC y el estimado (arriba), además de las diferencias totales y relativas entre uno y otro (abajo) a nivel de parroquia.	60

25. Distribución de la población en función del total INEC, la densidad estándar, la superficie construida y la densidad en función de la superficie construida a nivel de parroquia.	61
26. Diferencias entre el área planimétrica construida y el total de la propiedad.	62
27. Relación entre el número de viviendas y la población total (izquierda) y el área construida y también el total de población estimada a nivel de UAE (derecha).	62
28. Porcentaje de vías de transporte ocupadas por determinados servicios.	64
29. Cobertura estimada del servicio de agua por lote y de antenas de telefonía móvil según radio de operación aproximado.	65
30. Integración de indicadores en formato póster A0, catastrales, de servicios e infraestructuras.	67
31. Integración de indicadores en formato póster A0, de servicios en general, seguridad y riesgos y socioeconómicos.	68
32. Integración de indicadores en formato póster A0, específicos para vulnerabilidad social.	69
33. Los accesos actuales ya no permiten la entrada de vehículos de emergencia en la mayoría de los casos, lo que dificulta las acciones de respuesta de los profesionales.	70
34. Diseño de una UAE en función de las características de las edificaciones cuyo acceso se sitúa en el interior de la manzana. La UAE recoge toda la zona potencialmente afectada.	71
35. Distribución de UAE con su ID para cada manzana potencialmente afectada por el cierre de las franjas.	71
36. Distribución de zonas de peligro por inundaciones parcial del río Machángara y quebradas próximas definidas por la DMGR.	75
37. Apoyo con otras técnicas de análisis, entre ellas el Topohazard (Marrero et al., 2016), para interpretar las características morfológicas del terreno.	76
38. Solicitantes de ayuda absoluto y relativo a nivel parroquial.	78

Índice de tablas

1. Campos actuales extraídos de la capa lote catastral pre-procesada por nuestro grupo de trabajo.	45
2. Campos actuales extraídos de la capa de edificaciones, que combina cartografía catastral con no catastral y obtenida mediante procesamiento independiente.	46
4. Indicadores obtenidos de capas que reflejan la cobertura y dimensión de las infraestructuras del DMQ.	47
3. Indicadores generados con datos de población o bien estimados a partir de infraestructuras.	49
5. Indicadores obtenidos a partir de fuentes de datos asociados a seguridad y riesgos.	50
6. Categorías extraídas y procesadas a partir de las capas de susceptibilidad a movimientos en masa e incendios.	50
7. Indicadores extraídos de capas que reflejan la actividad comercial en el DMQ o la que potencialmente podría darse.	51
8. Indicadores centradas en reflejar los servicios ciudadanos disponibles.	52
9. Indicadores que reflejan peligros naturales y antrópicos a partir de eventos ocurridos.	53
10. Categorías extraídas y procesadas a partir de las capas de vulnerabilidad social y espacio público.	54
11. Categorías extraídas de la encuesta elaborada por Market en 2016 para la zona urbana definida por el INEC en 2010 de la ciudad de Quito.	55
12. Evaluación de UAE obtenidas para las manzanas afectadas por el cierre de acceso de las franjas en el barrio de Solanda.	72
13. Indicadores obtenidos para la zona de peligro número 6.	73
14. Adición de valores administrativos a cada una de las coordenadas que representan una solicitud de ayuda. En los nombres, los espacios se han sustituidos por guiones bajos formar una palabra completa y facilitar su lectura en C.	77
15. Indicadores obtenidos para el análisis Raster-Raster.	82
16. Indicadores obtenidos para el análisis Raster-Vector.	83

Prefacio

Este informe describe los principales elementos de la aproximación metodológica denominada Sistema Exploratorio de Análisis Espacial del Distrito Metropolitano de Quito (SEAE-DMQ) desarrollado en el seno de la Alcaldía de Quito y cuya prioridad principal está centrada en conocer el territorio a través de los datos, con un enfoque específico en la gestión del riesgo, pero también muy útil para resolver otro tipo de necesidades que surgen día a día en la gestión del territorio del DMQ.

Esta iniciativa tiene carácter experimental e investigativo y busca ofrecer respuestas a muchas de las necesidades de datos y análisis que pudieran surgir para la toma de decisiones, en el menor tiempo posible, gracias a los procesos automatizados que se han diseñado. Además, el SEAE-DMQ busca facilitar la actualización de los datos relacionados con el territorio, aspecto importante para mantener la información viva y actual para una toma de decisiones mejor informada.

Por otra parte, este informe también es una guía que describe el grupo de datos utilizados en el municipio, de tal forma que pueda servir de ayuda a otros, no solo para entender la metodología, sino también el carácter de los datos obtenidos, sus incertidumbres y limitaciones.

Finalmente, dar las gracias a los compañeros Fernando Zamorano y Ana Rosero por su esfuerzo a la hora de recopilar información de las diferentes entidades municipales, gracias al cual esta iniciativa, iniciada en Agosto de 2019, pudo sustentarse en una amplia base de información de partida. De no haber sido por esta disponibilidad y apertura, se hubiera perdido mucho tiempo recabando la información necesaria y algunos de los hitos conseguidos estarían aun pendientes o en proceso.

Igualmente, expresar nuestro agradecimiento a la Alcaldía por confiar en nuestro trabajo y darnos el tiempo y los recursos para llevarlo a cabo.

Capítulo 1

Introducción

1.1. El territorio a través de los datos, la búsqueda del detalle

Conocer un área de estudio implica compaginar la información que existe sobre ella con el conocimiento de campo. Si bien este último es más preciso, el problema en zonas de estudio muy grandes es que también son necesarios los datos espaciales para complementar una visión territorial amplia, aún asumiendo un margen de incertidumbre mayor que el obtenido por la constatación física de campo. Por otra parte, los propios datos espaciales también nos dan acceso a otras facetas del territorio que, o bien ya se han perdido por la dinámica del desarrollo urbano o sencillamente no son fáciles de intuir con la observación directa. En definitiva, mediante la información disponible podemos entender el pasado, presente y futuro de un espacio, anticipando estrategias de desarrollo y mejorando la toma de decisiones.

Este contexto de manejo de información no es sencillo, en muchos casos porque el dato como tal fue generado para cumplir un propósito específico (por ejemplo la ficha catastral), careciendo de determinados aspectos que dificultan su fácil aplicación en otras facetas. Esto implica manejar estrategias paralelas que ayuden en la mejora de los datos, de tal forma que se pueda construir una infraestructura de datos más global y polivalente.

En realidad, el volumen y flujo de información que existe hoy en día en administraciones locales de cierta envergadura como, por ejemplo, el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) es sumamente grande. En nuestra opinión, este es el nivel de administración más interesante por su proximidad al ciudadano y por la capacidad de generar datos con mucho detalle, de ahí el interés de aprovechar este recurso. Sin embargo, no solo basta con crear el dato, también hay que pensar la mejor forma de mostrarlo y hacerlo accesible, dado que no todo el mundo es un experto analista de información. Por tanto, los trabajos cubren un amplio espectro de temáticas y ramas que deben ser consideradas.

Paralelamente, una de las claves en los análisis de riesgos es disponer de datos completos del territorio con la suficiente calidad y detalle, especialmente en áreas densamente pobladas y muy amenazadas, incluyendo a aquellas zonas informales aun no regularizadas y que por tanto no constan en todos los registros municipales.

Este requerimiento es uno de los mayores limitantes que tienen los trabajos centrados en esta temática, muchos de los cuales tienen que recurrir a datos generales (el punto gordo) para poder cubrir los análisis. Los resultados pueden ayudar a comprender la problemática y dificultad a la que un grupo social debe enfrentarse, pero a nuestro entender son insuficientes para el desarrollo de planes específicos de mitigación del riesgo o de respuesta a una emergencia o bien de una adecuada planificación del territorio.

Por otro lado, existe una tendencia a centrar el cálculo del riesgo en un grupo de datos determinados (población y edificaciones mayoritariamente), perdiendo de vista la importancia que tiene la ocupación global del territorio, así como los procesos que tienen lugar en él. Las interacciones entre el espacio humano y el natural, las características del primero, cómo se ocupó el territorio y cómo ha evolucionado, qué elementos rigen su desarrollo, son algunas de las cuestiones que pueden ayudar a entender mejor el espacio y, por ende, el riesgo al que está expuesto, sin olvidar que buscamos entender el territorio en su conjunto, sin distinguir entre aquello que es formal de lo informal, buscando aproximarnos al DMQ real.

1.2. Análisis espaciales

Uno de los procesos espaciales más simples y relevantes que se ejecutan en un Sistema de Información Geográfica es la transferencia de datos de una capa a otra mediante cruces espaciales. Este proceso permite, por ejemplo, que todos los puntos ubicados en el interior de un polígono puedan recibir los atributos de este último o viceversa. A efectos prácticos, es una manera rápida de transferir, por ejemplo, el nombre de la parroquia a una capa cualquiera de puntos. La condición es que ambas capas estén en el mismo sistema de proyección geográfica y que representen el mismo espacio de análisis.

Por otra parte, el problema que tiene este tipo de intercambio de información espacial es que el tiempo de procesamiento resulta extremadamente alto cuando se está trabajando con archivos muy grandes (centenas de miles o superiores al millón de datos, similares a los que cuenta el DMQ solo en términos de fichas catastrales). En este caso, el Sistema de Información Geográfica puede llegar a colapsar (bloquearse) o tomar mucho tiempo de cálculo (días), aspecto que dificulta su uso frecuente. Esto ocurre en zonas de estudio altamente pobladas como el DMQ, donde muchas capas de información que representan diversos aspectos de la realidad equivalen a archivos pesados con gran cantidad de datos.

Para evitar estos inconvenientes, hemos diseñado una serie de aproximaciones y metodologías que permiten realizar estas operaciones en un tiempo reducido, siendo incluidas en lo que hemos denominado como **Sistema Exploratorio de Análisis Espacial del Distrito Metropolitano de Quito** (SEAE-DMQ).

1.3. Qué proponemos

Este desarrollo comenzó mucho antes de nuestra incorporación al DMQ con una visión mucho más general y amplia para el territorio de Ecuador. Sin embargo, la posibilidad de trabajar directamente en un municipio importante nos ha permitido adaptar de forma más precisa la metodología a datos con mucho mayor detalle, así como generar indicadores específicos que no podrían obtenerse con una visión más amplia.

De esta forma, el SEAE-DMQ responde a un **conjunto de metodologías de análisis espacial** lo suficientemente flexibles para combinarse en función de las necesidades (objetivos o metas que se quieren alcanzar), **basadas principalmente en el conocimiento técnico (manejo de herramientas) y del territorio por parte del usuario que las opera.**

Entender el tipo de dato, su flujo, su organización, tipos de procesado, capacidades de combinación y lo que nos dicen sobre el territorio es una parte fundamental del concepto del SEAE-DMQ, así como saber adaptarse a las distintas necesidades y demandas que puedan surgir en un momento dado en la estructura local donde se implementa. También, hay que señalar que la metodología se centra en el análisis de datos estructurados, por oposición al *big data*, lo que no excluye que puedan incorporarse resultados de este último.

A todo lo anterior hay que añadir que el SEAE-DMQ también se apoya en otros desarrollos paralelos que estamos llevando a cabo. Mediante ellos generamos nuevos datos que, o bien se incorporan o bien se combinan con el SEAE-DMQ, de tal forma que se enriquece mucho más los resultados finales.

Esta propuesta, en general, combina el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con desarrollos propios, utilizando para ello archivos planos (*.csv separados por espacio o puntos y coma) conjuntamente con otros tipo raster (Golden Surfer Binary, *.grd). También hay que indicar que toda la propuesta está basada en Software Libre, bien de aplicaciones de terceros o mediante los scripts y programas específicos que desarrollamos, dado que la misma está diseñada para operar en un sistema GNU/Linux¹.

1.4. Objetivos

El SEAE-DMQ tiene un objetivo multipropósito, donde el análisis y gestión del riesgo se plantea como el punto de partida del desarrollo de la metodología, pero que luego se convierte en uno más entre la multidimensionalidad de los objetivos posibles. En general, podemos distinguir dos grandes ámbitos, uno estratégico y otro operativo.

- Desde un punto de vista estratégico, el objetivo principal del SEAE-DMQ es ayudar a entender los temas relacionados con el territorio, ya sea para su desarrollo o para la atención emergente de problemas específicos, utilizando para ello la mejor información disponible en el DMQ. Paralelamente, el hecho de facilitar la concentración de información y el acceso a ella, también está orientado a “demostrar” el uso de datos en la toma de decisiones. En este contexto, el manejo

¹<https://es.wikipedia.org/wiki/GNU/Linux>

de datos debe llevarse a cabo con una visión más amplia, o lo que es lo mismo, las diferentes instancias administrativas deben manejar muchos más datos que los suyos propios para una correcta toma de decisiones, sin que ello implique la necesidad de fabricar todos los datos por sí mismas, más allá del ámbito de sus competencias.

- Desde un punto de vista operativo, el objetivo del SEAE-DMQ es poder realizar cruces espaciales y transferencia de datos en corto tiempo y de forma automatizada, de tal forma que sea viable el procesamiento constante del DMQ, considerando múltiples indicadores espaciales. Al mismo tiempo, esta operación se realiza recursivamente sobre diferentes Unidades de Análisis Espacial (UAE) de distinto tamaño y propósito, algunas adaptadas a la comprensión del DMQ, otras, más pequeñas, destinadas a evaluar condiciones específicas (una emergencia, la instalación de Guaguacentros, el desarrollo de una obra, etc.).

Como objetivos específicos para el SEAE-DMQ se plantean los siguientes:

- Conocer el DMQ a través de los datos espaciales de la forma más integral y actualizada posible, sin que existan restricciones que entorpezcan el intercambio de datos y análisis de la información por requerimientos administrativos.
- Conocer el DMQ real, más allá del representado en la data municipal o nacional (oficial), incorporando otras fuentes validadas, a las que se aplica un proceso de enriquecimiento mediante análisis y metodologías específicas, por ejemplo, adición de elementos de otras fuentes de información para completar los datos.
- Disponer de una visión alternativa a la obtenida a partir de información estrictamente oficial, que pueda servir de contraste y apoyo a la toma de decisiones. Hay que considerar que actualmente lo oficial no refleja necesariamente la ciudad real.
- Mejorar la colaboración técnica entre las distintas entidades municipales mediante el acceso e intercambio de información, así como facilitar las estrategias de ayuda que se puedan requerir en cada ámbito, sin que éstas tengan necesariamente que pedirse constantemente mediante consultorías externas.
- Ofrecer una rápida respuesta ante necesidades específicas de información en áreas concretas a partir de datos espaciales.
- Simplificar la manipulación de los datos para reducir el impacto que puedan tener algunas deficiencias en origen, donde son generados, lo que no excluye que puedan aplicarse líneas de trabajo y colaboración que mejoren progresivamente la información allí donde se elabora.
- Facilitar la interconexión de múltiples indicadores que pueden ser agrupados por temática.
- Generar indicadores específicos mediante cálculos a partir de otros disponibles.

- A partir de un proceso de capacitación, mejorar la capacidades técnicas del personal municipal e integrar las metodologías en las rutinas de análisis del DMQ que realizan periódicamente, empezando en el ámbito de la gestión de riesgos, por ser el punto de partida del SEAE-DMQ.

1.5. Estrategias de difusión y recursos complementarios

El trabajo realizado sigue dos grandes estrategias de difusión, las cuales se describen a continuación:

- Una centrada en los datos, que pueden ser explotados por múltiples instancias municipales y colectivos para la mejora de la investigación, planificación y toma de decisiones de la ciudad, aspecto fundamental dada la situación de crisis económica actual en la que vive el DMQ a raíz de la pandemia generada por la COVID-19.
- Otra centrada en la metodología y las posibilidades de implementarla en otros lugares, con el fin de lograr productos similares y ampliar la colaboración inter-institucional.

Para una y otra se han generado recursos específicos que suponen una ayuda y guía a la hora de trabajar siguiendo los preceptos de la metodología propuesta.

1.5.1. Los datos

Por datos nos referimos a los productos procesados por el SEAE-DMQ, los cuales **carecen de información personal y se muestran en forma agregada a modo de indicadores** en Unidades de Análisis Espacial (UAE, subdivisiones del territorio del DMQ).

Para acceder a los datos se utilizará el Geoportal del Gobierno Abierto perteneciente a la Secretaría de Planificación del DMQ², donde irán acompañados de una breve ficha descriptiva, si bien no se descarta también otros alojamientos institucionales.

1.5.2. Metodología

Los datos tendrán como principal recurso de apoyo el presente informe técnico, el cual estará accesible desde la página web del Observatorio Metropolitano de Seguridad Ciudadana³ perteneciente a la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad. Mediante los datos y este reporte, esperamos facilitar el uso de la información y su aplicación en el contexto del DMQ.

²http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/?page_id=1114

³<http://www.omsc.quito.gob.ec/>

Paralelamente, los autores han creado un espacio en GitHub⁴ diseñado específicamente para compartir y mejorar el software desarrollado **en su versión genérica** (no la adaptada al DMQ), constituyendo un elemento base para entender la metodología y las posibilidades de implementarla en cualquier entorno. El lugar escogido es ampliamente reconocido por la comunidad de Software Libre y la estrategia a la hora de crear el sitio está alineada con las directrices recogidas en el Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, en el apartado Segundo referido a las tecnologías libres y formatos abiertos y más concretamente al artículo 142⁵. En él se mencionan textualmente las siguientes libertades:

- La libertad de ejecutar el software para cualquier propósito;
- La libertad de estudiar cómo funciona el software, y modificarlo para adaptarlo a cualquier necesidad. El acceso al código fuente es una condición imprescindible para ello;
- La libertad de redistribuir copias; y,
- La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros.

Todo ello implica también el acceso libre a toda la documentación que permita su comprensión y manejo, lo que deriva en una página de apoyo externa que permite, de una forma más general (no centrada en el DMQ), documentar en detalle el uso y aplicación del mismo y cuya dirección es <https://sites.google.com/views/territorio-y-riesgos>. El motivo de combinar estrategias institucionales de difusión y acceso con otra de tipo personal obedece al carácter de investigación que mantiene esta iniciativa, pensada para poder continuarla en el tiempo y dar la posibilidad de aplicarla en otros entornos, de la misma forma que su base teórica fue iniciada con anterioridad a nuestro paso por el DMQ.

Es importante señalar que el desarrollo del software que acompaña a la metodología **se enmarca dentro de las directrices y lineamientos de los procesos de investigación** y no en los de gestión, por lo que su tratamiento es totalmente distinto.

1.6. Consideraciones

Habitualmente la gestión se piensa desde la planificación y acción, sin embargo, existe cierto déficit a la hora de tomar decisiones basadas en información. La municipalidad, dentro de sus líneas estratégicas, ha querido incluir la visión académica para fortalecer sus propias decisiones, de ahí el desarrollo de esta metodología. Es por ello que esta iniciativa tiene un carácter de investigación y, por tanto, su finalidad y filosofía son diferentes a los desarrollos informáticos habituales que se llevan a cabo desde las entidades municipales, a excepción seguramente de aquellas que tienen por objetivo generar visiones y planes de largo plazo. Sin embargo, creemos que es importante disponer de esta visión paralela y no tan común en el entorno institucional, como apoyo a cualquier toma de decisión.

⁴<https://github.com/jose-m-marrero/TerritorioYRiesgos>

⁵<https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/software-libre-y-software-publico-2/>

Debido a ello, el origen de los datos es variado, esto es, no necesariamente de “fuentes oficiales”, dado que uno de los objetivos primordiales es conocer el DMQ real lo más actualizadamente posible para mejorar la planificación del territorio y la gestión del riesgo. Esta postura implica aceptar cierta incertidumbre en los resultados finales, factor que, por otra parte, también está presente en la información oficial, dado que los datos carecen en su mayoría de controles de calidad y no se conoce el grado de errores que tienen. Paralelamente, algunos de los indicadores desarrollados son meramente experimentales y su validez requiere comprobación y testeo constante mediante otras fuentes de información, incluido el trabajo de campo y la discusión con los responsables de los procesos.

Además, los efectos de la pandemia por la COVID-19 han generado importantes cambios en muchos ámbitos, afectando también a los datos, por lo que habrá que tener siempre muy en cuenta si nuestra información es anterior o posterior al inicio de este evento. Por ejemplo, en el apartado comercial se han cerrado muchas entidades, otras han abierto, por lo que la realidad actual puede ser bastante distinta a la que existía antes de marzo de 2020.

La aplicabilidad o validez de algunos de los indicadores está condicionada a la escala de análisis utilizada y las características de las UAE, por ejemplo, a pequeñas escalas todos los indicadores disponibles tienen sentido, sin embargo, cuando la escala se incrementa (mayor detalle) algunos pueden llegar a ser poco útiles. Es algo que el usuario debe considerar. De ahí la importancia de conocer el dato y el proceso que lo genera, para así manejarlo e interpretarlo correctamente.

En ocasiones no disponemos de una versión reciente de la información, sin embargo, igualmente utilizamos una capa más antigua para incorporarla al sistema y a la programación, facilitando el proceso de desarrollo. Es la forma en la que hemos ido construyendo la estructura de datos para el DMQ. Del mismo modo, no todas las capas cubren al 100 % el territorio del DMQ, la mayoría se centran en la zona urbana, por lo que la ausencia o presencia de valores muy bajos en zonas rurales puede obedecer a esta realidad, en vez del hecho de que no exista un servicio dado o cualquier otro elemento analizado.

Desde el punto de vista de los tiempos necesarios para realizar análisis, si los datos ya están presentes en el sistema, son muy cortos. Los problemas pueden surgir a la hora de incorporar nuevos datos, de tal forma que, cuanto mayor calidad tengan en origen, más rápido estarán disponibles. Sin embargo, en condiciones no óptimas puede tomar semanas definir estrategias para mejorar dichos datos, a veces porque es necesario georeferenciarlos, otras porque tienen errores en su estructura, etc. En definitiva, el producto final puede ser nuevo indicador en una columna, pero el esfuerzo para conseguirlo puede llegar a ser notable, si bien, son elementos que no se evidencian directamente en los análisis.

Los datos originales de entrada son sometidos a un pre-procesado inicial que los despoja de cualquier dato personal, con el fin de preservar el derecho a la intimidad y evitar cualquier tipo de conflicto. Por otra parte, la mayoría de datos en origen ya carecen de este tipo de información, por lo que no deberían representar ningún problema a la hora de compartirlos con entidades municipales o terceros (universidades y centros de investigación). En nuestro caso, solo compartimos el resultado del análisis. Todo ello deriva de un proceso totalmente abierto y en constante modificación periódica,

tanto a nivel metodológico como de nuevos datos.

Toda la cartografía se representa en coordenadas métricas internacionales, en este caso WGS84 UTM 17S. Esto facilita los cálculos a realizar así como el intercambio de información entre distintas fuentes y usuarios.

Capítulo 2

Procesando el DMQ, aspectos generales

Dada la complejidad del DMQ, se necesita un instrumento que permita analizar la información de forma contrastada e incluyente para la planificación y para tomar decisiones informadas. En ocasiones, estas respuestas deben ser obtenidas rápidamente debido a las frecuentes emergencias de distinta índole que se dan en el DMQ o a las dinámicas sociales que exigen respuestas rápidas o soluciones a temas postergados largamente debido, en parte, precisamente a la falta de información global completa.

Al mismo tiempo que damos apoyo a procesos de emergencias, también seguimos una estrategia más global en la que tratamos de ver o evaluar los problemas desde una óptica más general (el problema no es que una casa haya sido afectada por una inundación, sino cuántas de ellas están en peligro constante de inundación y las causas). Viendo la situación global, podemos diseñar políticas y adaptar presupuestos a futuro, de ahí la importancia de tratar de llegar a ver por encima del día a día.

2.1. Importancia de automatizar procesos para interpretar el territorio

En respuesta a las actividades cotidianas, en el Municipio se genera información importante mediante distintas herramientas y sistemas, a lo que hay que sumar la cartografía temática y específica que se actualiza periódicamente en las administraciones y entidades correspondientes.

Es una cantidad amplia de datos con estructuras y características diversas que requieren, en muchas ocasiones, tratamientos de mejora previos para que puedan ser fácilmente procesados y utilizados en otro tipo de análisis, distintos a los que originalmente fueron diseñados.

Por otra parte, las operaciones que forman la base del SEAE-DMQ propuesto requieren repetirse una y otra vez cada vez que se actualizan datos o se incorporan otros nuevos. Esto hace necesario cierto nivel de automatización donde, además, las operaciones de cálculo deban tomar poco tiempo de procesamiento. Así, se puede mantener una respuesta constante del sistema con la última información disponible.

Dentro de las estrategias de automatización, un aspecto clave es ser capaces de

mantener cierta consistencia en la información origen, esto es, que se respete la estructura de atributos a lo largo de las versiones y actualizaciones. Cuando esto no ocurre, el fichero cambia totalmente respecto a su versión anterior, en el mejor de los casos pueden haber retrasos a la hora de incorporarlo en el SEAE-DMQ, en el peor puede perderse la retro-compatibilidad con procesos o análisis hechos con anterioridad. Este aspecto depende de los centros de generación de la información cotidiana y es un elemento que debe trabajarse con cierta coordinación para mantener la efectividad del sistema o cualquier nivel de automatización en general.

2.2. Definición de Unidades de Análisis Espacial (UAE)

Las necesidades en el DMQ por parte de las diferentes instituciones responsables de su gestión pueden ser muy variadas, con análisis a nivel global o bien particulares. Estas circunstancias cambian constantemente la escala de análisis del territorio, lo que plantea un sistema que tenga la suficiente flexibilidad para adaptarse a esta realidad.

Así, cuando hablamos de un análisis espacial siempre debe definirse con antelación la unidad o zonas en las que ese espacio va a ser dividido. En el caso del DMQ existen una serie de “zonificaciones” que obedecen a aspectos administrativos o estadísticos, por ejemplo, las administraciones zonales, parroquias, etc. Por otro lado, también pueden existir divisiones parciales o totales del terreno con propósitos específicos, por ejemplo, las geocercas, centralidades, etc. Una vez que se tiene clara la UAE a utilizar, entonces se propone el método a seguir para analizar dicho espacio.

Uno de los análisis más simples es contar el número de elementos contenidos en cada UAE, por ejemplo, el número de personas o las edificaciones donde viven. A partir de ese dato pueden calcularse otros, entre ellos, la densidad de población por área o por área construida. En definitiva, para llevar a cabo el procesado de datos necesitamos dos elementos, el espacio de análisis y el dato que sirve como entrada, si bien algunas estrategias solo relacionan datos entres si.

2.2.1. Diferencias entre una UAE y una capa-raster

La diferencia entre una UAE y una capa-raster no radica en el formato del archivo, dado que ambos usan el mismo, sino en el valor que utilizamos para rasterizar cada una. En el primer caso, la UAE, el objetivo es que cada polígono este perfectamente identificado con un valor único. Esto quiere decir que si existen 10 polígonos, cada uno de ellos deberá tener un número diferente al resto. Por el contrario, para la capa raster lo que buscamos no es el polígono, sino la categoría que lo define. De esta forma, muchos polígonos pueden tener el mismo valor, lo que daría lugar a una mancha de celdas más amplias.

A modo de ejemplo, podemos usar la capa poligonal que representa el PUOS 2018. Si procedemos a usarla como UAE, entonces usaremos un ID único para el rasterizado. En los procesos de análisis, lo que evaluaremos será el contenido de cualquier capa vectorial que está dentro de cada uno de estos polígonos, generando indicadores que la describan. Esto permitiría, por ejemplo, determinar si el tipo de clasificación

de uso de suelo asignado es coherente con el desarrollo que se ha producido en la UAE.

En el proceso contrario, usar la capa del PUOS 2018 como una capa raster, tendríamos que usar la columna que representa el tipo de clasificación de uso de suelo, asignando a cada una un valor numérico que la represente como una categoría o diccionario. Esto daría como resultado muchos polígonos con el mismo valor, por ejemplo, todos aquellos que fueran suelo urbano residencial tendrían el mismo número. De esta forma, al usar esta capa con este propósito el análisis sería totalmente distinto. En cada UAE evaluaríamos la cantidad y el porcentaje de superficie ocupado por un tipo de uso del suelo determinado, o bien lo transferiríamos a un elemento puntual situado en su interior.

Hay, pues, que tener claro cuando vamos a crear una UAE o una capa raster, de otra forma los productos resultantes podrían ser incoherentes. Del mismo modo, la UAE no necesita un archivo de categorías asociados, solo el vectorial con las características de cada uno de los polígonos. La capa raster, por el contrario, si necesita el archivo de categorías que define los distintos tipos de polígonos o espacios a considerar.

2.3. Sistema vs Usuario

Sistema o **Usuario** son dos palabras que utilizamos para distinguir el modo de trabajo a nivel metodológico. En el primer caso, conocemos los datos de entrada, qué son, el orden con el que se leen, etc, de tal forma que el software puede actuar de forma específica para procesarlos y obtener indicadores a partir de su combinación, generando un archivo de salida con una estructura conocida. De esta forma, podemos sacarle mucho más partido a los datos. Por contra, no podemos añadir otros nuevos a no ser que modifiquemos el código de programación.

En modo *usuario* los datos pueden ser de cualquier tipo, esto es, el software actúa de forma general procesando los datos según el orden dado en el archivo de configuración, pero sin conocer en realidad que son. Es por ello que el análisis es más limitado, si bien tiene la ventaja que puede adaptarse a cualquier lugar, no pueden crearse indicadores específicos mediante la combinación de los datos de entrada.

Un tipo y otro están claramente diferenciados en la estructura de carpetas donde almacenamos los datos de entrada y, para facilitar la gestión del software, también en algunos casos hemos dividido la aplicación según cada grupo.

2.4. Flujos de información en el análisis espacial

Como hemos explicado anteriormente, habitualmente pensamos en analizar la UAE, esto es, caracterizarla a través de los elementos contenidas en ellas. Así, la dirección de la asignación de información va desde el dato considerado hacia la UAE.

Del mismo modo, se pueden plantear flujos de información inversos, desde la UAE hacia la capa vectorial, por ejemplo, en qué parroquia está ubicado cada elemento.

Considerando estas posibilidades, se han diseñado distintas estrategias operacionales que el usuario puede escoger a la hora de interactuar con el SEAE-DMQ y que son descritas en el siguiente capítulo.

2.5. Flujos de información en su organización

Para organizar los datos espaciales y alfanuméricos, especialmente cuando se quiere manejar una gran cantidad y variedad de ellos, es necesario disponer de una estrategia de almacenamiento, para la cual se proponen tres niveles. Hay que aclarar que hoy en día es común organizar los datos geográficos en geodatabases, sin embargo, la metodología que proponemos se centra en operar sobre las capas a nivel individual, lo que implica que deben estar adecuadamente organizadas a nivel de directorios y archivos. Uno de los motivos es que realizamos análisis en aplicaciones independientes (fuera del SIG) y además no usamos una base de datos para ello.

Si se piensa desde el punto de vista del riesgo y sobre todo en emergencias, esta organización de los datos es imprescindible. En situaciones de emergencia no se puede perder tiempo buscando donde está la información porque no existe una estructura clara de almacenaje. En estas condiciones el cerebro no piensa bien bajo presión por lo que, lo más probable, es que no encontremos lo que buscamos. Por ello, hay que ser muy estrictos con la gestión de los datos, considerando una serie de aspectos:

- Hay que conocer los datos, abrirlos, ver que tienen, como están y guardarlos individualmente (el archivo) en el directorio correspondiente. No se puede hacer bien esta labor si no se conoce la información porque nunca se abre.
- La apertura de los ficheros también dará una idea para determinar la importancia que pueda tener la información y si son necesarios arreglos mínimos (por ejemplo un cambio del sistema geográfico de proyección) o bien desarrollos más importantes para poder trabajar con ellos en mejores condiciones.
- Definir los flujos de información considerando de dónde viene, quien la genera, donde la envía o desde donde se descarga, donde se guarda, donde se generan las copias alternativas una vez se han procesado, etc. Esto puede implicar servidores intermedios, si bien los datos deben estar siempre disponibles en local para garantizar el acceso a los mismos en casi cualquier circunstancia.
- Preparar una estructura de carpetas que sea lo más intuitiva posible para almacenar los datos cartográficos, esto es, que la misma pueda llevarte hasta el archivo que necesitas sin tener que saber de memoria su posición. Esta estructura tiene la ventaja de poder compartirse con otros compañeros y así facilitar el uso de datos sin que dependa del conocimiento de una sola persona.
- Preparar una estructura de carpetas para almacenar los datos a procesar, cuyos criterios son totalmente diferentes, pues obedecen a las necesidades de los archivos de entrada del software desarrollado.

- Para los nombres de archivos y carpetas utilizar caracteres estándar, evitando "ñ", acentos y espacios. La mala costumbre de nombrar de cualquier forma los archivos no es admisible, debido a los problemas que puede generar cuando se programa.

Capítulo 3

Principales elementos del SEAE-DMQ

3.1. Características generales del SEAE-DMQ

El SEAE-DMQ es un compendio de metodologías y aproximaciones geográficas cuya base ha sido desarrollada mediante la combinación de dos lenguajes de programación C ([Kernighan and Ritchie, 1998](#)) y Python ([van Rossum, 1995](#)), siguiendo programación estructurada adaptada a GNU/Linux. Este desarrollo está apoyado por una serie de herramientas que ayudan en operaciones específicas (preparar los formatos de entrada, reproyectar y generar el formato *.grd para raster, etc.). Algunas de ellas incluso permiten la representación final de los resultados obtenidos.

El SEAE-DMQ ha sido desarrollado en un computador personal Core i7[®] con Ubuntu 20.04 ([Sobell, 2015](#)), con 12 Gb de memoria RAM, Qgis 18.x como Sistema de Información Geográfica ([QGIS Development Team, 2016](#)) y Geany 1.36 como IDE de programación. Este sistema, por tanto, puede operar en local mediante línea de comandos o bien en una máquina virtual para hacerlo accesible a más personas. Es un sistema extremadamente flexible que se adapta a los tipos de datos existentes, así como a las necesidades del lugar donde es implementado. Es un sistema escalable, en el sentido que puede ir incrementándose progresivamente con nuevos módulos o maneras de combinar la información de cara a resolver preguntas cada vez más complejas relacionadas con el desarrollo o la gestión del territorio.

3.1.1. A quien está dirigido el SEAE-DMQ

El SEAE-DMQ esta pensado como un sistema de análisis de gran cantidad de datos espaciales que puede trabajar a diversas escalas y en poco tiempo. Los usuarios prioritarios a los que va dirigido son los técnicos municipales de cualquier administración encargados o responsables del manejo de datos espaciales. Sin embargo, desde el punto de vista de los resultados, también está pensado como una herramienta de consulta directa de información por cualquier integrante del municipio, especialmente aquellas personas responsables de tomar decisiones.

Otro aspecto a considerar que creemos relevante y necesario para la consolidación del sistema, es la posibilidad de abrirlo a entidades universitarias y de investigación con el fin de crear sinergias de apoyo que garanticen una mejor difusión de la información y potencien los estudios, especialmente considerando la situación tan compleja

que se ha generado como consecuencia de la pandemia generada por el COVID-19. No pretendemos que el SEAE-DMQ proporcione todas las respuestas, pero si que sirva de base para que otros puedan llegar a ellas, de ahí la estrategia de difusión que se ha diseñado (ver 1.5).

3.1.2. Productos o servicios esperados

Los productos generados por el SEAE-DMQ son principalmente capas cartográficas que pueden ser tratadas por igual, a nivel espacial o estadístico, según los objetivos del usuario. También, estos productos pueden ser considerados como una base para investigaciones o proyectos más complejos que requieran metodologías más específicas.

El manejo de datos no es una cuestión sencilla, pero con capacitación puede integrarse fácilmente el cualquier grupo técnico. Del mismo modo, los datos obtenidos también requieren cierto entrenamiento para que puedan ser correctamente manejados y entendidos.

3.1.3. Requisitos técnicos, funcionales y tecnológicos

A priori el SEAE-DMQ puede operar desde un simple computador que cuente con más de 8 Gb de Memoria RAM (lo ideal son 32) y, al menos 1 Tera de capacidad de almacenamiento. La memoria RAM resulta crítica en determinados procesos, por lo que su disponibilidad condicionará también el número de usuarios que puedan utilizar el sistema de forma simultánea para realizar análisis espaciales (hay operaciones que no requieren consumos importantes). Hasta ahora, las operaciones que se llevan a cabo pueden llegar a consumir más de 2 Gb de memoria RAM, especialmente cuando se tiene que cargar raster de alta resolución.

El almacenamiento, por contra, está asociado a la cantidad de datos cartográficos disponibles así como a los resultados que se van obteniendo. Algunas capas son ligeras pero otras ocupan un espacio importante en el disco duro. Es por ello que lo ideal es disponer de 1 Tera (no hay que olvidar lo que ocupa el sistema y las aplicaciones) y poder ampliarlo con el tiempo.

3.1.4. Personal técnico

El estado actual del SEAE-DMQ es para operar en línea de comandos, lo que no excluye la posibilidad de crear interfaces de usuario específicas que faciliten su uso. A parte de lo anterior, los esfuerzos de mantenimiento se centran en dos aspectos, la mejora continua del software y la integración constante de datos. En este sentido, hay operaciones que son sencillas, como la de agregar nuevos datos de análisis, sin embargo, si queremos adicionar nuevos datos de entrada en modo sistema, entonces tenemos que modificar la programación.

Si el diseño final tiene en cuenta este tipo de requisitos y se optimiza adecuadamente, esto podría reducir considerablemente las necesidades de mantenimiento en general del SEAE-DMQ. Pese a todo, como equipo base se recomendaría la combinación de un técnico en sistemas con un geógrafo que haya recibido una adecuada

capacitación sobre el funcionamiento, especialmente a nivel de diseño de algoritmos. Así, la combinación de ambos perfiles garantizaría la continuidad del sistema y, sobre todo, su constante actualización.

3.2. Formatos de los archivos de entrada y salida

En el mundo de los sistemas de información geográfica existen dos grandes tipos de datos para representar la realidad, los datos vectoriales¹ y los de tipo raster². Los primeros están constituidos por puntos, líneas y polígonos expresados por sus relaciones matemáticas. Los segundos son una red o malla de celdas (píxeles) donde cada una expresa un valor asignado del atributo que representan.

El SEAE-DMQ opera con ambos utilizando formatos estándar ampliamente conocidos. Así, para el formato raster utiliza **.grd* binario (Golden Software Inc., 2002), presente en la gran mayoría de Sistemas de Información Geográfica. Es un formato fácil de leer, de ahí su elección. De igual forma, para el resto de información se utiliza el **.csv*³, archivos separados por comas, punto y coma o espacios. Estos archivos son adecuadamente organizados en estructuras de directorios para que sean posteriormente leídos por los programas.

3.3. Algoritmo point-in-polygon

Los cruces espaciales entre capas geográficas constituyen una operación que está presente en todos los Sistemas de Información Geográfica. Uno de los procesos más comunes es el denominado “point-in-polygon” (Preparata and Shamos, 1991) que consiste en determinar si un punto en el espacio está contenido, intersecta o está fuera de un polígono dado. Para resolver este problema existen diversas aproximaciones expresadas en forma de algoritmos (Huang and Shih, 1997). Estos algoritmos abordan distintos aspectos, sin embargo, los orientados a trabajar en forma vectorial suelen ser los que más tiempo de cálculo necesitan cuando las capas geográficas están constituidas por centenas de miles de elementos. Esta circunstancia hace que no resulte fácil llevar a cabo estos cruces espaciales en computadores personales.

Aprovechando las capacidades de los computadores actuales, se ha desarrollado una variante del método propuesto por Nordbeck and Rystedt (1967) implementada en el lenguaje de programación C. Este método utiliza como aproximación el raster y presenta un compromiso entre tiempo de cálculo, eficacia y validez de resultados. El método nos permite procesar archivos muy grandes, de millones de elementos, en segundos, haciendo viable el análisis constante del área de estudio, en nuestro caso el DMQ. El limitante actual, en realidad, está relacionado por la cantidad de memoria RAM disponible en el sistema en el que opere, dado que la capacidad de proceso de los computadores personales es suficiente para trabajar a nivel de municipio con gran escala de detalle. Estas técnicas ya fueron inicialmente probadas por el grupo de

¹https://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A1fico_vectorial

²https://es.wikipedia.org/wiki/Imagen_de_mapa_de_bits

³https://es.wikipedia.org/wiki/Valores_separados_por_comas

trabajo en el GAD de Portoviejo tras el terremoto del 16 de Abril de 2016 ([Marrero et al., 2019](#)), especialmente centradas en mejorar la geocaliación de los datos relacionados con el impacto causado en edificaciones.

3.3.1. Manejo de la incertidumbre

Este método requiere dos tipos de conversiones, una de vector a raster para las entidades poligonales que actúan como UAE y otra a nivel vectorial en entidades puntuales para todas las capas que se usarán en el cruce espacial, ya sean de origen poligonal o lineal.

La incertidumbre del algoritmo viene dada inicialmente por la conversión de vector a raster, es decir, cómo un polígono vectorial base puede ser dibujado a nivel de mosaicos. Hace años, las capacidades de los computadores obligaba a trabajar con resoluciones bajas, lo que generaba un gran nivel de incertidumbre debido a que la réplica poligonal quedaba representada con unos límites muy groseros en forma de sierra. La Figura 1 muestra claramente como se incrementa la precisión en el dibujo a medida que aumentamos la resolución del raster (un mismo espacio lo dividimos en un número mayor de celdas de tamaño más reducido). Cuanto peor es la resolución, más probabilidades hay que los puntos situados en los límites sean evaluados erróneamente y viceversa.

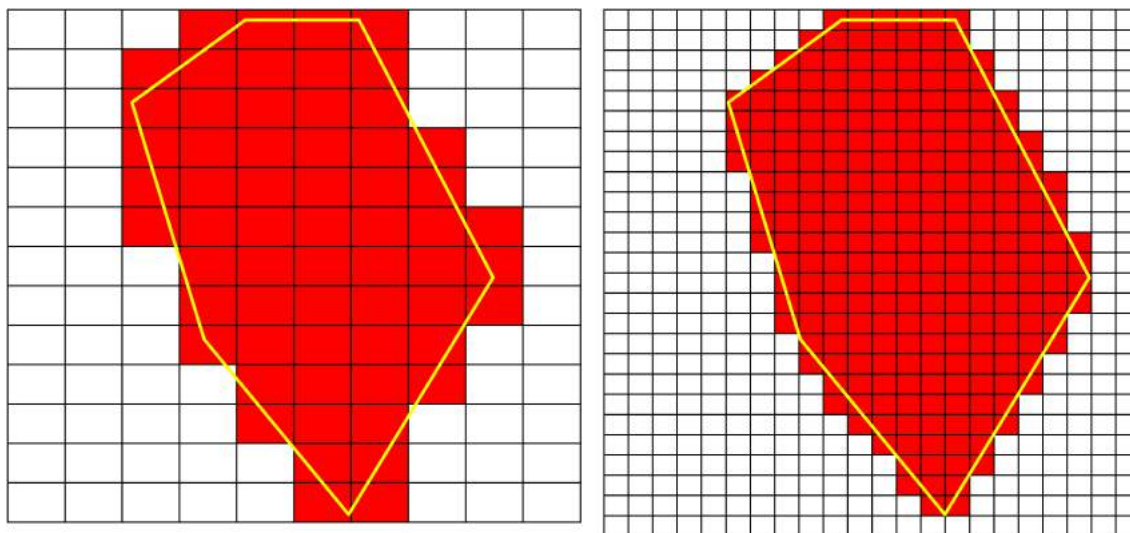


Figura 1: Conversión vector a raster de un polígono base, cuanto mayor es la resolución más similar es el polígono a representar.

Hoy en día, los computadores tienen una gran capacidad de cómputo y de memoria, incluso los personales, lo que permite generar rasters de gran resolución. La aproximación en el SEAE-DMQ a nivel del DMQ utiliza 2 m para elementos pequeños (edificaciones y lotes) y entre 5 y 6 metros para entidades geográficas administrativas. En los casos donde se analiza un área más limitada, entonces podemos usar 1 m de resolución o menos, dado que el tamaño del raster final es perfectamente gestionado por la capacidad del computador.

3.3.1.1. Parámetros de manejo de la incertidumbre

Dentro de los desarrollos paralelos al SEAE-DMQ destaca sobre todo el que se lleva a cabo con los datos catastrales para generar modelos de exposición multipropósito y multipeligro.

En este caso las UAE son de reducido tamaño (lotes y edificios), por lo que se han diseñado funciones específicas orientadas a reducir la incertidumbre del algoritmo o, al menos, a identificar aquellos elementos situados en las zonas limítrofes (Figura 2). Estas aproximaciones se centran en evaluar las 8 celdas contiguas donde se sitúa el elemento analizado y no solo aquella donde se sitúa. En función de los resultados obtenemos las siguientes opciones procedimentales:

- **Si el elemento analizado está en el interior de una UAE.**

- Todos los valores al rededor son nulos, no es un caso común pero a veces se da por alguna anomalía en el raster. En este caso se mantiene el valor de la celda central.
- Tiene valores al rededor, todos son iguales al de la celda central, se mantiene el valor, es la condición más óptima.
- Tiene valores al rededor, hay valores distintos a la celda central, se escoge el que más se repite.

- **Si el elemento analizado está en el exterior de una UAE.**

- No encuentra nada, se mantiene como valor nulo.
- Si encuentra valores próximos y todos son iguales, se escoge dicho valor.
- Si encuentra valores próximos y todos son distintos, se busca el más repetido y se escoge.

Este procedimiento implica la adición de una columna específica que caracteriza la opción final escogida de tal forma que, en los datos de salida, pueden realizarse selecciones específicas, realizar revisiones visuales o bien eliminarlos de cualquier cálculo si, por ejemplo, solo se buscan los valores más consistentes.

Si bien este proceso se aplica en el catastro, lo indicamos aquí también dado que muchos de los indicadores presentes en el SEAE-DMQ provienen precisamente de esta fuente de información.

3.3.2. Fases de operación del algoritmo

En líneas generales, el algoritmo implementado opera siguiendo estas fases:

- Considera si el punto está en el raster o no.
- Evalúa en que celda del raster esta situado el punto
- Determina si esa celda pertenece a un polígono o no.

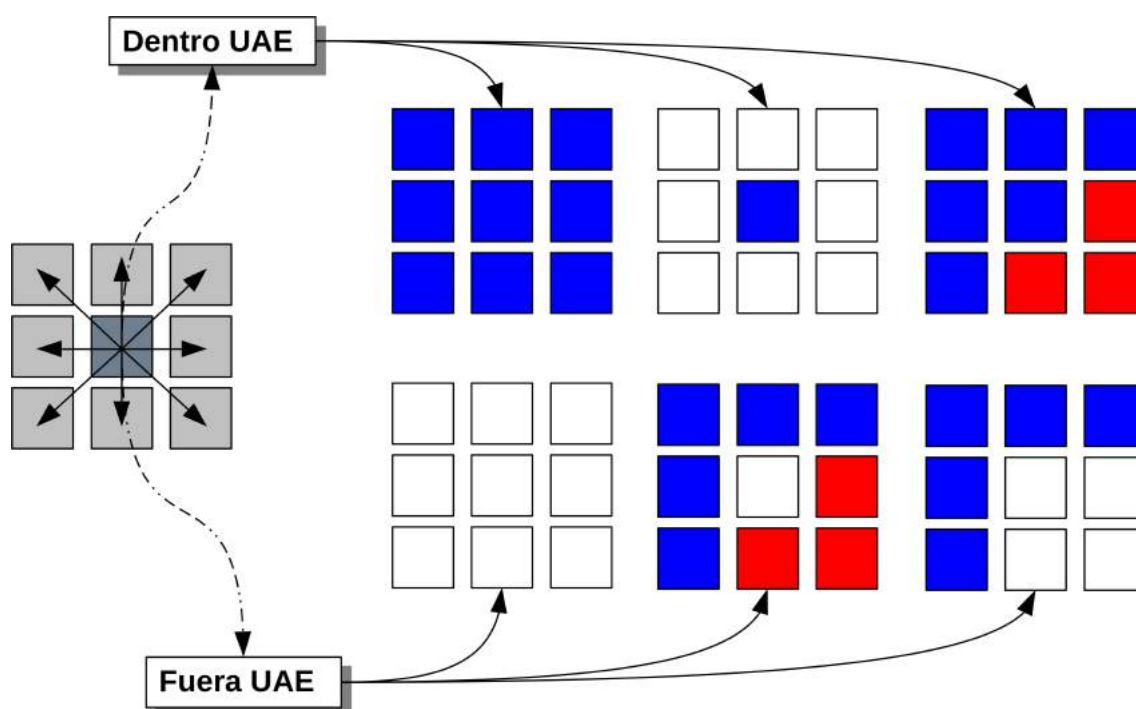


Figura 2: Evaluación de la posición de un punto en función de las condiciones presentes en su vecindad.

- Si está en zona límite, busca una posible relocalización.
- Transfiere el valor numérico del polígono al punto.
- Transfiere los atributos del polígono al punto.

Los tiempos necesarios para realizar estas operaciones están en función del número de elementos vectoriales que se desean analizar, no es lo mismo una capa que contenga unas pocas decenas que otra que implique algunos millones, si bien lo que más incrementa el tiempo es una capa UAE con muchos elementos (por ejemplo cuando aplicamos una cuadrícula sobre el DMQ).

3.4. Algoritmo por proximidad

El otro nivel de análisis implementado se aplica cuando solo intervienen datos de tipo vectorial. En este caso la aproximación es sencilla, para cada punto de una capa calculamos todos aquellos de la otra que están situados a una distancia de búsqueda establecida o bien considerando solo el que se encuentre mas próximo. Para ello recurrimos a la fórmula que nos permite calcular dicha distancia lineal:

$$Distancia = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$$

Donde $x1$ e $y1$ son las coordenadas del punto 1 y $x2$ e $y2$ las del punto 2 y $\sqrt{}$ la raíz cuadrada del resultado. Lo más importante a considerar en este caso es que usamos distancia lineal en 2D, por lo que radios de búsquedas grandes pueden no

tener sentido en el contexto real de una ciudad: dos puntos pueden estar relativamente próximos en distancia pero totalmente desconectados desde el punto de vista del entramado viario o por obstáculos naturales. Importante indicar que se opera siempre en metros.

3.5. Estrategias de trabajo

Las estrategias de trabajo están ligadas al flujo de información y dependen de los objetivos que busque el usuario, donde también influye su perfil profesional. Estas buscan fortalecer los lazos de colaboración entre el personal técnico y, por ende, de las instituciones, no solo mediante el uso, sino también con la posibilidad de participar aportando información, actualizando la ya existente o solicitando ayuda específica para algún tipo de análisis. En base a estas necesidades podemos distinguir los siguientes esquemas, que obviamente no son excluyentes, sino que pueden ser combinados:

1. **Consulta y descarga de datos ya procesados.** Esto implica la visualización de datos espaciales y de gráficos estadísticos. También la posibilidad de descargar los datos para uso local.
2. **Envío de archivos para que sean incluidos en el SEAE-DMQ.** Estos archivos pueden corresponder a nuevos datos o bien estar destinados a sustituir a aquellos que corresponden a versiones más antiguas. Forma parte del fortalecimiento colaborativo entre instituciones y entidades municipales, quedando abierta, por tanto, al envío de otras entidades externas al Municipio que trabajen datos geolocalizables en el territorio del DMQ, por ejemplo las Entidades Colaboradoras, la EEQ, etc.
3. **Solicitud de ayuda para la elaboración de análisis específicos.** El tiempo necesario estará en relación a la disponibilidad o no de la información que será usada en dichos análisis y, en caso de ausencia, a lo complejo que resulte generarla.

Estas estrategias son las que permiten ampliar la flexibilidad del sistema para que pueda ser adaptado a un mayor número de circunstancias y necesidades, dado que la colaboración siempre va a plantear nuevos retos de análisis.

3.6. Estrategias de análisis espacial

Los tipos de análisis espacial actualmente desarrollados dependen siempre del objetivo que se busca a la hora de procesar la información o analizar un problema. Las opciones implementadas cubren un amplio espectro de posibilidades y deben ser entendidas como un nivel base de evaluación, el cual podría combinarse con otros métodos más complejos, de esta forma encontramos::

- **Raster-Raster:** Un raster en posición espacial superior se cruza con otro situado en la base (UAE objeto de estudio) para determinar el porcentaje de superficie

que ocupa cada categoría temática del primero en las distintas zonas en las que el segundo divide el área de estudio.

- **Raster-Vector:** Una capa vectorial se cruza espacialmente con el raster base (UAE objeto de estudio) para determinar el número de elementos presentes de la primera en cada una de la unidades de análisis que constituyen la segunda. Tiene dos variantes, una asociada a las encuestas y otra a la información catastral. Además, esta aproximación también permite un segundo análisis en simultaneo cuando la capa vectorial dispone de categorías.
- **Vector-Raster:** Una capa raster se cruza espacialmente con una vectorial (capa objeto de estudio) para transferir los atributos de la primera (por ejemplo determinar la parroquia donde se sitúa uno de los puntos evaluados) a la segunda. Tiene varias opciones dependiendo de las características del raster, por ejemplo, si es categórico o representa una variable continua.
- **Vector-Vector:** Una capa vectorial se cruza espacialmente con otra capa vectorial (capa objeto de estudio) calculando el número total de elementos de la primera que están presentes a una distancia mínima dada (elementos dentro de un radio) o bien buscando el que está más próximo, según la configuración elegida.
- **Vía-Vector y Vía-Catastro:** Es una variante de la aproximación anterior específica para el viario o bien para el catastro. En el primero caso puede llevarse a cabo entre el viario y cualquier dato vectorial con el fin de contar el número de elementos presentes en los tramos de vías. En el segundo caso se actúa específicamente sobre las capas catastrales. En definitiva, el objetivo es caracterizar la vía o tramos de vía a partir de los elementos que están situados en sus proximidades.

3.6.1. Estrategia Raster-Raster

Esta estrategia está reservada para las capas poligonales que, por sus características, no compensa convertirlas en puntos a partir de su centroide (punto central del polígono) sino que, por el contrario, son rasterizadas o, si ya lo estaban, se mantienen así. El objetivo en esta aproximación es contar el número de celdas con características similares que caen en la capa base UAE también rasterizada (Figura 3). Seguimos la misma estrategia del *point-in-polygon*, si bien conceptualmente ahora evaluamos la coordenada central de cada una de las celdas de la capa superior. Esta operación también depende del número de categorías o clases disponibles de la capa superior, de tal forma que se generan dos campos, uno que muestra la superficie (basada en la resolución de la celda) y otro el porcentaje de superficie ocupada por cada categoría en cada UAE (Figura 4). Es una aproximación interesante para variar la escala de trabajo de los datos, dado que reducimos su valor al tamaño del píxel para transferirla a la UAE, siendo igual de válida para escalas más o menos detalladas. Desde el punto de vista de cómo interpretamos la información, también hay cambios significativos, dado que en este caso tratamos de valorar cómo es el entorno donde se ubica algo, en vez del lugar exacto.

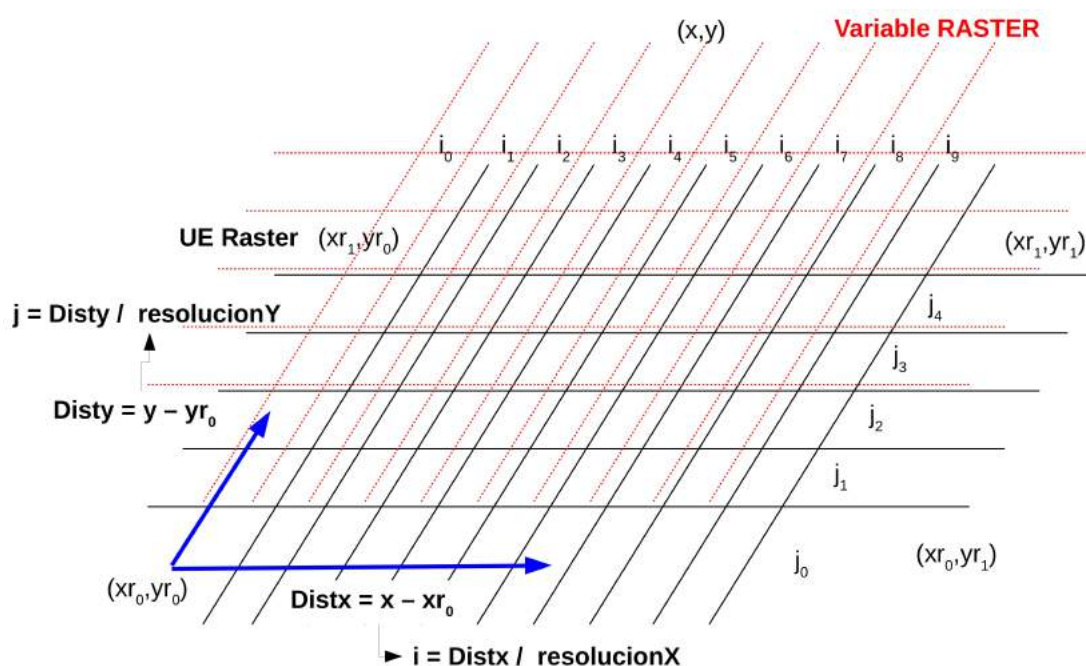


Figura 3: Localización espacial del número de celdas que una capa superior raster ocupa en una inferior también raster.

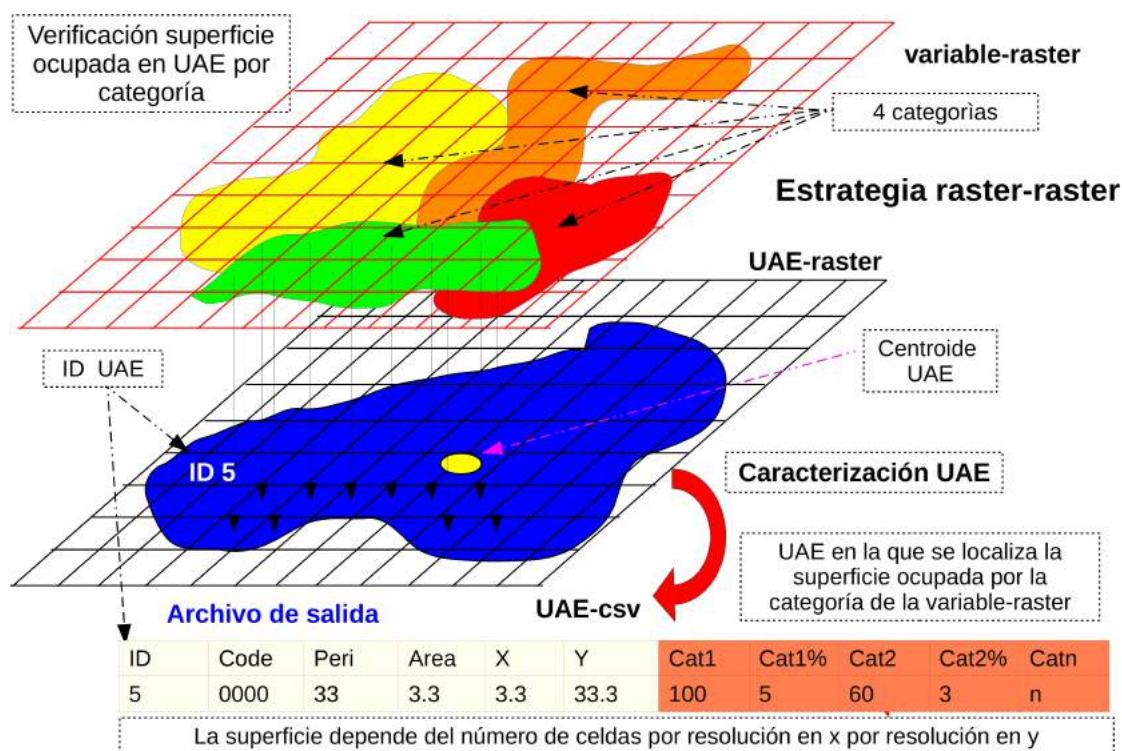


Figura 4: Caracterización de la UAE a partir de la superficie ocupada por una de las categorías de la capa-raster, conteo celda por celda y dependiente de la resolución del raster.

3.6.2. Estrategia Raster-Vector

Este modo es uno de los mas comúnmente utilizados, dado que permite caracterizar las UAEs a partir de todo lo que hay contenido en ellas. Fue el primero en

desarrollarse y permite procesar gran cantidad de información en muy poco espacio de tiempo. En esta estrategia, la información es transferida desde la capa vectorial hacia la UAE, concretamente es incorporada al archivo vectorial que representa la UAE.

El algoritmo de cálculo actúa con gran rapidez, incluso con archivos grandes, dado que solo tiene que situar especialmente cada punto en relación a la malla del raster base, calculando la distancia al extremo inferior izquierdo en sus ejes x e y, tal como muestra la Figura 5. Esto permite obtener los índices de la celda donde está situado el punto y, con posterioridad, verificar si está dentro o no de una UAE. El valor utilizado para generar el raster es el equivalente al campo ID en el archivo *.csv. La Figura 6 muestra, a modo de ejemplo esquemático, el proceso de transferencia de información y caracterización final de la UAE.

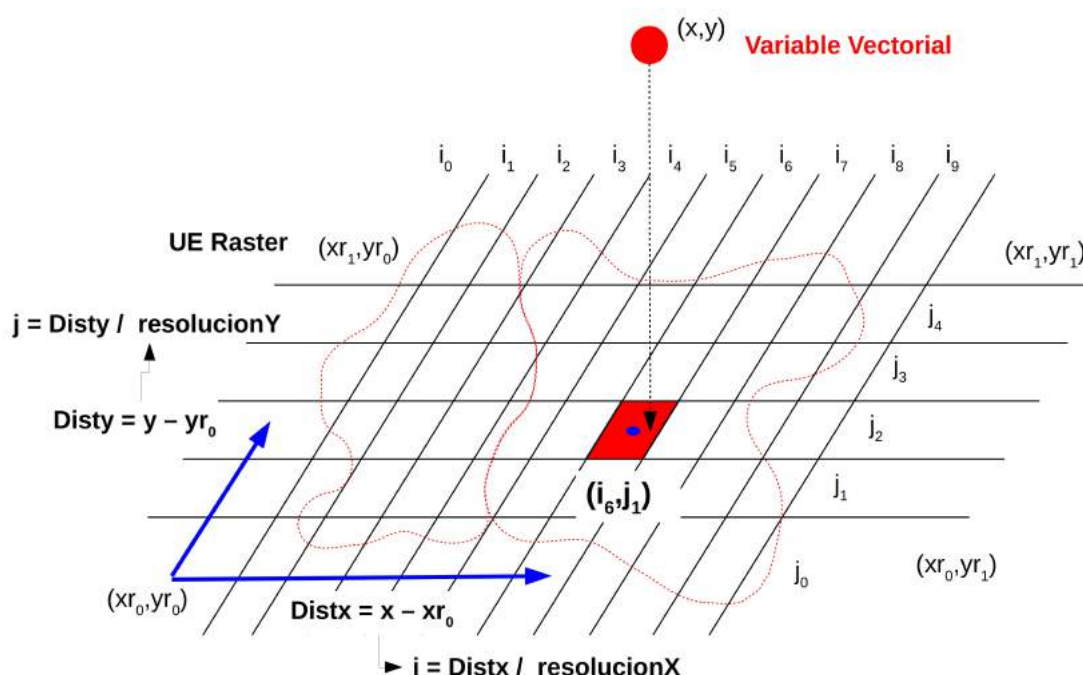


Figura 5: Localización espacial de la celda que ocupa el punto en una malla o raster base.

La forma de actuar del SEAE-DMQ es seleccionar una UAE y procesar todas las capas vectoriales disponibles. Una vez terminado, el proceso continúa de forma recursiva con la siguiente UAE. En la actualidad, las UAE están separadas en carpetas dependiendo si actúan en modo sistema o usuario (ver 2.3), considerando en las primeras las divisiones administrativas, algunas sectorizaciones relevantes del municipio (PUOS-2018, geocercas, centralidades, etc.) o bien divisiones homogéneas a modo de maya. Para las segundas puede ser cualquiera aportada por el usuario (un área inundable, un radio de afectación de una explosión, etc.). El procedimiento es el mismo, adaptándose los resultados y el tiempo de cálculo al tamaño de la UAE definida. Para mayor detalle sobre el funcionamiento interno de este modo de análisis espacial, en el Anexo B se indica el pseudocódigo de algunas de las principales funciones.

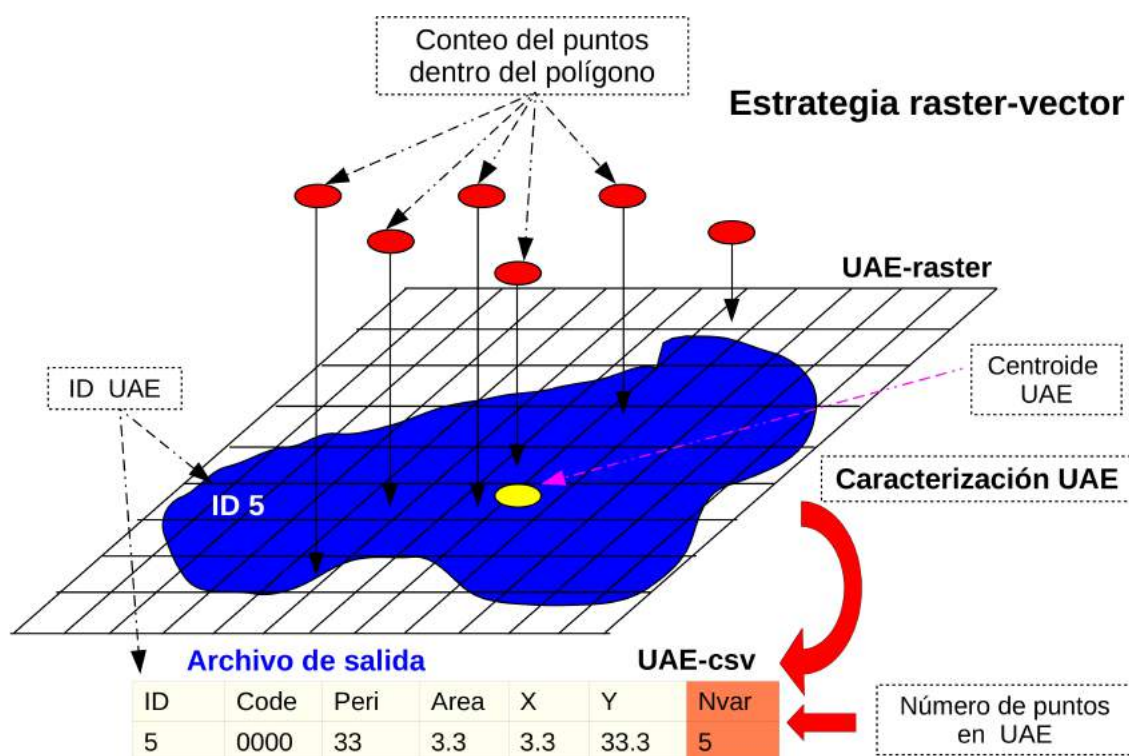


Figura 6: Caracterización de la UAE a partir del conteo de puntos situados en su interior.

3.6.2.1. Estrategia de análisis principal y por categorías

En la estrategia Raster-Vector, el análisis principal se realiza atendiendo al conteo total de elementos de la capa vectorial contenidos por UAE, sin distinguir por categorías salvo en casos muy relevantes. Sin embargo, existe un segundo nivel de análisis que se realiza de forma simultánea y que considera las categorías diferenciadoras presentes en una capa de entrada. Desde un punto de vista práctico, si tomamos como ejemplo el viario y las categorías que describen el acabado de la vía, en la aproximación principal tendríamos un conteo general de los km de vías presentes por UAE, mientras que en la aproximación por categorías dispondríamos de un segundo archivo específico de vías donde se puede ver la distribución en km que tiene cada categoría por UAE (Figura 7). Hay que indicar que no todas las capas vectoriales tienen esta posibilidad, dado que en muchos casos no tenemos elementos descriptores.

3.6.2.2. Estrategia Raster-Vector Encuesta

Un análisis específico incorporado al sistema son las encuestas de valoración de que se realizan a la población. Este tipo de herramientas son muy útiles para considerar cómo el ciudadano valora el estado de obras, infraestructuras, servicios, etc., por lo que puede resultar de ayuda para dirigir esfuerzos desde el ámbito municipal. Esta estrategia de análisis se lleva a cabo por categorías, esto es, el archivo de salida considera todas las categorías disponibles para cada una de las variables presentes en la encuesta. De momento, es una iniciativa en construcción, dado que es un tipo de información que cambia y que, en ocasiones, requiere un esfuerzo importante previo para facilitar el manejo de datos y su incorporación al SEAE-DMQ.

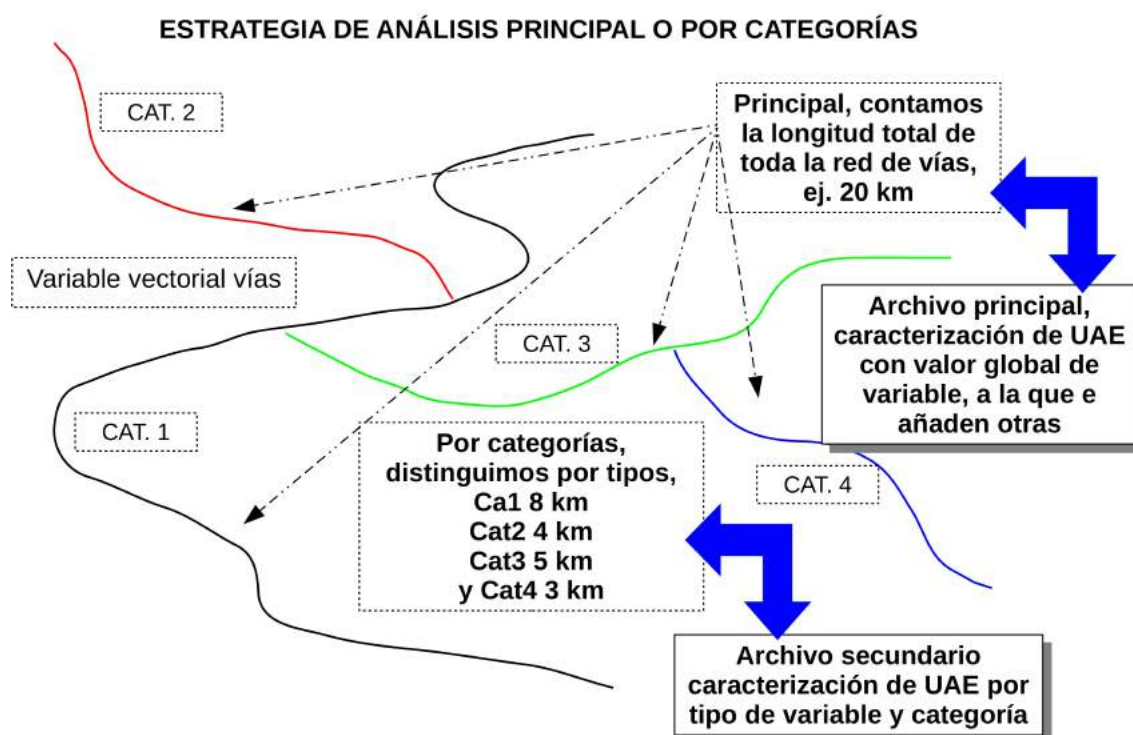


Figura 7: Caracterización de la UAE por cómputo global de los elementos contenidos en una capa vectorial o diferenciando por tipologías, cada una con archivos de salida distintos.

En la actualidad solo están disponibles los datos derivados de la encuesta realizada en 2016 por el equipo Market, dirigida por Blasco Peñaherrera, la cual cubría las manzanas urbanas definidas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en 2010. Estos datos requirieron un procesamiento importante debido a la forma en la que fueron organizados inicialmente. La Figura 8 muestra, de forma esquemática, la situación inicial de los datos, donde, por cada manzana se disponía de 5 grupos de 30 columnas de datos, cada uno para cada calle disponible al rededor de la manzana (situación 1). Esta forma de presentación hacía muy complicado su uso en sistemas de información geográfica dado que, para un punto localizado en el centro de la manzana se disponían de un montón de atributos que además variaban en valoración según la calle encuestada. Para mejorar la información inicialmente se modificó la matriz de datos, de tal forma que los grupos de atributos de cada calle fueran separados en filas consecutivas (situación 2), lo que creaba un punto para cada encuesta de cada calle. En la fase final se desplazó dicho punto hacia el exterior de la manzana, hacia la calle a la que hacía referencia (situación 3), de tal forma que los valores de una variable pudieran seguirse más cómodamente (Figura 9). En este subtipo se tienen en cuenta una aproximación de sistema específica e independiente, dado que siempre se utilizan las variables vectoriales pertenecientes a las encuestas, o sea, solo cambia la UAE.

3.6.2.3. Estrategia Raster-Vector catastral

Existe también otra aproximación donde, dado una UAE de entrada, se lleva a cabo un análisis espacial para filtrar todos los archivos pertenecientes al catastro (lotes, predios, propietarios, construcciones y edificaciones) que previamente han sido pro-

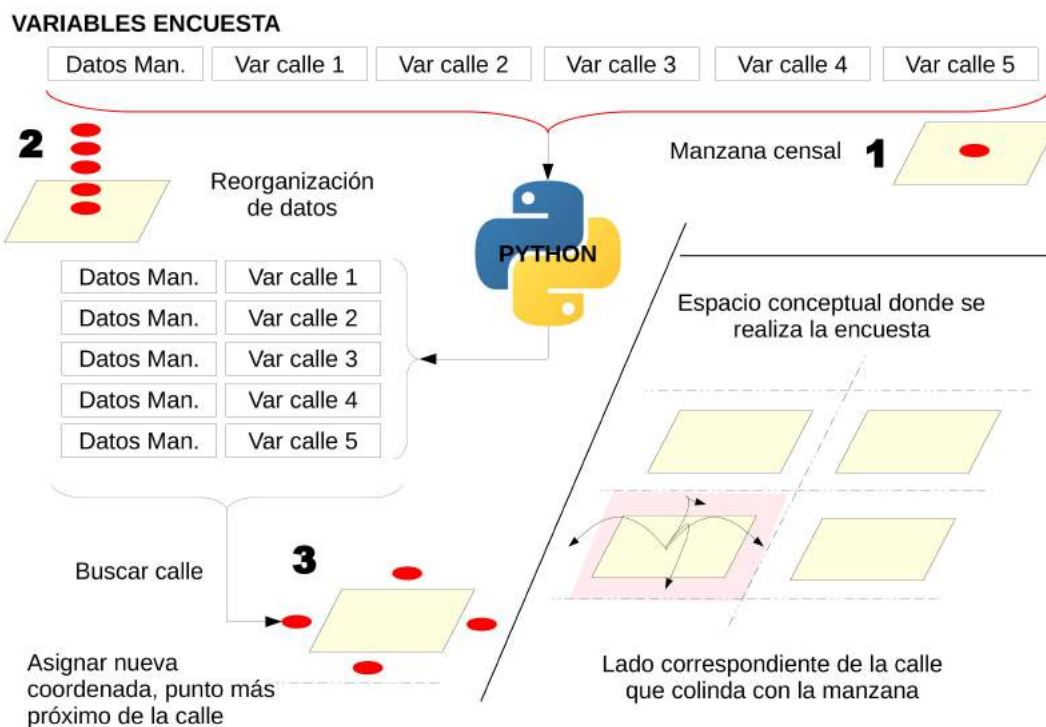


Figura 8: Procesado de los datos de una encuesta para facilitar su uso espacial.



Figura 9: Valoración final del servicio de recogida de basura en la parroquia de la Magdalena, sur de Quito a nivel de manzana y calle.

cesados por nosotros (Yepes and Marrero) y que se encuentran situados en el área designada. Es muy útil para obtener datos que pueden ser utilizados con otros fines,

por ejemplo, verificación en campo, realizar solicitudes administrativas, etc. Actúa también en modo *sistema*, permitiendo que pueda variar las UAE de entrada.

En esta aproximación el archivo de salida no está referido a la UAE, sino a la selección que se lleva a cabo de las capas vectoriales, uno por cada capa evaluada, las cuales incorporan sus datos de origen junto al identificador de la UAE donde se ubican.

3.6.3. Estrategia Vector-Raster

Desde el punto de vista del algoritmo, esta estrategia funciona igual que Raster-Vector, lo que cambia es el flujo de la información. En este caso es la capa vectorial la que es caracterizada con la información proporcionada por la UAE (Figura 10). Así, cualquier punto en el espacio podría rápidamente ser caracterizado a nivel de dirección a partir de diversos cruces espaciales con las UAE zonal, parroquial, barrial, etc. Esta operación puede repetirse rápidamente sobre datos que estén cambiando periódicamente, reduciendo el tiempo a la hora de diseñar y operar con formularios de bases de datos, si bien siempre dependería de la calidad de la coordenada disponible.

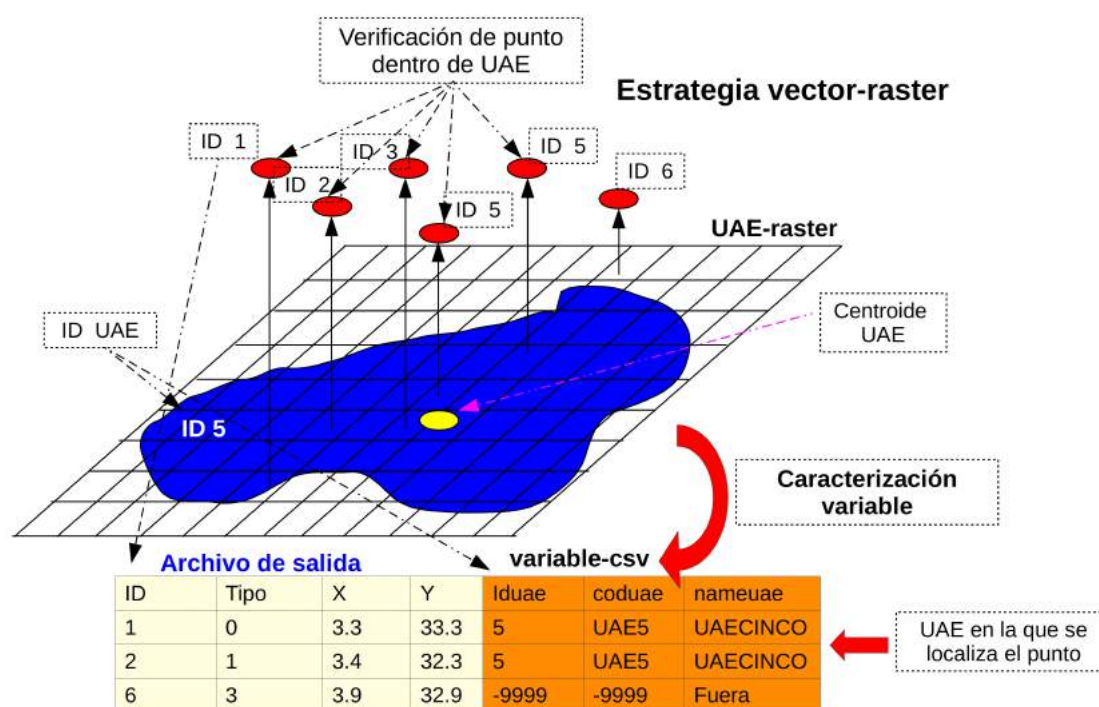


Figura 10: Caracterización del dato puntual a partir del lugar donde se sitúa respecto a la malla que representa la UAE.

Este modo presenta variaciones en función de las características del raster, distinguiendo entre: capas con divisiones administrativas; capas con valores enteros; y capas con valores decimales.

3.6.4. Estrategia Vector-Vector

En este tipo de análisis relacionamos dos capas de información vectorial en función de la distancia lineal (2D) que separan los elementos de una respecto a la otra, usando para ello el algoritmo de proximidad (ver 3.4). Existen dos formas de trabajo:

1. Se establece un radio de búsqueda a partir de cada elemento de la capa base y se cuentan todos los elementos de la segunda situados en su interior. El conteo final se adiciona como atributo.
2. No se establece radio de búsqueda, se busca sólo el elemento más próximo.

La Figura 11 muestra las dos formas de operación, el primero centrado en el radio de búsqueda establecido para contar el número de puntos que están dentro de él (izquierda), mientras que el segundo busca solo el más próximo (derecho). Utilizar una u otra depende del objetivo del análisis, siendo importante diferenciar entre la capa base y la utilizada para buscar las diferencias espaciales. En cualquier caso, esta aproximación transfiere información en ambos sentidos, dado que la capa de superposición también es exportada como archivo de salida con el elemento más próximo de la capa de caracterización base (objeto de estudio). Es una forma de ahorrar tiempo de procesado.

Es importante tener en cuenta que cuando se llevan a cabo análisis por distancia próxima, el valor establecido para la búsqueda debe ser coherente. Al operar el algoritmo en 2D, no tiene en cuenta accidentes geográficos u otros elementos que puedan existir en la realidad y que separen de forma efectiva distintos individuos. Es por ello que no se recomienda el uso de radios de búsqueda muy grandes.

3.6.5. Estrategia Vía-Vector y Vía-Catastro

El análisis Vía-Vector o Vía-Catastro son variantes del método Vector-Vector adaptadas para el análisis específico del viario (red de transporte). La idea es poder asociar por distancia mínima elementos que están próximos a un punto de la calle. Sin embargo, por las características y complejidad del viario, el algoritmo presenta algunas modificaciones, por ejemplo, tiene en cuenta la longitud de los tramos de vía para determinar cuales son válidos, etc.

Tal como indicamos más abajo en la sección de preparación de capas vectoriales (ver 3.8), las vías lineales se descomponen en puntos equidistantes (solemos usar 5 m de separación), así que el cálculo se realiza entre cualquier elemento vectorial y su distancia al punto de la calle más cercano. Así, el archivo de salida del viario muestra el número de elementos que están próximos a un punto específico de una vía. Luego, se realiza una cuenta total que se transfiere al tramo de calle donde pertenecen los puntos, de tal forma que pasamos de un análisis puntual a otro lineal, lo que nos permite analizar algunos procesos o problemáticas a una escala más de detalle, por ejemplo, la delincuencia callejera.

En este análisis, una de las incertidumbres, según con que capa e intencionalidad se haga, deriva del cálculo de aquellos puntos situados en las esquinas, los cuales

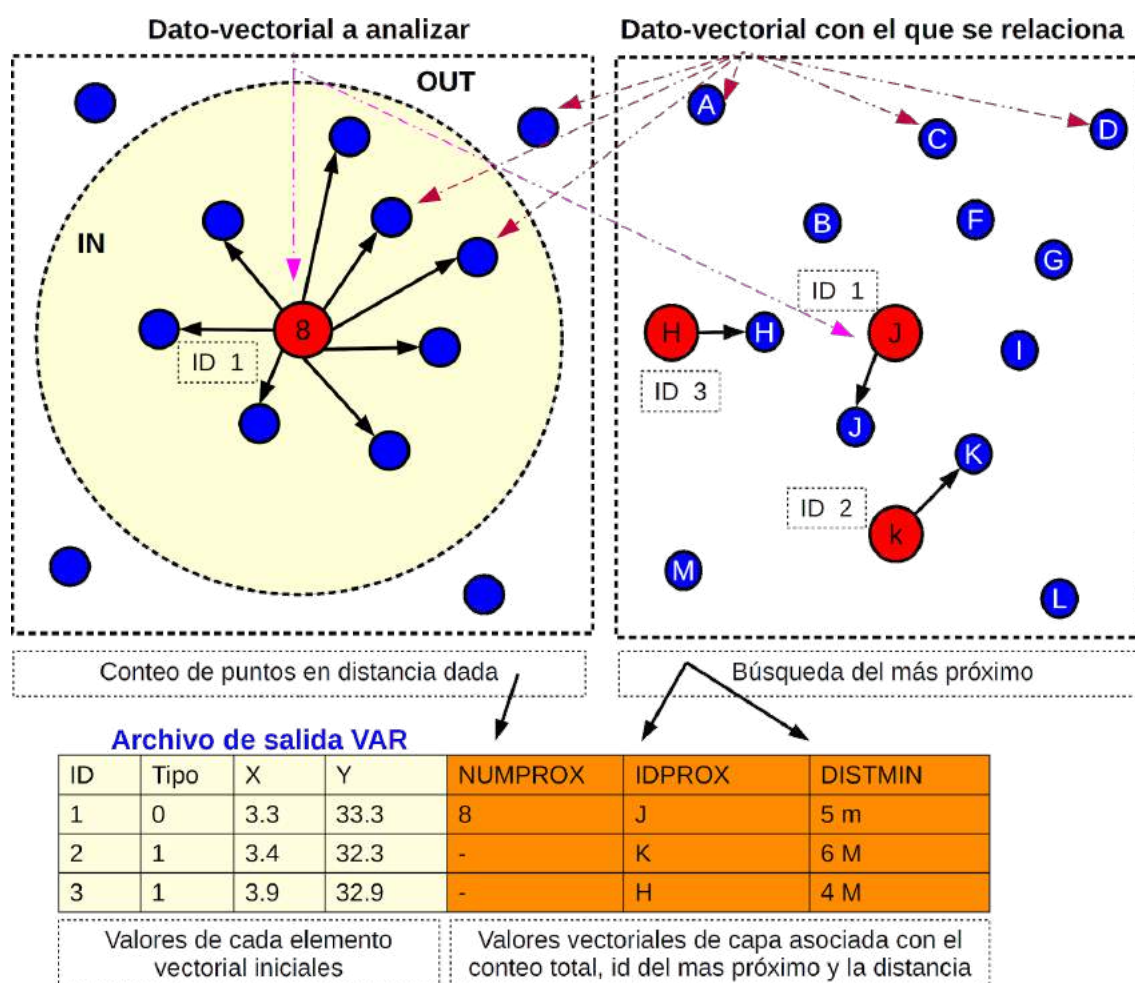


Figura 11: Métodos de aproximación para determinar cercanía entre puntos, por distancia (izquierda) o sólo el más próximo (derecha).

pueden pertenecer en la realidad a una calle u otra. Afecta, sobre todo, a elementos catastrales.

La Figura 12 muestra una esquema simplificado de esta operación, considerando que en los archivos de salida tendremos los dos, el lineal y el de puntos del viario, por lo que requiere un archivo específico de entrada donde el campo tipo se utiliza para poner el ID de la calle lineal y así saber a cual pertenece cada punto.

3.7. Tipos de archivos y estructura

Para los datos de entrada se utilizan archivos en texto plano (*.csv) separados por espacios, excepto los referidos a las UAE o capas poligonales específicas, que son de tipo raster. Respecto a los primeros, estos poseen estructuras simples y de fácil comprensión donde, eso si, se deben respetar una serie de aspectos. Dado que utilizamos el lenguaje C para leerlos, estos están separados por espacios en vez de por comas, con cabeceras sencillas y evitando el uso de caracteres NO-ASCII⁴. La

⁴<https://es.wikipedia.org/wiki/ASCII>

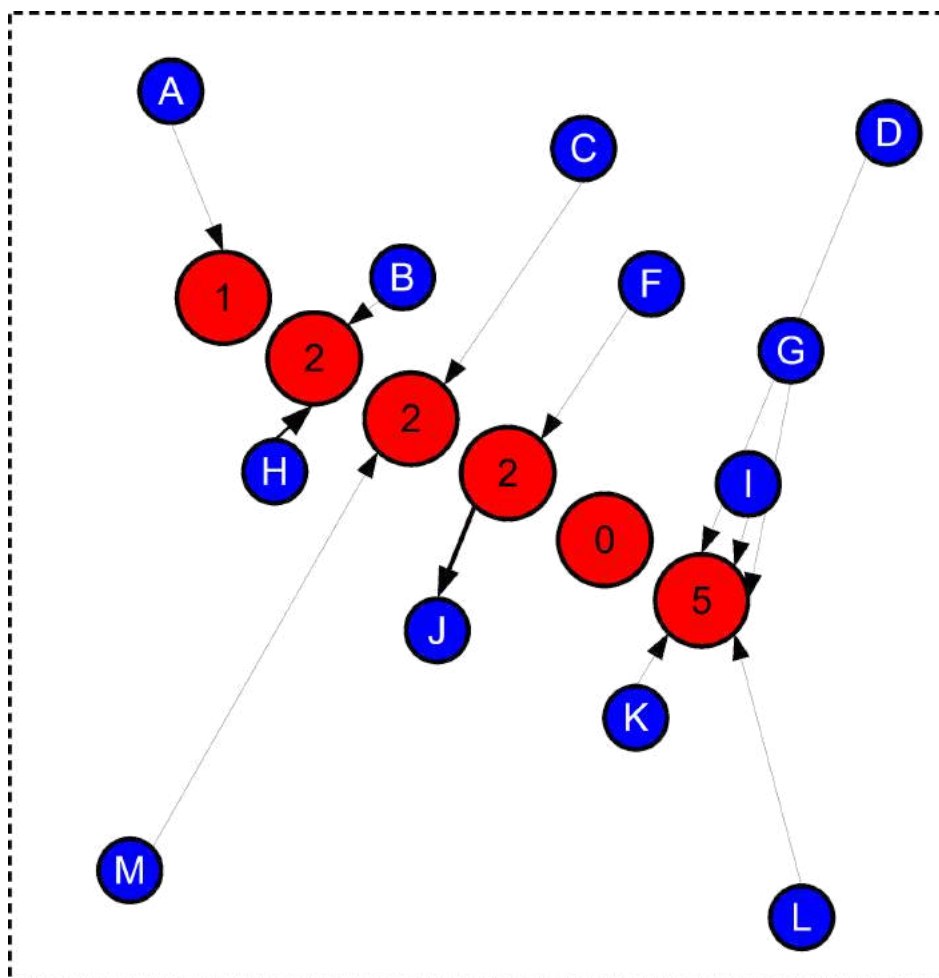


Figura 12: Relación entre el viario y cualquier capa vectorial a nivel de punto que se encuentre próximo a él. Determina el número de elementos de la segunda que se sitúan en cada punto del primero.

mayoría de datos usados son numéricos, para facilitar su lectura y operatividad en el código. A los anteriores debemos añadir los archivos de configuración, los cuales mantienen esquemas similares (texto espacio parámetro). Considerando estas cuestiones y dependiendo de la estrategia de trabajo a utilizar (ver 3.5), en la actualidad manejamos:

■ Estrategia Raster-Raster, caracterización de UAE

- Archivos de configuración:
 - Archivo de configuración general (*.cfg).
 - Archivo de configuración secundario de capas UAE (*.cfg).
 - Archivo de configuración secundario de capas raster (*.cfg).
- Archivos de datos de entrada:
 - Archivo UAE en formato raster (*.grd).
 - Archivo UAE en formato (*.csv).

- Archivo capa raster (*.grd).
- Archivo diccionario de categoría de capa raster (*.csv).
- Archivos de datos de salida:
 - Archivo UAE con todos los indicadores en formato (*.csv).

■ Estrategia Raster-Vector, caracterización de UAE

- Archivos de configuración:
 - Archivo de configuración general (*.cfg).
 - Archivo de configuración secundario de capas UAE (*.cfg).
 - Archivo de configuración secundario de capas vectoriales (*.cfg).
- Archivos de datos de entrada:
 - Archivo UAE formato raster (*.grd).
 - Archivo UAE formato (*.csv).
 - Archivo capa vectorial formato (*.csv).
 - Archivo diccionario de categoría de capa vectorial (*.csv), si tiene.
- Archivos de datos de salida, todos en formato (*.csv):
 - Archivo UAE principal con todos los indicadores.
 - Archivo UAE secundario y específico para cada capa vectorial con análisis por categoría.

■ Estrategia Vector-Raster, caracterización de una capa vectorial

- Archivos de configuración:
 - Archivo de configuración general (*.cfg).
 - Archivo de configuración para capas raster (*.cfg).
 - Archivo de configuración para capas vectoriales (*.cfg).
- Archivos de datos de entrada:
 - Archivo capa raster (*.grd).
 - Archivo capa vectorial (*.csv).
- Archivos de datos de salida:
 - Archivo capa vectorial en formato (*.csv) con los valores del raster.

■ Estrategia Vector-Vector, caracterización de una capa vectorial

- Archivos de configuración:
 - Archivo de configuración general (*.cfg).
 - Archivo de configuración para capa vectorial base (*.cfg).
 - Archivo de configuración para capa vectorial de superposición (*.cfg).
- Archivos de datos de entrada:

- Archivo capa vectorial base (*.csv).
- Archivo capa vectorial de superposición (*.csv).
- Archivos de datos de salida:
 - Archivo capa vectorial base con conteo de puntos próximos y el elemento más próximo de la capa de superposición (*.csv).
 - Archivo capa capa vectorial de superposición con elemento más próximo de capa base (*.csv).
- **Estrategia Vía-Vector, caracterización de una capa vectorial**
 - Archivo de configuración:
 - Archivo de configuración general (*.cfg).
 - Archivos de datos de entrada:
 - Archivo capa vectorial vías línea (*.csv).
 - Archivo capa vectorial vías punto (*.csv).
 - Archivo capa capa vectorial de superposición (*.csv).
 - Archivos de datos de salida:
 - Archivo capa vectorial base vías línea (*.csv).
 - Archivo capa vectorial base vías punto (*.csv).
 - Archivo capa vectorial de superposición con elemento más próximo de capa base (*.csv).
- **Estrategia Vía-Catastro, caracterización de una capa vectorial**
 - Archivo de configuración:
 - Archivo de configuración general (*.cfg).
 - Archivos de datos de entrada:
 - Archivo capa vectorial vías línea (*.csv).
 - Archivo capa vectorial lotes catastrales (*.csv).
 - Archivo capa vectorial edificios (*.csv).
 - Archivos de datos de salida:
 - Archivo capa vectorial base vías línea - lote (*.csv).

Esta configuración de archivos es muy probable que sea alterada si se desarrolla el SEAE-DMQ para trabajar en servidores, dado que la forma de actuar será completamente distinta a la que actualmente se utiliza en un computador personal, sin embargo, las directrices generales se mantendrán.

3.8. Preparación y archivos de entrada

Como se ha indicado, los datos a considerar son de distinta índole, pero la gran mayoría utiliza formatos simples para facilitar su lectura y manejo. Podemos distinguir entre los de configuración y los datos de entrada propiamente. Es un apartado que siempre esta en continua variación, muy condicionado a variaciones en el software y la forma en la que este se piensa, por lo que en versiones futuras podrían haber nuevos cambios.

3.8.1. Diseño de archivos de configuración

El SEAE-DMQ lee en primera instancia un archivo general de configuración similar al que aparece en la Figura 13, excepto en los tipos de análisis asociados al viario (Vía-Vector y Vía-Catastro). Este archivo indica los directorios de trabajo, algunos parámetros y fija los archivos de configuración secundarios donde aparecen listados los datos de entrada que vamos a utilizar. El ejemplo mostrado pertenece al tipo Raster-Vector, pero el resto son similares, si bien varían en función de la cantidad de datos de entrada necesarios. Importante indicar que la definición */home/usuario* típica de los sistemas UNIX se calcula a nivel interno, en función del pc donde opere, por lo que no es necesario poner la ruta completa.

```
[MODE]
MODE_TYPE 3
UNI_FAMILIAR 4
[DIR_FILES]
DIR_INUAER /QUITO_DMQ/QUITO_SEAE-DMQ/DATA_IN/DATA_UAE/USER/GRD/
DIR_INUAEV /QUITO_DMQ/QUITO_SEAE-DMQ/DATA_IN/DATA_UAE/USER/CSV/
DIR_INVARV /QUITO_DMQ/QUITO_SEAE-DMQ/DATA_IN/DATA_VAR-VECTOR/SISTEMA/CSV/
DIR_INVARC /QUITO_DMQ/QUITO_SEAE-DMQ/DATA_IN/DATA_VAR-VECTOR/SISTEMA/CAT/
DIR_OUTGEN /QUITO_DMQ/QUITO_SEAE-DMQ/DATA_OUT/DATAOUT_RV/RV-NORMAL/ANALIZA_SIS_RV3/
[NAMEFILES]
UES_FILE infiles_ue_usuario_gen.cfg
VAR_CSVS infile_var_sistema.cfg
```

Figura 13: Archivo de configuración general.

3.8.2. Esquema y variables utilizadas en los archivos de configuración secundarios

Los archivos secundarios en ambos casos empiezan con la palabra *infiles_*. La Figura 14 muestra el contenido con las diferentes UAE a leer, en este caso, aquellas que cubren todo el DMQ y que tienen una función eminentemente administrativa. Este formato se ha mantenido similar en todos los modos de análisis espacial, excepto los asociados a la vía, para mantener cierta compatibilidad de lectura, aunque en ocasiones pueda no hacer falta algunos de los datos.

```
PROS NULVAL MIN MAX USOKM ORDEN CSVFILE GRDFILE
0 -9999 0 15 1 1 ue_dmz_zonales_simple.csv dmz_zonales_6m.grd
0 -9999 0 100 1 2 ue_dmz_subzonales_simple.csv dmz_subzonales_6m.grd
0 -9999 0 100 1 3 ue_dmz_parroquias_simple.csv dmz_parroquias_6m.grd
0 -9999 0 2000 2 4 ue_dmz_barrios-2020_simple.csv dmz_barrios-2020_6m.grd
0 -9999 0 1500 2 5 ue_dmz_barrios-2020-fin_simple.csv dmz_barrios-2020-fin_5m.grd
0 -9999 0 1000 1 6 ue_dmz_inec-parroquias_simple.csv dmz_inec-parr_10m.grd
```

Figura 14: Archivo de configuración UAE.

El siguiente archivo de configuración mostrado en la Figura 15 sigue un esquema similar al anterior y está destinado a caracterizar las capas vectoriales que queremos evaluar.

```
PROS CAT LINEAL DISCRE ORDER NAMEVAR NAMECAT TIPO
1 0 0 0 0 catas_out_lotes.csv sincat Cata
1 0 0 0 0 catas_out_edif.csv sincat Cata
1 0 0 0 0 catas_out_construc.csv sincat Cata
1 0 0 0 1 pobla_manloc-tot_2010.csv_simple.csv sincat Pobla
1 0 0 0 2 pobla_manloc-edu_2010.csv_simple.csv sincat Pobla
continúa...
```

Figura 15: Archivo de configuración de las capas vectoriales.

El formato de los archivos secundarios se organiza por columnas separadas por espacios. En la siguiente lista aparecen todas las posibles variables utilizadas en cada uno de ellos con su correspondiente significado:

- **PROS:** Si la capa es procesada (1) o no (0). Esto permite tener varias en un mismo archivo y seleccionar solo aquellas con las que queremos trabajar en un momento dado. Esta presente siempre.
- **NULVALL:** Solo capas raster, valor que adopta los valores nulos o no considerados del raster.
- **MIN:** Solo capas raster, valor mínimo válido presente en el archivo de entrada.
- **MAX:** Solo capas raster, valor máximo válido presente en el archivo de entrada. Cualquier valor que esté por debajo o por encima de estos dos parámetros, no será tenido en cuenta a la hora de leer el raster, se le considerará nulo. Hay que tener cuidado con ellos.
- **USOKM:** Determina si los valores generados por datos vectoriales de tipo lineal son expresados en km (1) o no (>1). Esto depende del tamaño medio que tengan la UAEs analizadas. Si son grandes pueden utilizarse kilómetros, caso contrario es mejor en metros.
- **ORDER:** Número de posición en el listado, se usa para nombrar los archivos de salida. También especifica la capa con la que se establece la relación espacial.
- **GRDFILE:** Nombre del archivo base que será analizado.

- **CSVFILE:** Nombre del archivo *.csv que acompaña al archivo raster.
- **NAMEVAR:** Nombre del archivo de la capa principal a ser analizada o bien la capa que será utilizada para transferir los datos, según sea el tipo de archivo infiles. Están siempre separados los que trabajan como objeto de análisis de los que tienen la misión de caracterizar.
- **NAMECAT:** Nombre del archivo que contiene las categorías contenidas en una capa (si bien ambos están en *.csv, los formatos varían ligeramente cuando es raster o vectorial).
- **TIPO:** Palabra que se usa en los archivos de salida de los análisis secundarios en Raster-Vector específicos por categoría.
- **CAT:** Capas vectoriales, si el dato tiene categoría (1), si la palabra disponible es muy larga (2), si no tiene categorías asociadas (0). La palabra se usa para nombrar las columnas, pero si es muy larga, puede utilizarse el número de orden en el que aparece y un código.
- **LINEAL:** Solo capas vectoriales, si la capa vectorial proviene de un archivo lineal (1) o no (0).
- **DISCRE:** Solo capas vectoriales, distancia de discretizado de la capa vectorial lineal al convertirla a puntos (0 si no tiene, >0 si fue discretizada).
- **XCOOR:** Solo en raster generados por centroide y radio, coordenada X del centroide. Debe estar en la misma proyección geográfica que el resto de capas.
- **YCOOR:** Solo en raster generados por centroide y radio, coordenada Y del centroide. Debe estar en la misma proyección geográfica que el resto de capas.
- **RADIO:** Solo en raster generados por centroide y radio, representa el radio (la mitad del ancho) que tendrá el cuadrado a generar.
- **RES:** Solo en raster generados por centroide y radio, indica la resolución en metros que tendrá cada una de las celdas del raster. **NOMBRE:** Solo en raster generados por centroide y radio, nombre asignado a los archivos de salida en formatos *.grd y *.csv.

3.8.3. Pre-procesado de datos cartográficos

Dependiendo del tipo de dato a procesar podemos encontrar dos situaciones, una que podríamos definir como simple, donde se llevan a cabo operaciones mínimas de adaptación y otras complejas, donde incluso podemos llegar a desarrollar toda una metodología específica que facilite su uso.

3.8.3.1. Pre-procesado simple

La preparación de los datos vectoriales puede llevarse a cabo íntegramente en el SIG o bien utilizar una herramienta de apoyo diseñada con tal propósito. En cualquier caso, disponemos de dos grandes fases:

- **Fase 1, en el SIG**, centradas en la reproyección (si es necesario) a WGS84 UTM17S y la adición de las columnas de identificador único (ID) y coordenadas como atributos en el caso que no dispongan de ellas. Si las capas son poligonales o lineales, pueden requerir su conversión a puntos (centroides o bien discretizados para obtener puntos equidistantes a lo largo de una línea). Estos archivos en formato *shapefile*⁵, una vez disponen de los atributos necesarios, se exportan en formato *.csv. En esta fase hay que estar atento a la posibilidad que existan campos defectuosos o con errores graves de escritura, en general, elementos que no puedan ser bien leídos por el SIG. Estos también deben ser corregidos para evitar problemas posteriores o bien, si no son determinantes, eliminarlos. En el proceso de exportación, podemos definir ya las columnas necesarias para el formato de entrada o bien exportar completamente la tabla de atributos y utilizar una aplicación auxiliar para seleccionar solo los requeridos. Es importante **revisar los archivos exportados desde el SIG**, dado que a veces interpreta campos numéricos como texto. Se recomienda, por tanto, abrirlos utilizando aplicaciones tipo *block de notas* para ver el contenido tal cual, sin formatos añadidos.
- **Fase 2, selección de datos y categorías**, bien desde el SIG, bien mediante *script* específicos desarrollados en Python (*prepara_UAE.py* o *prepara_vector.py*). La misión de ambos es seleccionar los atributos relevantes, esto es, aquellos necesarios para el SEAE-DMQ, generando el archivo vectorial de las UAE o bien dos archivos para la capa vectorial, uno general y otro opcional con las categorías (si existe). Incluso si se produce una actualización del archivo y la estructura de atributos cambia, solo tenemos que actualizar la posición de las columnas de interés. Esto reduce la carga laboral de los responsables de la información en la fuente origen, dado que no se les pide que la modifiquen o adapten a nuestras necesidades lo que, en teoría, debería facilitar el intercambio de la misma.

3.8.4. Diseño de archivos de entrada

3.8.4.1. Tipos UAE

Las UAE se dividen en dos archivos de entrada, uno de tipo raster (UAE-raster) y otro en formato *.csv separado por espacios (UAE-csv), ambos relacionados por el campo ID.

Para este caso, en lo que hemos definido como fase 1, seleccionamos una capa de polígonos que vaya a trabajar como UAE, esto es, dividir el área de interés en sectores. En este caso, debemos asegurarnos que está correctamente reproyectada (WGS84 UTM17S) antes de iniciar cualquier operación. Por una parte, debe existir una

⁵<https://es.wikipedia.org/wiki/Shapefile>

columna que identifique numéricamente a cada uno de los polígonos que componen la capa. A continuación debemos llevar a cabo un proceso de rasterización utilizando la columna anterior, el cual suele generar por defecto un archivo en formato **.GeoTif*. Llegado a este punto, es necesario pasar de **.GeoTif* a **.grd*, que es el formato leído por el SEAE-DMQ. En este proceso, un aspecto importante es definir la resolución del archivo raster, una muy alta reduce la incertidumbre pero requiere más memoria RAM, por lo que debemos llegar a un compromiso intermedio. En la actualidad trabajamos con valores entre 6 y 5 metros para UAE que cubren todo el territorio del DMQ.

Paralelamente a lo anterior, debemos añadir una serie de atributos, además del identificador numérico único, que implican el cálculo de perímetro, área y coordenadas del centroide, así como definir si existe alguna capa que represente un código que identifique a cada unidad. Una vez disponibles, podemos exportar toda la estructura de atributos para usar el script de preparación o bien preparar una selección de las columnas relevantes y exportarlas con el orden adecuado.

Bien por exportación directa en la fase 1, bine por selección mediante script en la fase 2, debemos disponer de un archivo en formato **.csv* cuya estructura de atributos está definida por:

- ID, el mismo identificador usado en el proceso de rasterización.
- CODE, un código (si existe, caso contrario se asigna valor 0 para respetar la estructura del archivo).
- El perímetro en metros del polígono de la UAE
- El área en metros cuadrados de la UAE.
- La coordenada x en WGS48 UTM17S.
- La coordenada y en WGS48 UTM17S.

Este archivo es importante porque es el que sirve de base para asignar los indicadores obtenidos tras los análisis espaciales. La Figura 16 muestra la estructura en detalle del archivo UAE-csv aplicado a las administraciones zonales, mientras que la Figura 17 compara la capa vectorial (izquierda) con la rasterizada a 6 m de resolución (derecha). Para el caso específico de la estrategia *Vector-Raster* en modo sistema, el archivo EA-csv sufre una modificación añadiendo una columna más con el nombre de la UAE (sin espacios). Este el valor, junto con el ID y el código, son transferidos a la capa vectorial.

3.8.4.2. Tipo capas vectoriales

Al igual que en el caso anterior, empezamos en la fase 1 considerando si es necesario reproyectar la capa, añadir columnas de coordenadas y, en algunos casos, añadir un identificador numérico único) al *shapefile* de origen. Cuando se dispone de los atributos necesarios y todo está correcto, se exporta en formato **.csv*. Podemos exportar toda la tabla de atributos y realizar una selección con script, o bien exportar directamente en el formato requerido. Habitualmente, uno u otro, depende de si existe categorías y lo complejo que pueda ser evaluarlas.


```
ID COD PERI AREA XCOORD YCOORD
1 0 157789.93 588321283.14 758789.71 9975862.25
2 0 157055.83 616223727.99 774753.20 9998548.27
3 0 156023.61 602701768.08 802017.84 9977860.08
4 0 53454.04 47849557.60 777177.57 9976359.67
5 0 194768.14 668104162.43 792836.92 9954327.99
6 0 150552.63 489283064.51 784606.38 10017882.69
7 0 68669.31 112816565.07 780165.42 9982012.58
8 0 46306.69 88548841.99 771220.54 9965315.71
9 0 56832.02 92129646.46 788492.14 9975889.46
10 0 158612.48 838829653.82 750372.08 10013535.07
11 0 55045.24 86478795.96 787430.83 9990074.25
```

Figura 16: Archivo con los atributos para representar una UAE a nivel vectorial, cada fila representa una división espacial del área de interés.

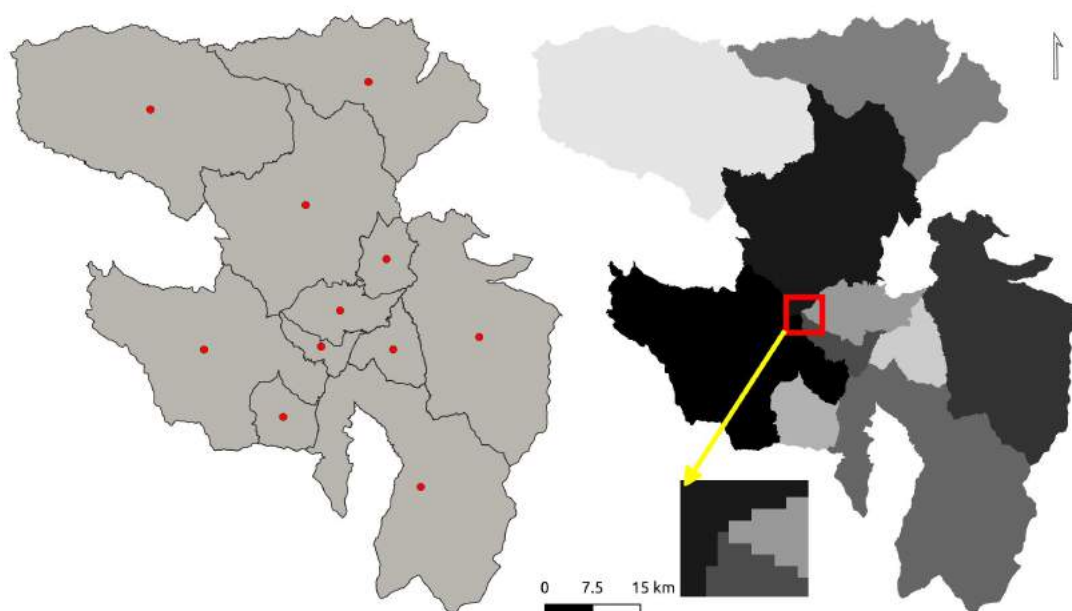


Figura 17: Comparación del archivo vectorial de la UAE de administraciones zonales (izquierda), mostrando también los centroides (puntos rojos), con el mismo rasterizado a 6 m de resolución (derecha).

En la segunda fase se seleccionan los atributos que finalmente crearan el archivo de entrada para el SEAE-DMQ (Figura 18), incluyendo también la selección de categorías si existen. La identificación de categorías es la parte más compleja debido a que pueden presentar múltiples formas, por lo que no existe un único camino para obtenerlas. En cualquier caso, todos los campos finales son numéricos, se evitan en lo posible los textos, que se reservan únicamente para los archivos de categorías cuya estructura se muestra en la Figura 19.

Para el archivo principal de datos se ha escogido una estructura única homogénea

para todas las variables definidas por los siguientes atributos: identificador; categoría; coordenada x; y coordenada y. Si no existe categoría el valor del atributo se iguala a 0. Importante, en las palabras que formen las categorías, si existen, **deben eliminarse los espacios en blanco**, en nuestro caso utilizando un guión bajo (*Es blanco*, por *Es_blanco*), con el fin de evitar errores de lectura.

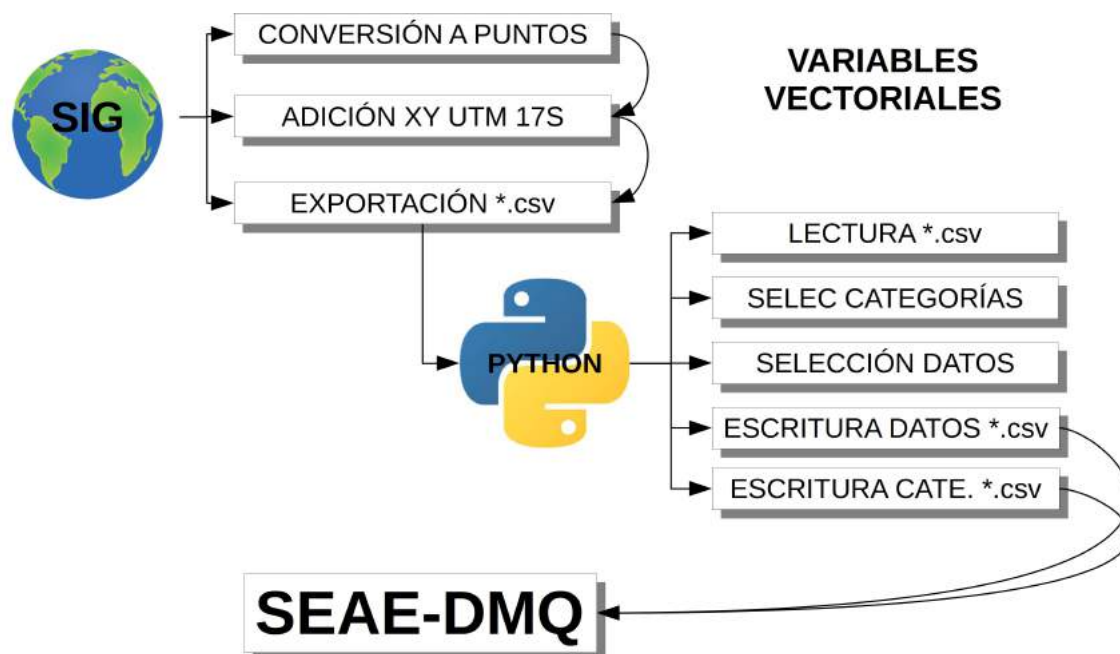


Figura 18: Flujo procedimental hasta la obtención de los archivos de entrada de las capas vectoriales para el SEAE-DMQ.

```

id idnum catshort catexpan
0 1 -9999 0
1 2 TEMPORAL 0
2 3 DURO/PAVIMENTADO 0
3 4 SUELTO 0
4 5 CONCRETO 0
5 6 SUELTO/LIGERO 0
6 7 SENDERO 0
  
```

Figura 19: Archivo con el contenido de las categorías disponibles en la capa vectorial, este ejemplo deriva del tipo de pavimento del viario.

3.8.4.3. Tipo capas raster

Las capas de tipo raster siguen el mismo camino que las UAE (ver 3.8.4.1), excepto que no utilizan un archivo paralelo vectorial igual, sino uno de categorías opcional según el destino previsto: por ejemplo, para la transferencia directa del valor mediante análisis Vector-Raster, no suele ser necesario, excepto en el modo sistema (transferencia de valores administrativos). Por contra, En la estrategia Raster-Raster si requieren es un archivo de categorías para poder organizar adecuadamente la operación *point-in polygon* para poder organizar la operación de cálculo de superficie total y porcentual

ocupada por cada una. Es este punto es importante considerar las diferencias que existen entre una UAE y una capa raster, tal como explicamos en 2.2.1.

3.8.4.4. Tipo encuesta

Esta opción es muy específica y dependiente del tipo de encuesta, dado que los datos varían en cantidad, tipo de variables y muchos otros factores. Es por ello que, cada encuesta, tiene un tipo de archivo de entrada, si bien en todos se mantiene un patrón similar. Cada variable evaluada, si no lo estaba, es expresada de forma numérica (por ejemplo, bueno 1, regular 2 y malo 3, etc.).

Para el caso de la encuesta realizada por Market, dirigido por Blasco Peñaherrera (2016), el archivo de entrada es de tipo *.csv, donde las primeras columnas corresponden a las características de la manzana INEC donde fue tomado el dato y el resto a cada una de las variables evaluadas. La Figura 20 muestra la estructura inicial del archivo de entrada (tiene 142 campos en total).

```
Id mancod Xcoor Ycoor Area Tipo Rodamien Estado Alcan Aguapot Alumbrado Trafico
Tipvereda
80014 17015501000902 786978.54 9990574.90 12033.02 2 2 2 3 1 2 3 4
80014 17015501000902 786978.54 9990574.90 12033.02 2 2 2 3 2 2 3 5
80014 17015501000902 786978.54 9990574.90 12033.02 1 1 3 3 2 2 3 5
80014 17015501000902 786978.54 9990574.90 12033.02 2 2 2 3 2 2 3 0
80015 17015500700803 784657.53 9990704.31 2145.50 2 1 3 1 1 3 3 5
80015 17015500700803 784657.53 9990704.31 2145.50 2 2 2 1 1 3 3 5
80015 17015500700803 784657.53 9990704.31 2145.50 1 2 2 3 3 3 3 5
```

Figura 20: Archivo con el contenido de la capa vectorial-encuesta Market 2016.

3.9. Nomenclatura de archivos de salida

En los archivos de salida el nombre asignado es importante, dado que refleja varios aspectos en función del tipo de proceso que se ha llevado a cabo: tipo de análisis, características de la capa analizada, características de la capa de superposición. En concreto, señalamos cuando funcionan en modo sistema o en modo usuario. De esta forma tenemos la siguiente estructura general general:

1. Tipo de análisis llevado a cabo: RR, RV, VR, VV.
2. Tipo de capa analizada: r si es raster, v si es vectorial
3. Modo sistema/usuario de la capa analizada: sis o usu
4. Para los casos donde la capa raster se genera por coordenadas y radio: gen
5. Tipo de la capa de superposición: r si es raster, v si es vectorial
6. Modo sistema/usuario de la capa de superposición: sis o usu
7. Número de orden de la capa analizada: Número

8. Nombre de la capa analizada de entrada.

El resultado final, por ejemplo, para el tipo de análisis Raster-Vector equivalente a operar en modo sistema equivaldría a:

- **RV_r-sis_v-sis_1_uae_dmq_zonales_simple.csv**: UAE en modo sistema con capas vectoriales en modo sistema, orden de UAE el uno y nombre del archivo *.csv de UAE de entrada.
- **RV_r-usu_v-sis_1_uae_cualquiera_simple.csv**: UAE en modo usuario, con capas vectoriales en modo sistema, orden de UAE, y nombre del archivo *.csv de UAE de entrada.
- **RV_r-usu-gen_v-sis_1_uae_nombre-asingano.csv**: UAE en modo usuario generada a partir de centroide y radio, con capas vectoriales en modo sistema, orden de UAE y nombre del archivo *.csv de UAE de entrada.

Para los archivos de categorías, específicos solo en el análisis Raster-Vector, se mantiene la primera parte de los anteriores, pero se añade lo siguiente

1. Un código para indicar que es de categoría: CAT.
2. El tipo de categoría temática.
3. El número de orden de la capa analizada.

Un ejemplo del archivo por categorías sería el siguiente **RV_r-sis_v-sis_CAT-Centros-21.csv**, equivalente a la capa número 21 del archivo *infiles_* de sistema.

En cualquier caso, existen ciertas variaciones en función del tipo de análisis espacial utilizado. Lo más importante es variar los directorios de salida en función de los modos de operación disponibles, para así evitar confusiones.

Capítulo 4

Capas procesadas e indicadores obtenidos

Es importante señalar que el SEAE-DMQ está en constante desarrollo, con la incorporación de nuevos datos o formas de cálculo, lo que implica una actualización y dinámica de cambio y mejora que esperamos se incremente con la apertura para el uso de múltiples actores.

Se debe indicar que los nombres que utilizamos para señalar cada indicador es la palabra en código que aparece en la columna correspondiente del archivo de salida. Debido a la alta variabilidad de datos disponibles en el DMQ, aquellos que van siendo integrados en el SEAE-DMQ son agrupados por áreas temáticas. También, debe tenerse en cuenta que un indicador puede ser calculado a partir de unos datos pertenecientes a un área temática concreta, sin embargo, su uso y funcionalidad puede estar asociado con otra distinta. En cualquier caso, los grupos principales se indican a continuación:

- **Datos catastrales.** La BD catastral que se comparte con los actores municipales es procesada para obtener productos derivados, sobre todo orientados a facilitar su manejo.
- **Datos catastrales – edificación.** Esta temática está coordinada con la anterior, donde evaluamos la cantidad y dispersión espacial de las edificaciones en base a todas las cartografías disponibles (catastro, IGM, OSM e INEC).
- **Población.** La cantidad de población es un elemento clave para la mayoría de procesos. Desgraciadamente, en Ecuador no existen censos o padrones municipales, sino que se gestiona a nivel nacional mediante el Registro Civil, el Consejo Nacional Electoral o bien a partir de los censos de población que se llevan a cabo cada 10 años. Esta situación genera una dependencia de fuentes externas o bien indirectas para realizar los cálculos. En nuestro caso, realizamos una aproximación combinada de datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010a), con otro tipo de estimaciones obtenidas a partir del número de viviendas catastradas y servicios básicos (agua y luz) presentes en el DMQ.
- **Servicios e infraestructuras.** Se han recopilado diversos tipos de servicios además de los más comunes (agua y luz) para entender la cantidad y también su

potencial cobertura. Las capas no suelen cubrir la totalidad del DMQ por lo que hay que tener en cuenta este factor. Ellas también tenemos en cuenta el transporte, la vías, etc.

- **Seguridad ciudadana y riesgos.** Respecto al primer grupo, tiene aún mucho margen de desarrollo y los datos de entrada todavía no están bien definidos, dada la diversidad que existe. De momento, únicamente se mantiene una pequeña muestra asociada a robos y presencia policial. El segundo grupo combina peligros naturales con antrópicos, y permite ver donde ocurren con más frecuencia en el contexto de la ciudad. Deben irse añadiendo otros factores para mejorar su aplicabilidad, si bien una vez se dispone de la estructura de datos pueden realizarse análisis específicos.
- **Actividad comercial-industrial.** Mediante diversas aproximaciones se ha trabajado con diversas capas de información para entender la actividad comercial en el DMQ. Esta información debe irse diversificando así como perfeccionando los diferentes procesos necesarios para su obtención.
- **Servicios ciudadanos.** Este área incluye aspectos como sanidad, educación, centros sociales, etc. Es un aspecto que debe también mejorarse añadiendo más información.
- **Vulnerabilidad social.** Se compone de capas específicas, así como indicadores obtenidos a partir del resto de datos. La idea es poder entender la variabilidad espacial de la vulnerabilidad social con el mayor detalle posible. Por la pandemia, se han añadido indicadores para comprender mejor el hacinamiento o accesibilidad a espacios públicos.

4.1. Datos provenientes de capas vectoriales y raster

4.1.1. Indicadores catastrales

El catastro representa el censo estadístico de los bienes inmuebles de una determinada población, conteniendo la descripción física, económica y jurídica de las propiedades rústicas y urbanas. El esfuerzo dedicado a esta fuente de información deriva de ser un elemento clave para la construcción de un modelo de exposición multipropósito que no solo pueda ser utilizado en la evaluación ante distintos tipos de peligros, sino en otro tipo de análisis. Es por ello que esta fuente es sometida a metodologías específicas para georeferenciar el componente alfanumérico, generar controles de calidad y extraer el máximo de información posible, mucha de ella concentrada en la unidad Lote ([Yepes and Marrero](#)).

Esto permite, por una parte, disponer de todo el catastro georeferenciado, no solo de los datos habituales sino también de los propietarios, construcciones, etc para los análisis territoriales a nivel de UAE. Por otra, disponer de unos datos finales mucho más fáciles de utilizar en cualquier tipo de procesado. Los principales indicadores manejados en la actualidad en el SEAE-DMQ se observan en la Tabla 1. En la descripción

catastral falta, entre otros, la información jurídica, que al momento se lleva de manera separada desde el Registro de la Propiedad, sin conexión con el catastro.

Tabla 1: Campos actuales extraídos de la capa lote catastral pre-procesada por nuestro grupo de trabajo.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
ARTE	Área total de terreno catastrado (m^2)	Catastro, lotes	Suma	2020
ARCO	Área total construida (m^2)	Catastro, lotes	Suma	2020
ARBAL	Área baldía catastrada (m^2)	Catastro, lotes	Suma	2020
PORCON	Superficie construida por UAE (%)	Catastro, lotes	Porcentaje	2020
VALT	Valor total terreno catastrado (\$)	Catastro, lotes	Suma	2020
VALC	Valor total construido catastrado (\$)	Catastro, lotes	Suma	2020
VALTO	Valor total catastrado (\$)	Catastro, lotes	Suma	2020
NLOTE	Número de lotes por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NPRE	Número de predios por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NCON	Número de construcciones por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NVIV	Número de construc.-vivienda por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NESTRUC	Número de estructuras por UAE	Catastro, lotes	Suma	2019
NPRO	Número de propietarios por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NUC	Número de UC por UAE	Catastro, de lotes	Suma	2020
NBLO	Número de bloques por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020

Este grupo de indicadores se obtienen principalmente del análisis de la capa de lotes recalculada, donde tomamos en cuenta el centroide de la propiedad para cruzarlo espacialmente con la UAE. En general los indicadores reflejan los valores totales de cada uno de los elementos considerados.

4.1.2. Indicadores cartográficos de edificaciones

Este grupo de indicadores deriva de la construcción del modelo que exposición con fines de gestión del riesgo (Yepes and Marrero). La idea es ampliar en un futuro los indicadores disponibles para tener más información sobre la tipología de las edificaciones y otros elementos. La capa de información está integrada por la cartografía catastral, a la que se han añadidos aquellos no coincidentes de las capas proporcionadas por el IGM (escala 1:5000), Open street Map (OSM) e INEC edificaciones 2010 (Figura 21). La primera proporciona una versión actualizada principalmente de la zona rural, mientras que las dos siguientes apoyan en la actualización de entorno urbano principalmente. Con todo, el DMQ todavía necesita fuentes más actualizadas en muchas áreas, dado que en la actualidad y al no disponer de una cartografía oficial (sin otros fines más que los cartográficos), el catastro está sumamente incompleto para nuestros propósitos. Los principales indicadores manejados en el SEAE-DMQ se observan en la Tabla 2.

Estos indicadores aprovechan principalmente la fusión de cartografía catastral con otras externas para ampliar la visión de la ciudad y obtener una capa de edificaciones, sin perder de vista la contribución de cada fuente de información.

Tabla 2: Campos actuales extraídos de la capa de edificaciones, que combina cartografía catastral con no catastral y obtenida mediante procesamiento independiente.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
NEDIFB	Total edificación bloque	Catastro	Suma	2020
NEDIFU	Total edificaciones UC no coincidentes	Catastro	Suma	2020
NEDIFI	Total edificaciones IGM no coincidentes	Otras	Suma	2020-2010
NEDIFO	Total edificaciones OSM no coincidentes	Otras	Suma	2020-2010
NEDIFN	Total edificaciones INEC no coincidentes	Otras	Suma	2020-2010
NEDIFT	Total edificaciones	Catastro-otras	Suma	2020-2010?
AREPLAB	Área planimétrica bloque (m^2)	Catastro	Suma	2020
AREPLAU	Área planimétrica UC no coincidentes (m^2)	Catastro	Suma	2020
AREPLAI	Área planimétrica IGM (m^2)	Otras	Suma	2020-2010
AREPLAO	Área planimétrica OSM (m^2)	Otras	Suma	2020-2010
AREPLAN	Área planimétrica INEC (m^2)	Otras	Suma	2020-2010
AREPLAT	Área planimétrica TOTAL (m^2)	Catastro-otras	Suma	2020-2010
ARBALR	Área baldía considerando catastro=0 y edificios=0 (m^2)	Catastro-otras	Suma	2020-2010?
PORPLA	Porcentaje de área construida basada en planimetría de edificaciones (%)	Catastro-otras	Porcentaje	2020-2010?
SUMCONS	Área construida total, considerando alturas	Catastro-otras	Suma	2020-2010

4.1.3. Indicadores de población

La población es uno de los elementos más relevantes a considerar en cualquier análisis, sin embargo existen importantes limitaciones a la hora de calcularla, especialmente debido a la falta de una gestión propia para censar a los residentes del DMQ así como los largos intervalos de los censos de población y vivienda que lleva a cabo el INEC. Esta situación obliga a desarrollar técnicas alternativas que, en definitiva, no son más que aproximaciones. La Tabla 3 muestra el estado actual de la información que manejamos.

La población derivada del censo INEC 2010 se gestiona a partir de una capa que unifica dicho valor a nivel de manzana en zonas urbanas y localidades para entornos rurales. Por tanto, el número total de habitantes dependerá de los centroides que caen en el interior del polígono que se esté evaluando. Para la población estimada se tiene en cuenta los servicios y la vivienda, considerando la unidad familiar compuesta por 4 personas, dado que no tenemos datos específicos que nos permitan intuir el número de personas residentes en cada lugar.

4.1.4. Indicadores de servicios e infraestructuras

Uno de los apartados más extensos está dedicado a la disponibilidad de servicios e infraestructuras en el DMQ. Esta información es clave para focalizar esfuerzos de

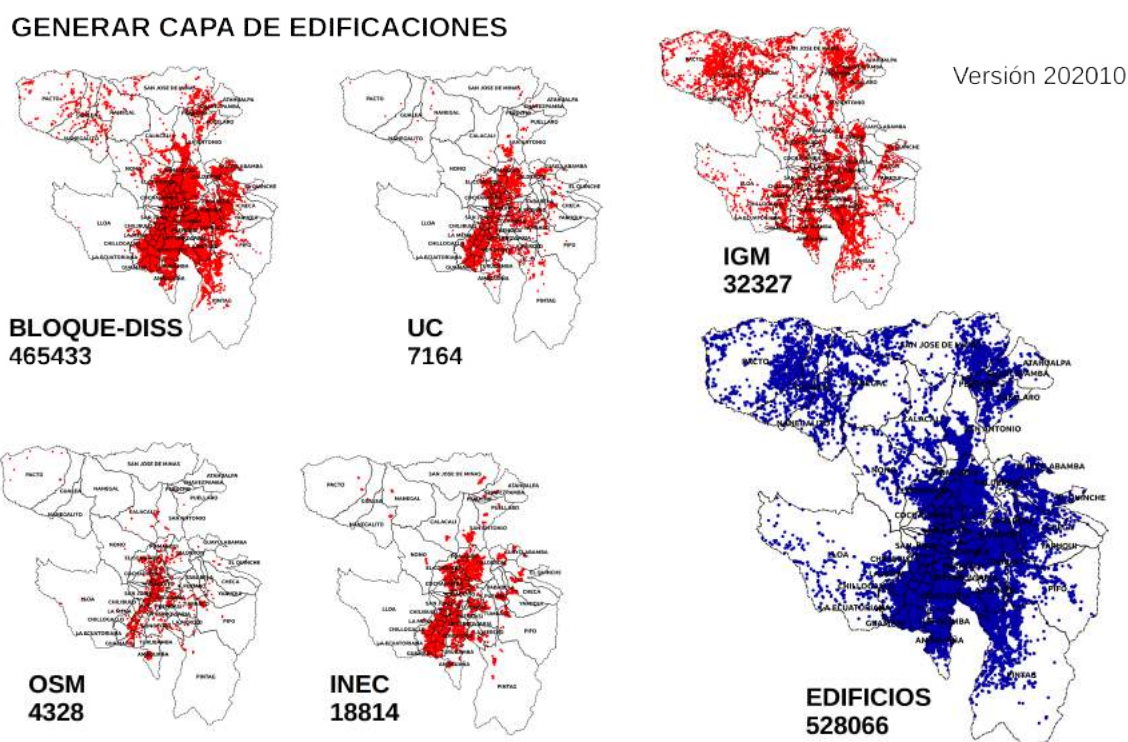


Figura 21: Proceso de fusión de capas cartográficas para construir la capa de edificaciones, que no existe como tal en el contexto del DMQ. La figura muestra la contribución de cada una en número de polígonos (Yepes and Marrero).

inversión en las áreas más deficientes, además de permitirnos entender las zonas con un grado de abastecimiento óptimo. Es importante señalar que la unidad métrica puede variar según el tamaño de UAE que estemos utilizando, así, por ejemplo, las zonales y las parroquias utilizan kilómetros, mientras que entidades de menor tamaño utilizan metros en algunos indicadores lineales. Estos indicadores se expresan de forma longitudinal multiplicando el número de puntos por el discretizado utilizado a convertir de línea a punto. Los principales indicadores manejados en la actualidad en el SEAE-DMQ se observan en la Tabla 4.1.4.

Tabla 4: Indicadores obtenidos de capas que reflejan la cobertura y dimensión de las infraestructuras del DMQ.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
MET	Paradas del metro por UAE	EPMQ	Cuenta	2019
METVIA	Longitud vía de metro (km o m) por UAE	EPMQ	Cuenta	2019
CICLOP	Número de paradas de ciclovía por UAE	DMQ	Cuenta	2016
CICLOV	Longitud de ciclovía por UAE (km o m)	DMQ	Cuenta	2016
BUSTOP	Numero de paradas de transporte público por UAE	DMQ	Cuenta	2018
BUSVIA	Longitud de vías de transporte público por UAE	DMQ	Cuenta	2018
VIA	Vías de trasporte por UAE	Superviaro	Cuenta	2010-2020
DENV	Densidad de vías por km/km^2	Superviaro	Densidad	2010-2020
VSLOP	Vías con pendiente superior a 5 grados	Dem-Superviaro	Porcentaje	2020
VIAONE	Número de conexiones-nodos	Superviaro	Cuenta	2010-2020
DENCON	Número de conexiones-nodos por km^2	Superviaro	Densidad	2010-2020
VIAOFI	Vías oficiales de trasporte disponibles por UAE	Superviaro	Cuenta	2010-2019
VENGEL	Índice de Engel o suficiencia vial (IE)	Superviaro	Cálculo	2010-2020
GAS	Gasolineras por UAE	INEC	Cuenta	2010
FARO	Iluminarias por UAE	EEQ	Cuenta	2012
DENF	Iluminarias por cada n habitantes	EEQ	Ratio	2012

Continúa en la siguiente página...

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
COBILU	Cobertura espacial de iluminarias	EEQ-superviaro	Porcentaje	2012
ABOE	Abonados electricidad por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOR	Abonados electricidad residenciales por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOI	Abonados electricidad industriales por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOC	Abonados electricidad comerciales por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOO	Abonados electricidad otros por UAE	EEQ	Cuenta	2019
DENE	Abonados residenciales por cada n habitantes	EEQ-pobla est.	Ratio	2019
COBELE	Cobertura por unidad de vivienda del servicio eléctrico	EEQ-catastro	Porcentaje	2019
POST	Postes por UAE	EEQ	Cuenta	2012
ALC	Tubería de alcantarillado por UAE (km/m)	EPMAAPS	Cuenta y multi.	2012
DENC	Densidad de tubería de alcantarillado por km/km ²	EPMAAPS	Densidad	2012
COBALC	Cobertura espacial de alcantarillado en viario	EPMAAPS-superviaro	Porcentaje	2010-2020
AGU	Tubería de agua potable (km/m)	EPMAAPS	Cuenta y multi.	2012
DENA	Densidad de tubería de agua por km/km ²	EPMAAPS	Densidad	2012
COBAGL	Cobertura espacial de tubería de agua por UAE (%)	EPMAAPS-superviaro	Porcentaje	2010-2020
ABOA	Abonados de agua potable	EPMAAPS	Cuenta	2019
DENAA	Abonos por cada n habitantes	EPMAAPS-pobla est.	Ratio	2019
COBAGU	Cobertura por unidad de vivienda del servicio de agua	EPMAAPS	Porcentaje	2019
COBALO	Cobertura por lote del servicio de agua	EPMAAPS	Porcentaje	2019
TELE	Cableado de telecomunicaciones	Operadores	Cuenta y multi.	2017
DENT	Densidad de cableado de telecomunicaciones por km/km ²	Operadores	Densidad	2017
COBTEL	Cobertura espacial de cableado en viario	Operadores	Porcentaje	2010-2019
ANTC	Antenas de telefonía celular por UAE	Operadores	Cuenta	2017
COBANT	Cobertura de telefonía móvil aproximación simple (600 m radio)	Operadores	Porcentaje	2017

4.1.5. Indicadores de seguridad ciudadana y riesgos

Los datos de seguridad ciudadana tienen un origen variado, sin que todavía hayamos definido bien el flujo a considerar. Así, combinamos una versión mejorada de la base de datos del COE-Metropolitano (para eventos de distinta índole) que cubre varios años, con otra del ECU-911 para los delitos reportados (no los oficialmente denunciados) que abarca un periodo muy concreto (meses). Se implementaron en el sistema para entender su posible uso y que tipo de información podrían aportar. Pese a todo, es un apartado que podría mejorarse considerablemente con la actualización regular y, quizás, la incorporación de elementos nuevos.

Sobre la primera fuente de datos señalada, en Octubre 2019 comenzó un proceso de revisión y mejora (Yepes et al., 2020). Esta base no es uniforme en el tiempo, ha recibido continuas alteraciones en la estructura y también presenta cambios a la hora de entender y manejar los datos que se incluyen en ella. Pese a todo, representa una fuente de información muy importante para evaluar ciertos peligros de origen natural y antrópico en el contexto del DMQ.

Por otra parte, la seguridad ciudadana creemos que puede ser estudiada más profundamente, incluso en colaboración con otras instancias para mejorar el carácter preventivo a todos los niveles y no solo desde el punto de vista policial. De momento, como se ha indicado, su presencia en el SEAE-DMQ es meramente experimental.

Los principales indicadores manejados en la actualidad en modo sistema se indican en la Tabla 5.

En el tema de riesgos, conexo al de Seguridad Ciudadana, de momento se han incorporado dos fuentes de información derivadas del mapa de susceptibilidad de movi-

Tabla 3: Indicadores generados con datos de población o bien estimados a partir de infraestructuras.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
POBT	Población total por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
DENPO	Densidad de población	INEC manz-loc	Densidad	2010
POBE	Población en edad escolar por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
PODIS	Población con discapacidad por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POMI	Población minorías raciales por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POME	Población mestiza	INEC manz-loc	Suma	2010
POBL	Población blanca	INEC manz-loc	Suma	2010
POHOM	Población hombres por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POMUJ	Población mujeres por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POAC15	Población dependiente menor 15 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POACT	Población activa por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POAC65	Población dependiente mayor 65 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POME10	Población menor a 10 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POMA10	Población mayor a 10 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
PESE	Población estimada basada en abonos eléctricos	EEQ	Suma y multi.	2019
PESV	Población estimada basada en viviendas	Catastro	Suma y multi.	2020
PESA	Población estimada basada en abonos de agua	EPMAPS	Suma y multi.	2019
PFIN	Población total estimada	Combinación capas	Algoritmo	2010-2020
PDECON	Densidad de población por km^2 construido	Catastro-otros	Densidad	2010-2019
POBVAR	Variación absoluta del número de habitantes	INEC-estimada	Diferencia	2010-2020
POBVPO	Variación porcentual del número de habitantes	INEC-estimada	Porcentaje	2010-2020

mientos en masa (10 m de resolución) y del de incendios (90 m de resolución) mediante análisis Raster-Raster. El primero está disponible en capa vectorial y rasterizada, se utilizó la segunda. El de incendios solo está disponible en raster, además requiere una actualización pronta, dado la gran expansión que continúa teniendo la ciudad de Quito. Los atributos obtenidos a partir de uno y otro se muestran en la Tabla 6, la superficie en metros y en porcentaje para cada una de las categorías disponibles.

4.1.6. Indicadores de actividad comercial

La actividad comercial es un tema clave pero al mismo tiempo complejo y delicado debido a que buena parte de él se desarrolla en condiciones de informalidad, tal como indican algunos estudios (Valdivieso Ortega, 2009; Cesar Gonzalo, 2017). Este área temática está siendo completada progresivamente con diversos indicadores. Una de las aproximación consistió en construir una capa que refleje la localización de los locales comerciales e industriales en el DMQ, activos o no. Para ello se utilizaron archivos de distintas fuentes que fueron combinados en una única capa. Esperamos

Tabla 5: Indicadores obtenidos a partir de fuentes de datos asociados a seguridad y riesgos.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
ACTRAF	Número de accidentes de tráfico por UAE	COE-M	Cuenta	2019
DELITO	Número de delitos por UAE	ECU-911	Cuenta	2019
UPCS	UPCs (Policía) por UAE	Desconocido	Cuenta	2013
PIURB	Fallos en infraestructuras y elementos estructurales por UAE	COE-M	Cuenta	2019
INURB	Tasa de fallos por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019
PIFOR	Incendios forestales por UAE	COE-M	Cuenta	2019
INIFOR	Tasa de incendios forestales por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019
PMOVI	Movimientos en masa por UAE	COE-M	Cuenta	2019
INMOVI	Tasa de movimientos en masa por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019
PINUN	Puntos de inundación por UAE	COE-M	Cuenta	2019
INNUM	Tasa de inundaciones por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019

Tabla 6: Categorías extraídas y procesadas a partir de las capas de susceptibilidad a movimientos en masa e incendios.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
DEMA	Sus. movimiento en masa Muy-Alta (m^2)	IEE	Suma	2011
DEMAp	Sus. movimiento en masa Muy-Alta (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEAL	Sus. movimiento en masa Alta (m^2)	IEE	Suma	2011
DEALp	Sus. movimiento en masa Alta (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEMO	Sus. movimiento en masa Moderada (m^2)	IEE	Suma	2011
DEMOp	Sus. movimiento en masa Moderada (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEBA	Sus. movimiento en masa Bajo (m^2)	IEE	Suma	2011
DEBap	Sus. movimiento en masa Bajo (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEMB	Sus. movimiento en masa Muy-Bajo (m^2)	IEE	Suma	2011
DEMBp	Sus. movimiento en masa Muy-Bajo (%)	IEE	Porcentaje	2011
INMA	Sus. incendio forestal Muy-Alta (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INMAp	Sus. incendio forestal Muy-Alta (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INAL	Sus. incendio forestal Alta (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INALp	Sus. incendio forestal Alta (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INMO	Sus. incendio forestal Moderada (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INMOp	Sus. incendio forestal Moderada (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INBA	Sus. incendio forestal Bajo (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INBap	Sus. incendio forestal Bajo (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INMB	Sus. incendio forestal Muy-Bajo (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INMBp	Sus. incendio forestal Muy-Bajo (%)	Desconocido	Porcentaje	2012

poder ampliar este área con nuevos indicadores que permitan un estudio cada vez más detallado. En la actualidad, los indicadores manejados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Indicadores extraídos de capas que reflejan la actividad comercial en el DMQ o la que potencialmente podría darse.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
LUAE	Número de LUAES por unidad espacial	Servicios Sociales	Cuenta	2019
DENL	LUAES por cada 10000 habitantes	Servicios Sociales	Ratio	2019
ALITOTAL	Centros de producción servicio y venta de alimentación y bebida por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIPRO	Centros dedicados a la producción de alimentos y bebidas por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIELA	Centros dedicados a la elaboración de alimentos y bebidas por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIVEMA	Centros dedicados a la venta al por mayor de alimentos y bebidas	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIVEME	Centros dedicados a la venta al por menor de alimentos y bebidas	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIVEMI	Centros dedicados a la venta al por mayor y menor de alimentos y bebidas	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALISERV	Locales dedicados al servicio de alimentos y bebidas (hostelería)	Combinación de capas	Cuenta	2019
FARMA	Número de farmacias por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2020
DENFAM	Tasa de farmacias por cada 10000 habitantes por UAE	Combinación de capas	Tasa	2020
PUCAS	Número de Espacios Públicos para Comercio Autónomo (PUCAS) por UAE	DMQ	Cuenta	2019
GASGAS	Número de establecimientos de comercialización y/o producción de gas por UAE	DMQ	Cuenta	2014
FINAN	Número de establecimientos financieros por UAE	Entidades Fin.	Conteo	2020
COMTOT	Numero de locales comerciales-industriales totales por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2010-2020
PORCOM	Locales comerciales-industriales por UAE	Combinación de capas	Porcentaje	2010-2020
PLEGCOM	Relación entre el total de establecimientos comerciales y LUAES activas en el año en curso	Combinación de capas	Ratio	2010-2020

4.1.7. Indicadores de servicios ciudadanos

Los servicios al ciudadano, más allá del agua y luz, son una pieza importante del bienestar social. El DMQ cuenta con diversos elementos, entre los que hemos incluido la salud y la educación. Estos dos últimos requieren un tratamiento más específico, dada la importancia de las categorías que cada uno incorpora. El resto de elementos requieren también cierta actualización, sin embargo se han incorporado igualmente por su relevancia. La Tabla 8 muestra los indicadores disponibles.

Tabla 8: Indicadores centradas en reflejar los servicios ciudadanos disponibles.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
SALU	Número de centros de salud	DMQ e INEC	Cuenta	2010-2019
DENSA	Centros de salud por cada n habitantes	DMQ-INEC	Ratio	2010-2019
EDU	Número de centros educativos	DMQ e INEC	Cuenta	2010-2019
DENED	Centros por cada n habitantes	DMQ e INEC	Ratio	2010-2019
PUAC	Número de puntos activos por unidad espacial	DMQ	Cuenta	–
DESC	Número de centros descentralizados	DMQ	Cuenta	–
CEME	Número de cementerios por unidad espacial	DMQ	Cuenta	–
60YP	Número de centros 60 y piquitos por unidad espacial	DMQ	Cuenta	–
DEPO	Número de centros deportivos	DMQ e INEC	Cuenta	2010
PUNTC	Numero de puntos críticos de recogida de basura por unidad espacial	EMASEO	Cuenta	2019
MAYPRO	Número de mayores productores por unidad espacial	EMASEO	Suma	2019

Para completar las capas de salud, educación y farmacias también se utilizó la misma aproximación que para la determinar los locales comerciales, fusionando varias capas.

4.1.8. Indicadores de vulnerabilidad social

Uno de los apartados más deficitarios desde el punto de vista de la disponibilidad de datos espaciales es el que tiene que ver con temas de vulnerabilidad social. Pese a ser un elemento crítico a la hora de la toma de decisiones y planificación en múltiples ámbitos, existen pocos datos que ayuden a entender la distribución espacial de este factor (nos referimos a datos regulares involucrados en procesos administrativos, no a estudios puntuales). Es por ello que se ha realizado un esfuerzo notable para generar indicadores a partir de distintas fuentes, no relacionadas necesariamente con esta temática, además de aprovechar trabajos recientes, como por ejemplo el derivado del registro de solicitudes de ayudas de kits de comida centrado en los primeros 6 meses de pandemia (Yepes and Marrero, 2020). Esperamos, al igual que con otros apartados, poder ampliar esta categoría mediante la colaboración con otras instituciones. En estos momentos, el SEAE-DMQ cuenta con los indicadores reflejadas en la Tabla 9.

Para el análisis Raster-Raster se han considerado dos fuentes de información, la primera relacionada con los niveles de estratificación socio-económica expresados en términos de vulnerabilidad social desarrollados por el INEC (2011), diferenciados en 5 categorías donde, cuanto más alto el valor, peor la condición. El segundo, perteneciente a la EPMMOP, refleja la cantidad de espacio público disponible, para crear indicadores que relacionen este elemento con el número de habitantes. Esta fuente distingue entre 6 tipos de espacios públicos.

Tabla 9: Indicadores que reflejan peligros naturales y antrópicos a partir de eventos ocurridos.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
Provenientes del catastro y edificaciones				
DESAPI	Número de lotes privados donde existe una potencial desactualización	Catastro	Suma	2020
DESAPU	Número de lotes municipales donde existe una potencial desactualización	Catastro	Suma	2020
DESQPI	Número de lotes privados UNI donde existe un desequilibrio entre predios y construcciones	Catastro	Suma	2020
DESQPU	Número de lotes municipales UNI donde existe un desequilibrio entre predios y construcciones	Catastro	Suma	2020
INFOPI	Número de lotes privados donde podría existir conflictos de tenencia	Catastro	Suma	2020
INFOPU	Número de lotes municipales donde podría existir conflictos de tenencia	Catastro	Suma	2020
DIFNEG	Lotes sin terreno disponible	Catastro - edificio	Porcentaje	2010-2020
DIFPOS	Lotes con terreno disponible	Catastro - edificio	Porcentaje	2010-2020
VINOCAT	Edificaciones no catastradas	Edificio	Porcentaje	2010-2020
PORHUM	Edificaciones humildes (m^2 inferior a 250\$)	Catastro	Porcentaje	2020
PORMED	Edificaciones medianas por UAE (valor m^2 entre 250-450\$)	Catastro	Porcentaje	2020
PORHIGH	Edificaciones caras por UAE (valor m^2 superior 450\$)	Catastro	Porcentaje	2020
Provenientes de población				
UNIFAMED	Número de personas por vivienda en UAE (num viviendas / pobtotal estimada)	Combinación de capas	Ratio	2010-2020
METPER	Metros cuadrados disponibles por persona (área viviendas / pobtotal estimada)	Combinación de capas	Ratio	2010-2020
PMINO	Población minorías respecto al total	INEC manz-loc	Porcentaje	2010
Provenientes de BD kits de ayuda				
POBNES	Personas solicitantes por UAE	DMI	Cuenta	2020
DENNES	Solicitantes por cada n habitantes	DMI	Ratio	2020

Tabla 10: Categorías extraídas y procesadas a partir de las capas de vulnerabilidad social y espacio público.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
ECAL	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Alta (m^2)	INEC	Suma	2011
ECALp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Alta (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECMA	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Alto (m^2)	INEC	Suma	2011
ECMAp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Alto (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECME	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio (m^2)	INEC	Suma	2011
ECMEp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECMB	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Bajo (m^2)	INEC	Suma	2011
ECMBp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Bajo (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECBA	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Bajo (m^2)	INEC	Suma	2011
ECBAp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Bajo (%)	INEC	Porcentaje	2011
EPBU	Superficie ocupada por bulevares (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPBUp	Superficie ocupada por bulevares (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPAR	Superficie ocupada por parques (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPARp	Superficie ocupada por parques (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPLA	Superficie ocupada por plazas (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPLAp	Superficie ocupada por plazas (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPLZ	Superficie ocupada por plazoletas (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPLZp	Superficie ocupada por plazoletas (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPRE	Superficie ocupada por Recreación activa (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPREp	Superficie ocupada por Recreación activa (%)	Desconocido	Porcentaje	—
SUMEP	Superficie ocupada por espacio público (m^2)	Desconocido	Suma	—
SUMEPp	Superficie ocupada por espacio público (%)	Desconocido	Porcentaje	—

4.2. Indicadores provenientes de encuestas

Tal como se indica en la definición de la estrategia Raster-Vector Encuesta (ver 3.6.2.2), esta aproximación es un caso especial centrado en el aprovechamiento de datos relativos a la encuesta efectuada por la empresa Market en 2016. En la Tabla 4.2 aparecen todos los indicadores considerados en el archivo de salida, su significado y valoración cuantitativa utilizada. Esta encuesta está realizada en todas las manzanas INEC (2010b) del área urbana de la ciudad de Quito. Es interesante en tanto se enfoca en evaluar la percepción que tienen los habitantes de muchos aspectos relacionados con el mobiliario urbano, estado de calzadas, espacios públicos, etc. Pese a ser del 2016 es probable que su valoración siga vigente en muchas partes, mientras que para otras puede servir como material de contraste para encuestas más recientes.

Tabla 11: Categorías extraídas de la encuesta elaborada por Market en 2016 para la zona urbana definida por el INEC en 2010 de la ciudad de Quito.

Campo	Descripción	Valor numérico	Valor descriptivo
tca-1	Tipo de calle	-1	Sin info
tca0	Tipo de calle	0	No tiene
tca1	Tipo de calle	1	Asfalto
tca2	Tipo de calle	2	Adoquín
tca3	Tipo de calle	3	Tierra
ro-1	Rodamiento	-1	Sin info
ro0	Rodamiento	0	No tiene
ro1	Rodamiento	1	Buena
ro2	Rodamiento	2	Regular
ro3	Rodamiento	3	Mala
ec-1	Rodamiento condición	-1	Sin info
ec0	Rodamiento condición	0	No tiene
ec1	Rodamiento condición	1	Buena
ec2	Rodamiento condición	2	Regular
ec3	Rodamiento condición	3	Mala
al-1	Alcantarillado	-1	Sin info
al0	Alcantarillado	0	No tiene
al1	Alcantarillado	1	Buena
al2	Alcantarillado	2	Regular
al3	Alcantarillado	3	Mala
ag-1	Agua potable	-1	Sin info
ag0	Agua potable	0	No tiene
ag1	Agua potable	1	Buena
ag2	Agua potable	2	Regular
ag3	Agua potable	3	Mala
alu-1	Alumbrado publico	-1	Sin info
alu0	Alumbrado publico	0	No tiene
alu1	Alumbrado publico	1	Buena
alu2	Alumbrado publico	2	Regular
alu3	Alumbrado publico	3	Mala
tra-1	Trafico	-1	Sin info
tra0	Trafico	0	No tiene
tra1	Trafico	1	Buena
tra2	Trafico	2	Regular
tra3	Trafico	3	Mala
tve-1	Tipo vereda	-1	Sin info
tve0	Tipo vereda	0	No tiene
tve1	Tipo vereda	1	Buena
tve2	Tipo vereda	2	Regular
tve3	Tipo vereda	3	Mala
ev-1	Vereda condición	-1	Sin info
ev0	Vereda condición	0	No tiene
ev1	Vereda condición	1	Buena
ev2	Vereda condición	2	Regular
ev3	Vereda condición	3	Mala
dis-1	Rampa discapacitados	-1	Sin info
dis0	Rampa discapacitados	0	No tiene

Continúa en la siguiente página...

Campo	Descripción	Valor numérico	Valor descriptivo
dis1	Rampa discapacitados	1	Buena
dis2	Rampa discapacitados	2	Regular
dis3	Rampa discapacitados	3	Mala
qui-1	Kioscos	-1	Sin info
qui0	Kioscos	0	No tiene
qui1	Kioscos	1	Buena
qui2	Kioscos	2	Regular
qui3	Kioscos	3	Mala
jue-1	Juegos infantiles	-1	Sin info
jue0	Juegos infantiles	0	No tiene
jue1	Juegos infantiles	1	Buena
jue2	Juegos infantiles	2	Regular
jue3	Juegos infantiles	3	Mala
san-1	Baterías sanitarias	-1	Sin info
san0	Baterías sanitarias	0	No tiene
san1	Baterías sanitarias	1	Buena
san2	Baterías sanitarias	2	Regular
san3	Baterías sanitarias	3	Mala
cer-1	Cerramientos parque	-1	Sin info
cer0	Cerramientos parque	0	No tiene
cer1	Cerramientos parque	1	Buena
cer2	Cerramientos parque	2	Regular
cer3	Cerramientos parque	3	Mala
rec-1	Recolección de basura	-1	Sin info
rec0	Recolección de basura	0	No tiene
rec1	Recolección de basura	1	Buena
rec2	Recolección de basura	2	Regular
rec3	Recolección de basura	3	Mala
bas-1	Basureros pequeños	-1	Sin info
bas0	Basureros pequeños	0	No tiene
bas1	Basureros pequeños	1	Buena
bas2	Basureros pequeños	2	Regular
bas3	Basureros pequeños	3	Mala
ceb-1	Paso cebra	-1	Sin info
ceb0	Paso cebra	0	No tiene
ceb1	Paso cebra	1	Buena
ceb2	Paso cebra	2	Regular
ceb3	Paso cebra	3	Mala
hid-1	Hidrantes	-1	Sin info
hid0	Hidrantes	0	No tiene
hid1	Hidrantes	1	Buena
hid2	Hidrantes	2	Regular
hid3	Hidrantes	3	Mala
pla-1	Plazas monumentos	-1	Sin info
pla0	Plazas monumentos	0	No tiene
pla1	Plazas monumentos	1	Buena
pla2	Plazas monumentos	2	Regular
pla3	Plazas monumentos	3	Mala
pub-1	Transporte publico	-1	Sin info
pub0	Transporte publico	0	No tiene
pub1	Transporte publico	1	Buena
pub2	Transporte publico	2	Regular
pub3	Transporte publico	3	Mala
bus-1	Parada de bus	-1	Sin info
bus0	Parada de bus	0	No tiene
bus1	Parada de bus	1	Buena
bus2	Parada de bus	2	Regular
bus3	Parada de bus	3	Mala
sig-1	Señalización	-1	Sin info
sig0	Señalización	0	No tiene
sig1	Señalización	1	Buena
sig2	Señalización	2	Regular
sig3	Señalización	3	Mala
sem-1	Semaforización	-1	Sin info
sem0	Semaforización	0	No tiene
sem1	Semaforización	1	Buena
sem2	Semaforización	2	Regular
sem3	Semaforización	3	Mala

Continúa en la siguiente página...

Campo	Descripción	Valor numérico	Valor descriptivo
azu-1	Estacionamiento zona azul	-1	Sin info
azu0	Estacionamiento zona azul	0	No tiene
azu1	Estacionamiento zona azul	1	Buena
azu2	Estacionamiento zona azul	2	Regular
azu3	Estacionamiento zona azul	3	Mala
gra-1	Grafitis	-1	Sin info
gra0	Grafitis	0	No tiene
gra1	Grafitis	1	Si tiene
dep-1	Cancha deportiva	-1	Sin info
dep0	Cancha deportiva	0	No tiene
dep1	Cancha deportiva	1	Si tiene
arb-1	Arborización poda	-1	Sin info
arb0	Arborización poda	0	No tiene
arb1	Arborización poda	1	Buena
arb2	Arborización poda	2	Regular
arb3	Arborización poda	3	Mala
seg-1	Nivel de seguridad	-1	Sin info
seg0	Nivel de seguridad	0	No tiene
seg1	Nivel de seguridad	1	Buena
seg2	Nivel de seguridad	2	Regular
seg3	Nivel de seguridad	3	Mala

4.3. Indicadores destacados

Algunos de los indicadores son conteos simples de elementos, sin embargo otros tienen una elaboración mayor. En las siguientes líneas nos referiremos más en detalle a algunos de ellos.

4.3.1. Catastro – edificaciones

4.3.1.1. Valor metro cuadrado construido

Uno de los elementos que utilizamos para evaluar la distribución espacial de la vulnerabilidad social es el valor del m^2 construido. Para ello calculamos dicha cuantía en la tabla de origen de construcciones y, en una segunda fase en el SEAE-DMQ, filtramos los datos para considerar solo aquellos que son viviendas o edificios, contando el número de cada uno de ellos y agrupándolos en tres intervalos: <250; >250 y <450; y >450\$. Finalmente, los tres indicadores obtenidos representan el porcentaje que representa cada grupo en una UAE, considerando viviendas humildes, nivel medio y de alto valor (Figura 22)

4.3.1.2. Porcentaje construido

A partir de la capa de edificaciones, que implica la fusión de las cartografías catastrales con otras (IGM, OSM e INEC), se calcula el porcentaje de superficie construida respecto al total disponible por UAE (PORPLA) (Figura 23 izquierda). También sumamos la superficie construida total que tiene en cuenta el total edificado en altura y la planimetría para los lotes donde carecemos de datos catastrales (SUMCONS). Un indicador y otro permite valorar la densidad de construcción en el DMQ y son utilizados también para generar otros indicadores (por ejemplo la densidad de población según área planimétrica construida que veremos más abajo).

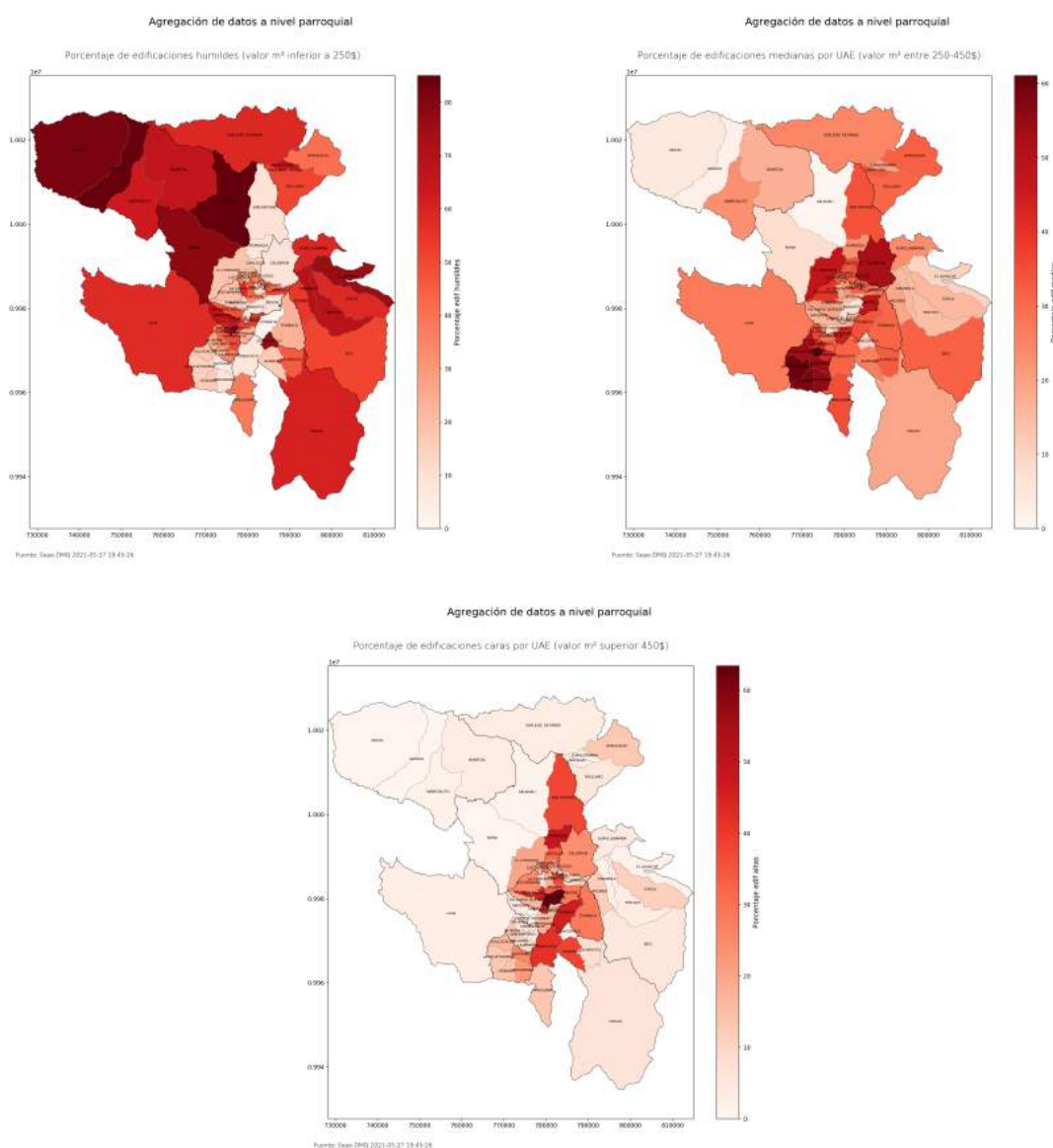


Figura 22: Distribución del porcentaje de edificaciones humildes, de valor medio y alto a nivel de parroquia.

4.3.2. Población

4.3.2.1. Población estimada

Como hemos indicado, la población es siempre un factor relevante para muchas tomas de decisiones, sin embargo existe una carencia persistente que obliga a usar métodos indirectos. En nuestro caso, primero calculamos el número de personas considerando las viviendas existentes (solo las que cumplen tal función, PESV), los abonos de agua (PESA) y lo de electricidad (solo residenciales, PESE), cada uno por separado y considerando una unidad familiar de cuatro personas. Una vez dispuesto el valor, determinamos la población final (PFIN) tomando en cuenta también la población INEC (POBT). La forma es calcular un valor medio entre los datos más representativos

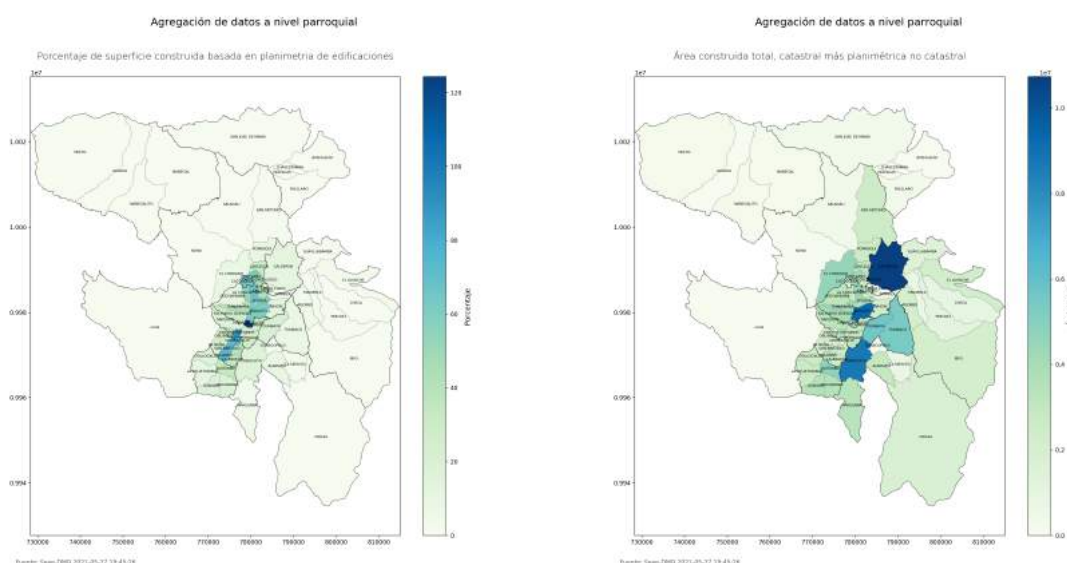


Figura 23: Concentración de la edificación en función del espacio disponible a nivel de parroquia.

que aporta cada uno de los anteriores en la zona de análisis, dado que en ocasiones algunos elementos pueden no estar bien representados cartográficamente.

La Figura 24 muestra en la parte superior el valor total INEC (izquierda) con la estimada final (derecha) y en la parte inferior las variaciones totales y porcentuales entre uno y otro en el DMQ a nivel de parroquia. La población final estimada puede ser menos fiable a la hora de contabilizar grandes zonas, pero tiene un comportamiento razonable a escalas más de detalle, considerando que han pasado 10 años y que la ciudad ha seguido creciendo. También, la variación porcentual es significativa, mostrando las zonas donde, potencialmente, puede haber crecido.

4.3.2.2. Densidades de población

El DMQ tiene un fuerte contraste a nivel de datos entre el ámbito urbano y rural, por lo que los resultados siempre presentan fuertes desequilibrios. De ahí que algunos indicadores traten de analizar ambas zonas de una forma más equitativa.

Uno de ellos es el cálculo de densidad de población por km^2 construido (PDECON), en vez de or área total de la UAE. Para obtenerlo primero sumamos toda la superficie construida obtenida a partir del área planimétrica de las edificaciones disponibles (catastro más otras), para luego calcular la densidad de población (estimada) asociada solo a este área utilizada del territorio. La Figura 25 refleja esta relación, en los mapas superiores la población total INEC 2010 a la izquierda y la densidad de población por parroquia a la derecha. En los inferiores, a la izquierda tenemos la superficie construida y a la derecha la densidad de población asociada a dicha superficie. En este caso, la dependencia no se relaciona con las dimensiones de la parroquia, sino con la cantidad de casas y estructuras construidas en su interior, por lo que la lectura es más equilibrada entre entorno rural y urbano. El mapa inferior derecho muestra, por ejemplo, que hay parroquias donde el equilibrio entre construido y personas que ha-

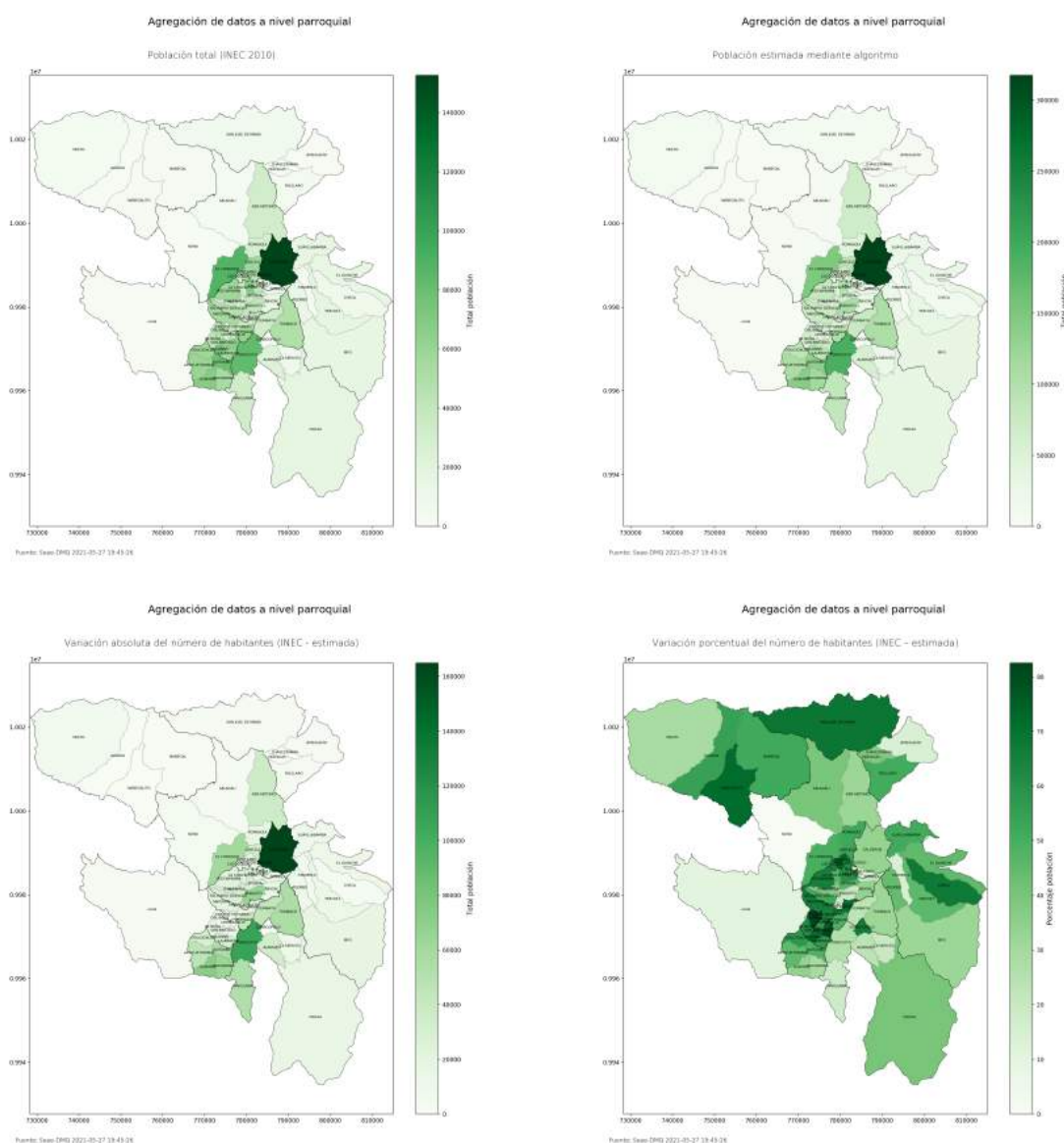


Figura 24: Distribución de la población en función del total INEC y el estimado (arriba), además de las diferencias totales y relativas entre uno y otro (abajo) a nivel de parroquia.

bitan hace que su densidad de ocupación sea menor, mientras que otras ocupan en gran mayor número los espacios construidos.

4.3.2.3. Aproximaciones al hacinamiento

Debido a la pandemia, también se han trabajado una serie de indicadores que podrían ayudar a entender mejor la concentración de personas en espacios residenciales o la disponibilidad de áreas libres, por ejemplo para prever donde puede ser necesario apoyo psicológico. En este sentido, el primero de ellos busca la diferencia entre el área planimétrica construida y del total de la propiedad. Una propiedad ocupada completamente limita los espacios libres a azoteas y balcones, mientras que cuando existen diferencias entre unos y otros, podemos prever la presencia de jardines, huertas, etc.

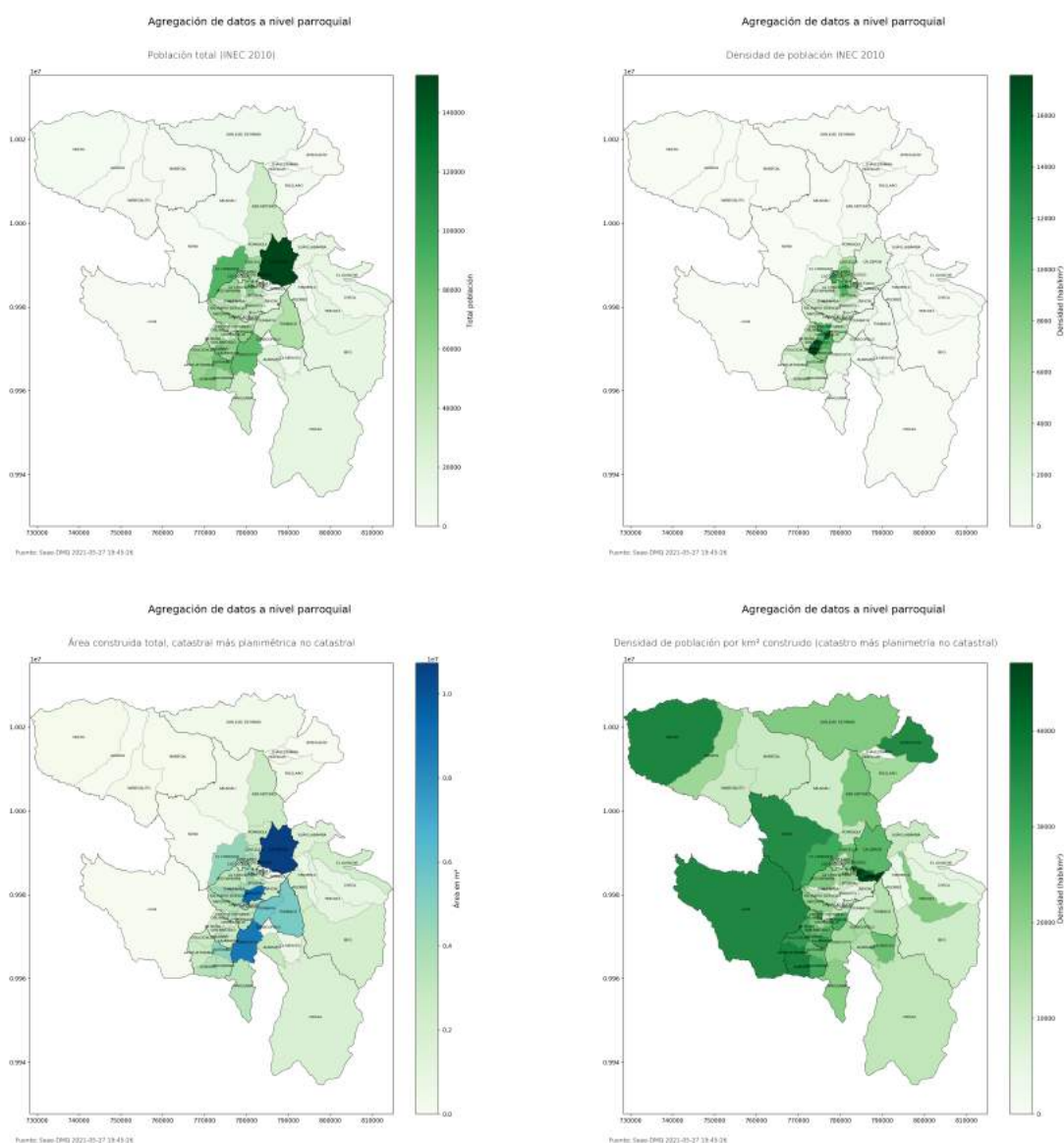


Figura 25: Distribución de la población en función del total INEC, la densidad estándar, la superficie construida y la densidad en función de la superficie construida a nivel de parroquia.

al rededor de la vivienda. Una vez calculado por lote este valor, como indicador en el SEAE-DMQ contamos el número de viviendas en las que la diferencia es positiva (DIFPOS) o tendente a 0 (DIFNEG), considerando los $10 m^2$ como valor de corte, dado que las cartografías no siempre son perfectas. La Figura 26 muestra las diferencias entre una y otra, se observa perfectamente que las zonas con un carácter más urbano, tienen una ocupación mayor del espacio, mientras que según nos alejamos la situación cambia totalmente.

También calculamos la relación que existe entre el número de personas y las viviendas disponibles (UNIFAMED) para valorar el tamaño de la unidad familiar esperada (total de personas viviendo por vivienda). Paralelamente, consideramos los metros cuadrados de vivienda construidos por persona (METPER). Estos indicadores sirven tanto para detectar zonas donde la relación esta desequilibrada, normalmente por

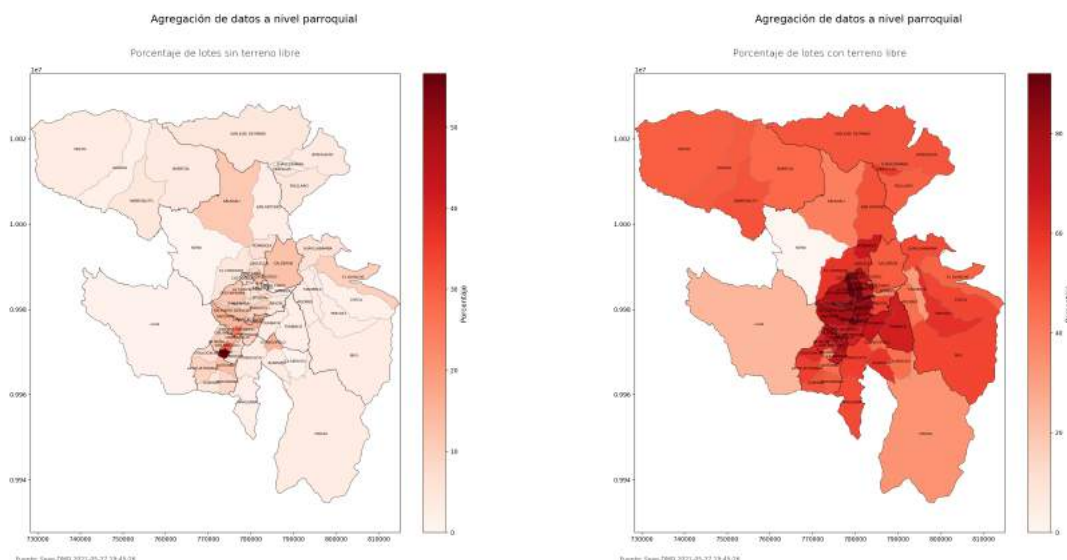


Figura 26: Diferencias entre el área planimétrica construida y el total de la propiedad.

errores en los datos, como para evaluar la ocupación del espacio construido. Son indicadores que deben manejarse con cierta reserva en la zona rural, pero que pueden ayudar bastante en las zonas urbanas, especialmente cuando se trabaja a mayor detalle y en condiciones de pandemia como las actuales (Figura 27).

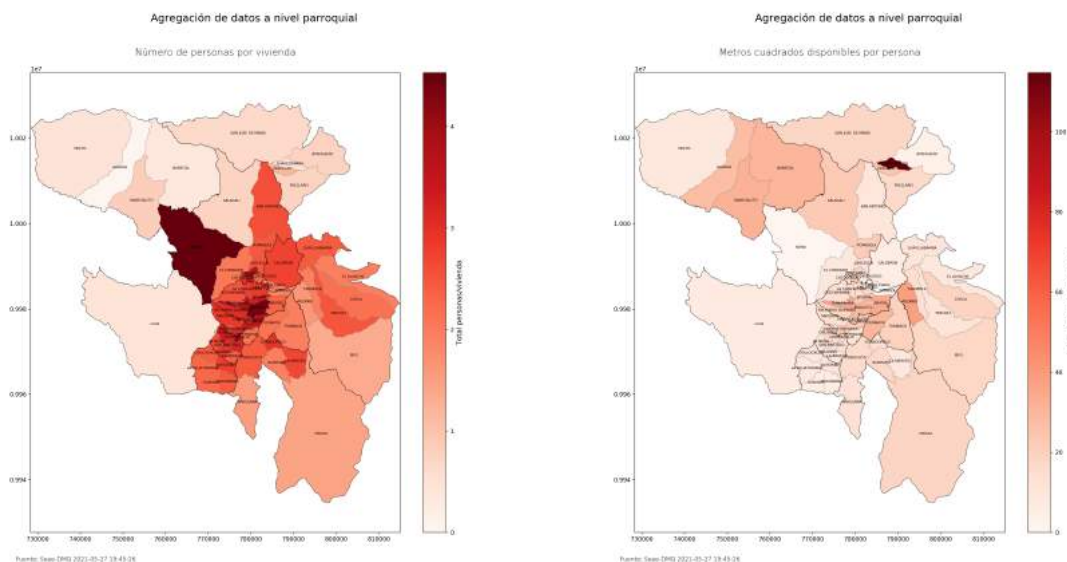


Figura 27: Relación entre el número de viviendas y la población total (izquierda) y el área construida y también el total de población estimada a nivel de UAE (derecha).

4.3.3. Servicios e infraestructuras

4.3.3.1. Niveles de cobertura estimados

Este apartado implicó generar primero lo que denominamos *superviario*, obtenida a partir de la combinación de capas de la misma temática para tener una única que cubra todo el DMQ y represente la totalidad de la red de transporte. Está formada, como base, por el callejero municipal más la agregación de otros callejeros procedentes del IGM (carto 1:5000), Open Street Map e INEC 2010 similar a lo que hacemos con la capa de edificaciones.

A partir de ella y en combinación con determinados servicios que tienen un carácter longitudinal (tuberías, cableado, etc) hemos estimado la cobertura potencial de los mismos por su grado de ocupación a nivel de vía. El objetivo es detectar el porcentaje de vías que tienen presente este tipo de servicios (o ausente) respecto al total de metros de vías disponibles en una UAE. Los indicadores obtenidos mediante esta técnica son los siguientes: COBILU, COBELE, COBALC, COBAGL, COBTEL (Figura 28). Luego tenemos una aproximación a nivel de lote derivada de los abono de agua (COBAGU) y otra por radio o distancia a nivel de antenas de telefonía móvil (COBANT) (Figura 29)

Este apartado requiere cierto nivel de actualización, que no siempre está disponible, por lo que hay que manejarlo con cierta cautela. Además, en ocasiones existen fuertes contrastes entre el mundo rural y urbano, no porque no existan servicios, sino porque la cartografía en estas áreas más alejadas está mas retrasada. El uso, por tanto, de estos indicadores requiere equilibrar ambos espacios. **Esta iniciativa tiene un componente experimental importante y esta destinada a orientar, más no a proveer datos exactos.**

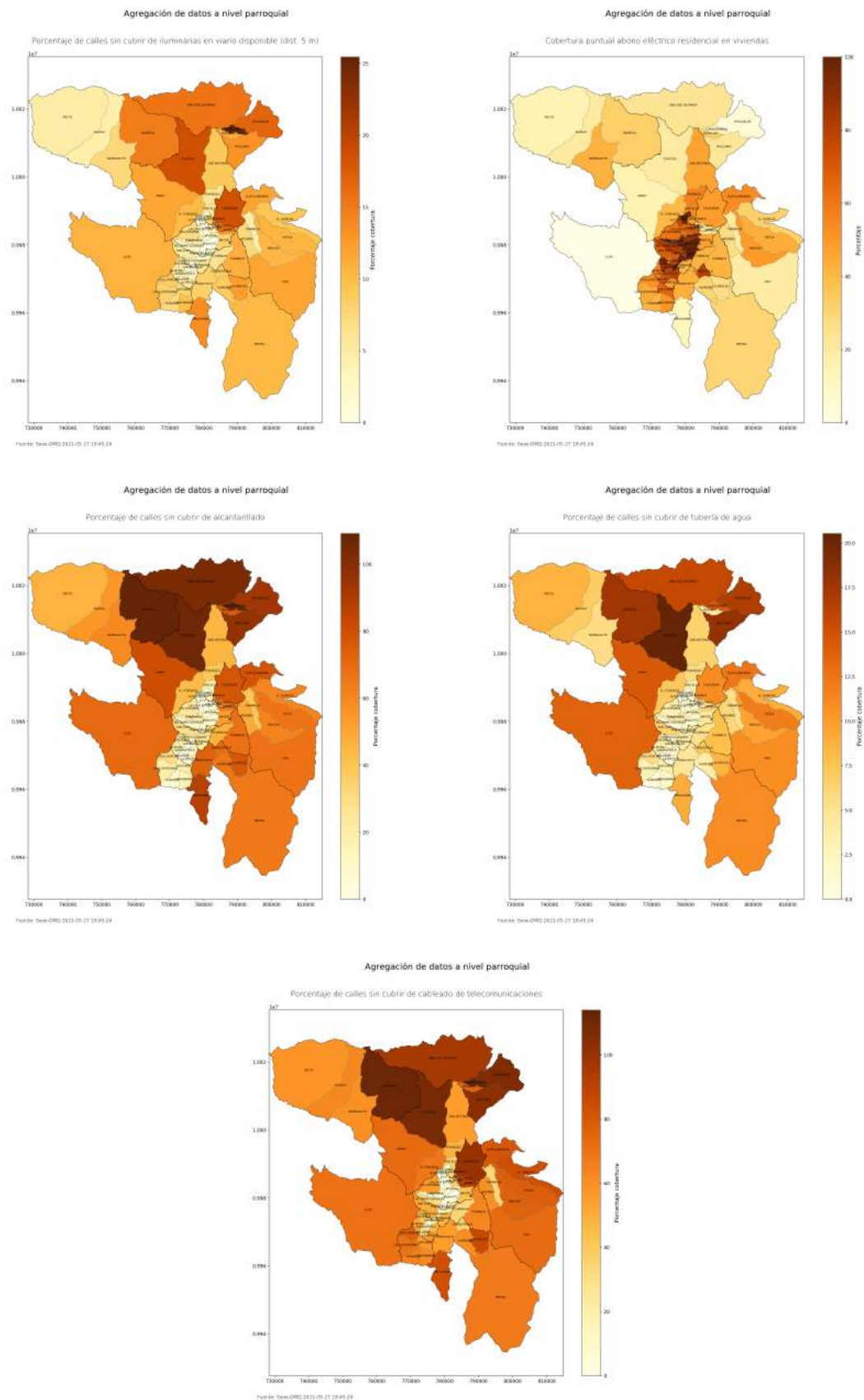


Figura 28: Porcentaje de vías de transporte ocupadas por determinados servicios.

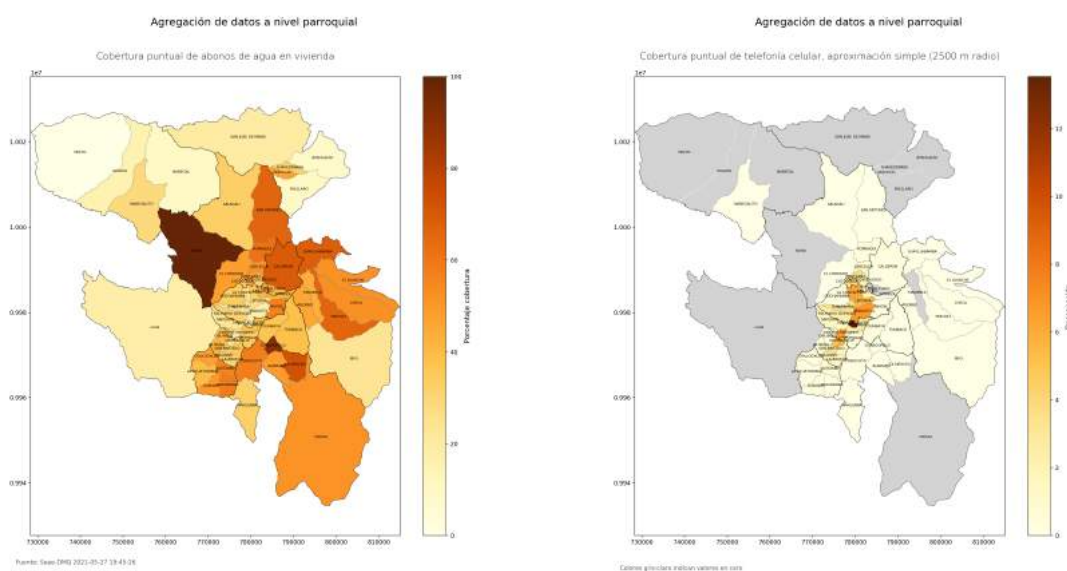


Figura 29: Cobertura estimada del servicio de agua por lote y de antenas de telefonía móvil según radio de operación aproximado.

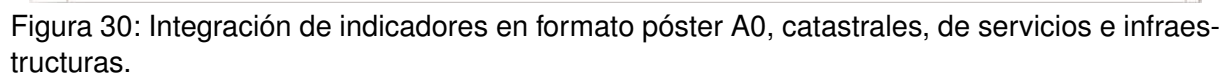
Capítulo 5

Ejemplos de uso del SEAE-DMQ

Para mostrar el potencial del SEAE-DMQ se han escogido una serie de ejemplos de zonas y temáticas diversas trabajados por el grupo a lo largo de este periodo (2019-2021). La idea es mostrar la flexibilidad del sistema a la hora de abordar aspectos distintos, si bien es importante resaltar que, en muchas ocasiones, la especificidad de los problemas requieren añadir desarrollos concretos o, simplemente, invertir gran cantidad de tiempo en incorporar los datos necesarios. En cualquier caso, estas iniciativas paralelas también se automatizan para que puedan servir en futuros análisis, lo que permite incrementar la efectividad y rapidez a la hora de dar evaluar nuevas zonas.

5.1. Evaluación general del DMQ por áreas temáticas, estrategia Raster-Vector

Con una finalidad genérica, tenemos la posibilidad de evaluar el DMQ desde distintas ópticas en función de las capas vectoriales disponibles y los indicadores que se obtienen, algunos de los cuales se han comentado con más en detalle. Como ejemplo de ello, las Figuras 30, 31 y 32 muestra la representación gráfica de cada uno de los indicadores integrados en un póster a escala parroquial (podría usarse cualquier otra UAE). Esta combinación nos permite evaluar visualmente diferentes aspectos mediante la simple comparación entre los resultados de unos y otros, sería una aproximación básica.



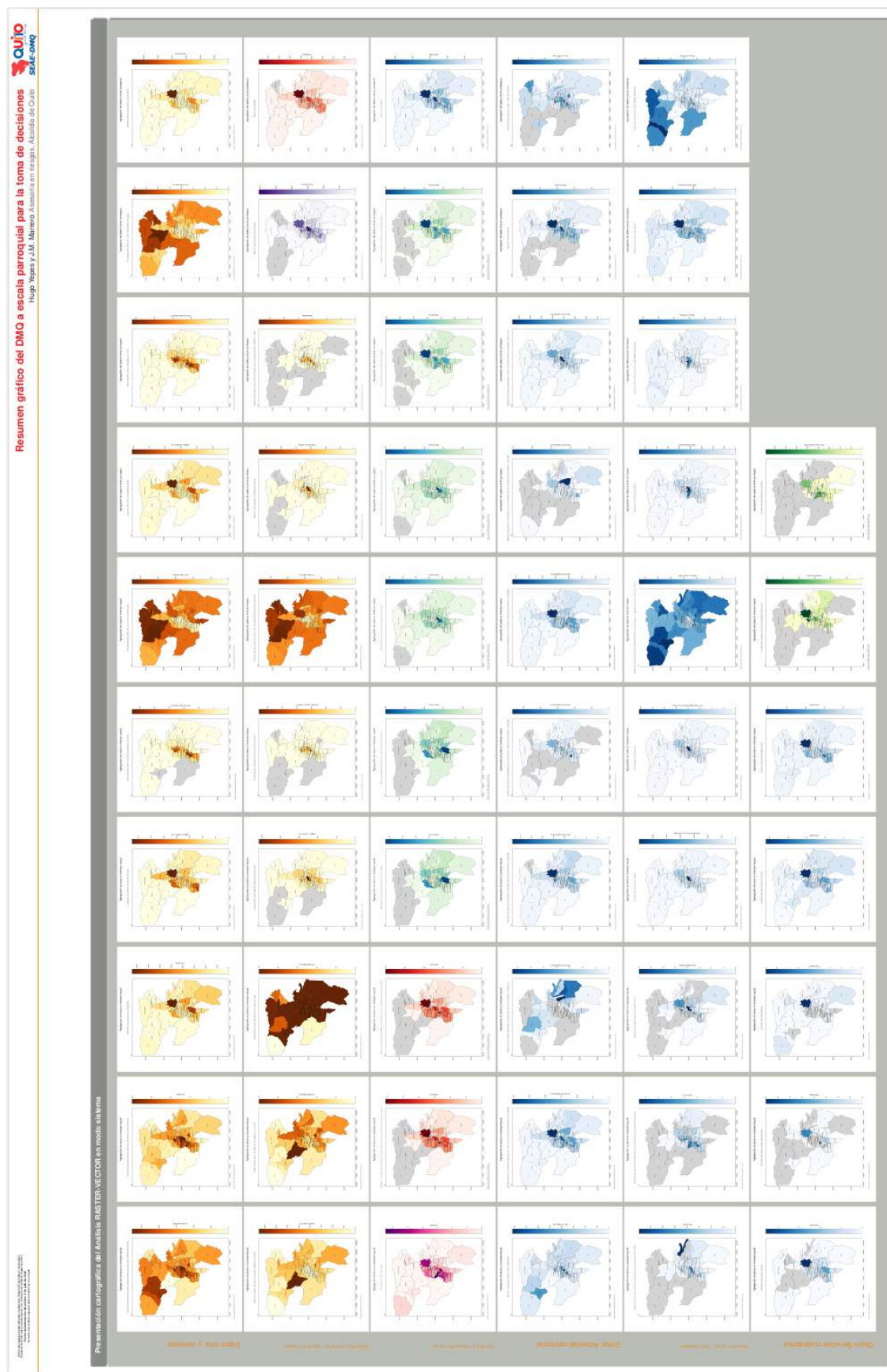


Figura 31: Integración de indicadores en formato póster A0, de servicios en general, seguridad y riesgos y socioeconómicos.

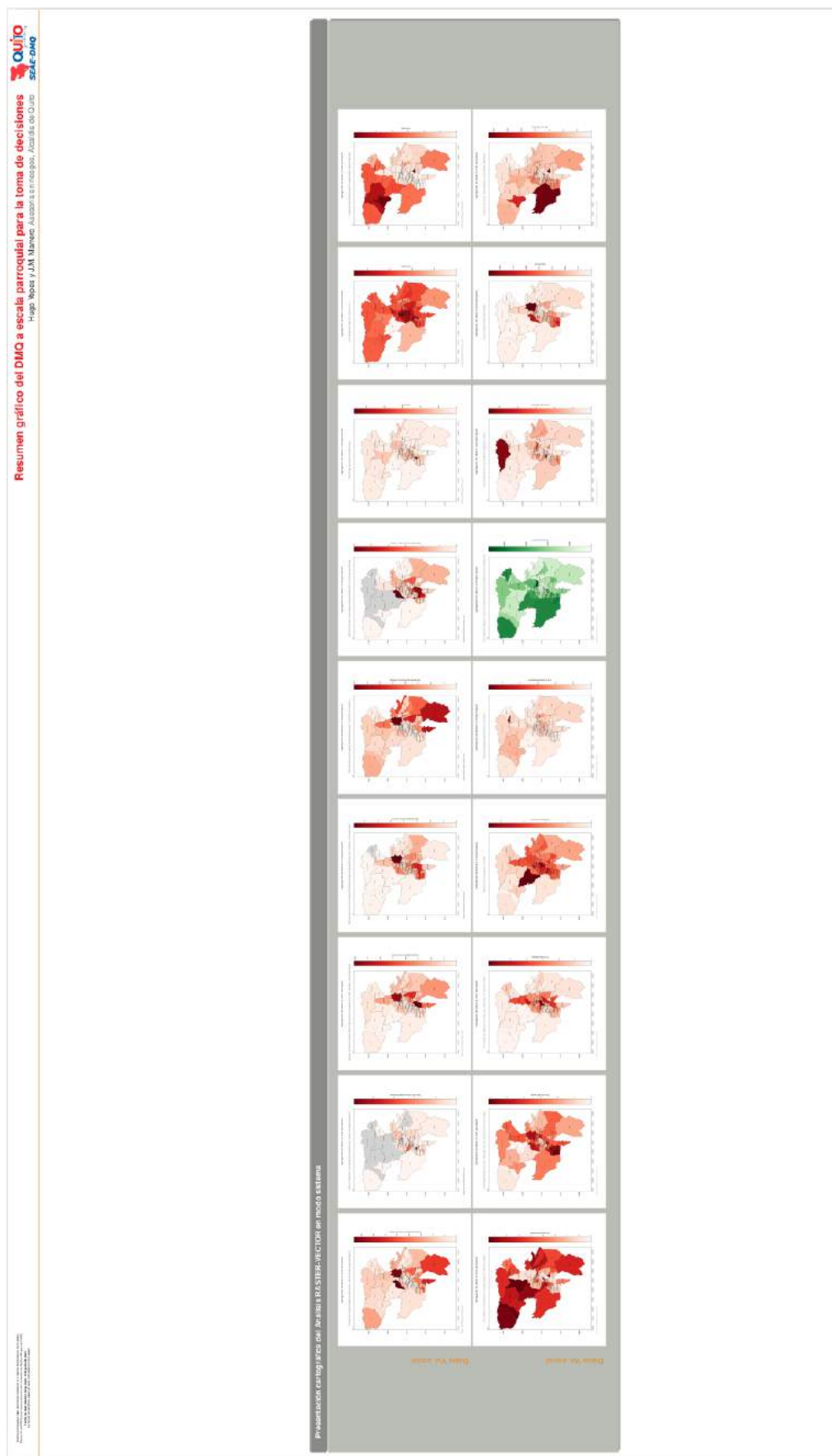


Figura 32: Integración de indicadores en formato póster A0, específicos para vulnerabilidad social.

5.2. Evaluación de personas e infraestructuras en espacios reducidos, estrategia Raster-Vector

Más en detalle, en Solanda todavía persiste desde hace años un proceso de legalización de las franjas que dan acceso al interior de las manzanas. En este caso, nuestra propuesta fue poner de relieve las implicaciones que tendría dicho cierre desde el punto de vista de la seguridad, la falta de acceso a vehículos de emergencia (Figura 33) así como las dificultades para el mantenimiento de las infraestructuras básicas. Para ello, se diseñaron UAE de forma manual que abarcaban la zona potencialmente afectada por el mencionado cierre y se calculó el número de personas e infraestructuras expuestas por esta potencial decisión de legalización (Yepes et al., 2019). El diseño de la UAE se muestra en la Figura 34 en rojo, donde también aparece superpuesta la distribución de lotes en una de las manzanas. Como puede verse, el polígono sólo contiene aquellos lotes cuyo acceso se produce desde el interior de la manzana, el resto quedan fuera.

En total se diseñaron 58 UAE para cubrir todas las manzanas del barrio de Solanda (Figura 35). La Tabla 12 muestra algunas de los principales indicadores tras en análisis efectuado mediante el SEAE-DMQ donde, globalmente, tenemos una población estimada de 21315 personas, con un valor total catastral expuesto de 156.654.459,13 dólares, 352 iluminarias, 3515 m de cable de telecomunicaciones, 16670 m de alcantarillado y 15290 m de tubería de agua potable entre otros. Como puede verse, en muy poco tiempo puede hacerse una valoración aproximada de lo que implicaría tomar determinadas decisiones



Figura 33: Los accesos actuales ya no permiten la entrada de vehículos de emergencia en la mayoría de los casos, lo que dificulta las acciones de respuesta de los profesionales.



Figura 34: Diseño de una UAE en función de las características de las edificaciones cuyo acceso se sitúa en el interior de la manzana. La UAE recoge toda la zona potencialmente afectada.



Figura 35: Distribución de UAE con su ID para cada manzana potencialmente afectada por el cierre de las franjas.

Tabla 12: Evaluación de UAE obtenidas para las manzanas afectadas por el cierre de acceso de las franjas en el barrio de Solanda.

ID	ARE	VALTO	NVIV	PORCON	PORHUM	POBT	PFIN	FARO	TELE	ALC	AGU
1	6711.65	4483041.02	164	172.44	39.24	459	656	7	360	305	400
2	2666.76	1686915.77	66	165.61	56.06	0	208	4	55	170	205
3	6649.46	4569729.92	167	181.63	50.90	296	566	9	275	415	485
4	2669.93	1348207.01	59	132.23	76.27	0	194	5	115	210	200
5	3375.59	3032220.58	122	228.35	40.98	262	408	4	10	80	165
6	6671.31	4621079.13	199	185.44	35.18	444	648	9	185	415	395
7	4265.29	2938282.60	119	172.50	41.18	182	374	6	210	340	300
8	236.15	98955.13	6	131.88	100.00	0	22	1	5	20	20
9	6832.71	4963864.05	186	180.50	34.41	524	744	9	230	440	395
10	2621.80	1518039.59	66	143.43	34.85	0	214	4	105	210	205
11	223.76	136676.15	3	141.76	0.00	0	16	1	0	20	20
12	6691.34	4343501.36	172	157.66	31.14	519	688	10	10	425	400
13	2588.88	1471948.99	63	145.72	47.62	195	252	4	0	220	205
14	6692.93	3923416.83	194	151.89	33.51	245	540	13	240	425	395
15	2594.15	1333085.49	66	154.11	62.12	93	204	4	100	20	195
16	6712.56	4060659.47	168	148.99	42.86	286	548	7	0	430	390
17	6631.90	4248750.32	170	161.90	41.18	381	680	8	0	410	380
18	6699.65	4545651.24	193	170.46	41.97	201	614	8	200	445	375
19	2715.53	1708970.37	81	164.43	27.16	185	324	4	135	225	205
20	6698.08	4301912.78	190	167.69	43.68	170	582	10	290	465	395
21	2619.75	1497028.63	61	152.46	40.98	0	198	4	0	210	190
22	2540.55	1483667.54	66	151.07	31.82	181	264	4	5	225	190
23	2553.50	1578456.16	60	151.07	35.59	51	200	4	0	220	195
24	2571.63	1678085.48	71	171.13	47.89	230	284	5	0	205	190
25	6482.69	4324598.56	189	176.82	47.62	458	614	9	0	505	440
26	6645.81	4286509.46	176	168.84	34.27	272	528	15	260	560	465
27	2652.38	1632442.86	67	177.52	55.22	0	236	4	115	220	205
28	4393.30	2756688.10	99	164.47	35.35	313	396	7	40	360	325
29	6590.83	4043037.49	170	155.06	32.94	275	550	9	0	395	385
30	371.08	213278.82	10	169.47	90.00	0	32	0	0	30	30
31	2556.85	1567331.80	62	153.74	40.32	163	248	4	15	210	205
32	6599.86	4196132.30	181	159.10	45.30	379	598	14	0	405	380
33	201.01	57028.52	2	77.85	0.00	0	20	0	0	35	35
34	6699.04	5024107.53	157	179.07	31.85	194	544	12	280	455	380
35	5562.61	3683648.00	137	164.47	39.42	221	472	6	0	365	345
36	6800.94	4884328.95	176	172.47	26.70	189	600	7	0	445	400
37	6649.79	4015496.47	153	150.63	49.67	339	500	10	5	440	395
38	2615.35	1730316.37	68	153.68	30.88	113	204	4	0	205	205
39	298.72	208670.06	12	225.68	75.00	0	44	0	0	35	25
40	6667.73	4494262.60	163	166.12	35.58	372	542	9	0	415	385
41	208.60	168156.38	6	213.49	0.00	0	28	0	0	20	30
42	2746.76	1951343.44	72	166.46	19.44	213	288	4	10	230	205
43	206.22	123295.08	4	170.66	50.00	0	20	0	0	20	20
44	6860.71	4114600.00	180	156.66	33.33	239	572	9	0	480	355
45	2570.67	1477217.92	65	152.23	52.31	78	204	7	0	195	190
46	6798.13	4522815.35	167	165.29	34.13	397	566	10	5	505	395
47	2529.99	1739884.91	62	170.54	30.65	0	198	4	0	205	170
48	2655.19	1723214.65	66	161.31	31.82	223	264	5	0	225	195
49	2702.37	1448970.18	62	142.03	50.00	86	200	3	0	220	190
50	6651.30	4742752.80	164	171.23	17.68	234	522	10	10	525	440
51	5775.46	3664396.37	135	164.58	37.78	239	452	6	0	410	350
52	2705.29	1659578.54	63	157.83	42.86	114	210	5	0	235	195
53	6695.42	4241405.39	135	176.31	60.74	314	480	9	0	425	395
54	8341.59	5588573.14	240	175.97	52.08	550	960	13	20	545	495
55	5781.33	3562772.38	121	147.35	22.31	238	376	8	225	375	295
56	3424.68	2247403.79	82	178.81	34.15	148	262	5	0	260	270
57	1458.02	988055.33	18	158.54	37.50	157	157	0	0	0	0

5.3. Evaluación de las zonas en peligro, estrategia Raster-Vector

Desde un punto de vista más funcional y asociado a la gestión de riesgos, se realizó una evaluación de las 10 zonas afectadas por inundaciones y consideradas críticas por la Dirección General de Gestión de Riesgos que tienen lugar a lo largo del río Machángara y quebradas próximas (Figura 36). Esta evaluación tiene como objetivo determinar la exposición de personas, infraestructuras y otros parámetros como base para obtener respuestas rápidas a un problema que todavía sigue sin tener una solución clara. El tiempo que tomó la misma fue una mañana y se ha ido mejorando con la inclusión de nuevos indicadores en el SEAE-DMQ a lo largo del tiempo así como el apoyo de otras técnicas de análisis que ya estaban disponibles (Figura 37).

Estas zonas, globalmente, implican a una población total de 12476 personas, donde además se encuentran servicios básicos como 2 colegios, 2 zonas deportivas y otros parámetros. En la Tabla 13 hemos caracterizado en detalle la zona 6 que aparece en la Figura 37 con más detalle.

Tabla 13: Indicadores obtenidos para la zona de peligro número 6.

Indicador	Descripción	Valor
ID	Identificador de la unidad espacial evaluada	6
CODE	Código de la unidad espacial evaluada	ZONA_6
ARE	Área SIG de la unidad espacial evaluada (m^2)	104485.05
PER	Perímetro SIG de la unidad espacial evaluada (m)	2127.20
X	Coordenada Y centroide de la unidad espacial evaluada (UTM17S)	774049.24
Y	Coordenada X centroide de la unidad espacial evaluada (UTM17S)	9966001.06
ARTE	Área total de terreno catastrado (m^2)	51049.27
ARBAL	Área catastrada baldía (m^2)	25430.25
ARCO	Área total construida (m^2)	11050.18
VALT	Valor total terreno catastrado (\$)	6131872.43
VALC	Valor total construido catastrado (\$)	2739965.75
VALTO	Valor total catastrado (\$)	9008405.921875
PORCON	Superficie construida por UAE (%)	10.57
NLOTE	Número de lotes por UAE	41
NPRE	Número de predios por UAE	154
NCON	Número de construcciones por UAE	264
NVIV	Número de construcciones-vivienda por por UAE	141
NPRO	Número de propietarios por UAE	154
NUC	Número de unidades constructivas por UAE	29
NBLO	Número de bloques por UAE	30
CONFLI	Numero de lotes donde existe potencial conflicto de propiedad	2
NEDIFB	Total edificaciones bloque por UAE	21
NEDIFU	Total edificaciones UC no coincidentes por UAE	0
NEDIFI	Total edificaciones IGM no coincidentes por UAE	0
NEDIFO	Total edificaciones OSM no coincidentes por UAE	0
NEDIFN	Total edificaciones INEC no coincidentes por UAE	19
NEDIFT	Total edificaciones por UAE	40
AREPLAB	Área planimétrica edificaciones bloque por UAE (m^2)	7227.10
AREPLAU	Área planimétrica edificaciones UC por UAE (m^2)	0
AREPLAI	Área planimétrica edificaciones IGM (m^2)	0
AREPLAO	Área planimétrica edificaciones OSM (m^2)	0
AREPLAN	Área planimétrica edificaciones INEC (m^2)	3250.72
AREPLAT	Área planimétrica edificaciones total (m^2)	10477.83
PORPLA	Área construida basada en planimetría (%)	10.02
PORHUM	Edificaciones humildes (m^2 inferior a 250\$, %)	11.34
SUMCONS	Área construida total (m^2)	14300.90
VINOCAT	Edificaciones no catastradas (%)	11.87
POBT	Población total INEC 2010 por UAE	280
DENPO	Densidad de población (personas/ km^2)	2679.80
POBE	Población en edad escolar por UAE	113
Continúa en la siguiente página...		

Indicador	Descripción	Valor
PODIS	Población con discapacidad por UAE	6
POMI	Población minorías raciales por UAE	7
POME	Población mestiza por UAE	253
POBL	Población blanca por UAE	20
PESE	Población estimada basada en abonos eléctricos por UAE	388
PESV	Población estimada basada en viviendas por UAE	564
PESA	Población estimada basada en abonos de agua por UAE	436
PFIN	Población estimada mediante algoritmo	500
PDECON	Densidad de población por km^2 construido	34962.81
PMINO	Porcentaje de minorías respecto a población total	1.4
POBVAR	Variación absoluta del número de habitantes (INEC - estimada)	220
POBVPO	Variación relativa del número de habitantes (INEC - estimada, %)	56
VIA	Vías de transporte por UAE (m)	1035
DENV	Densidad de vías por UAE km/km^2	9.570747
VIAONE	Número de conexiones-nodos	54
DENCON	Número de conexiones-nodos por km^2	1186.77
FARO	Iluminarias por UAE	35
COBILU	Cobertura espacial de iluminarias (%)	16.90
ABOE	Abonados electricidad por UAE	128
ABOR	Abonados electricidad residenciales por UAE	97
ABOI	Abonados electricidad industriales por UAE	0
ABOC	Abonados electricidad comerciales por UAE	3
ABOO	Abonados electricidad otros por UAE	28
COBELE	Cobertura por unidad de vivienda del servicio eléctrico (%)	60.62
POST	Número de postes por UAE	57
ALC	Tubería de alcantarillado por UAE (m)	1860
COBALC	Cobertura espacial de alcantarillado en viario (%)	100
AGU	Tubería de agua potable por UAE	620
ABOA	Abonados de agua potable por UAE	109
COBAGU	Cobertura por unidad de vivienda del servicio de agua (%)	68.12
COBALO	Cobertura por lote del servicio de agua (%)	100
TELE	Cableado de telecomunicaciones (m)	320
COBTEL	Cobertura espacial de cableado en viario disponible (%)	30.91
DEPO	Número de centros deportivos	1
PIURB	Fallos en infraestructuras y elementos estructurales por UAE	1
INURB	Incidencia de fallos (%)	0.04
PIFOR	Incendios forestales por UAE	0
INIFOR	Incidencia de incendios forestales (%)	0
PMOVI	Movimientos en masa por UAE	1
INMOVI	Indicador normalizado de movimientos en masa (%)	50
PINUN	Número de puntos de inundación	0
INNUM	Indicador normalizado de inundaciones	0
POBNES	Numero de personas necesitadas por unidad espacial	19
POBPEN	Numero de personas necesitadas pendiente de recibir kit	4
PORATE	Ratio entre pendientes y entregados	21.05
DENNES	Personas necesitadas por cada 500 habitantes	19

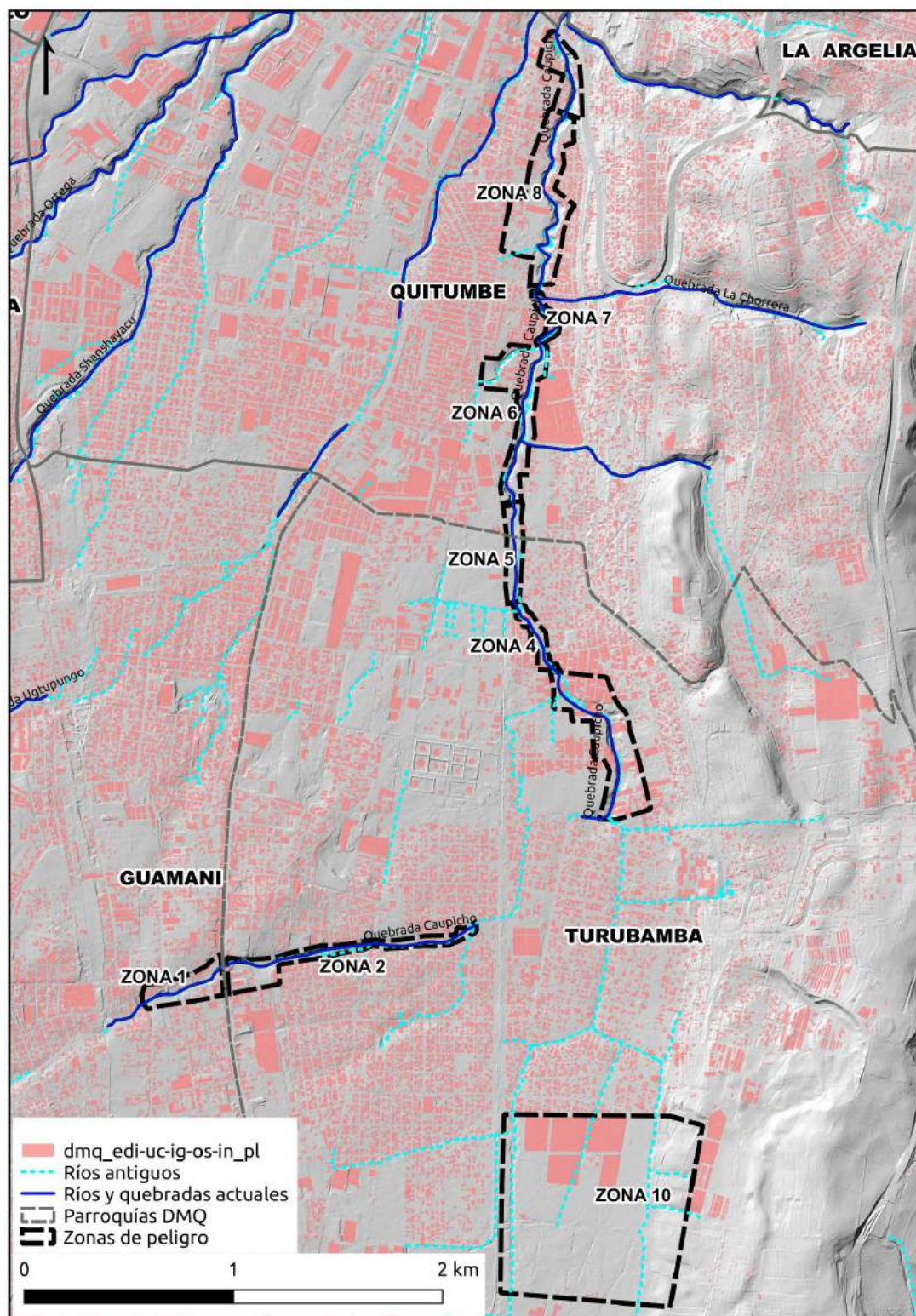


Figura 36: Distribución de zonas de peligro por inundaciones parciales del río Machángara y quebradas próximas definidas por la DMGR.

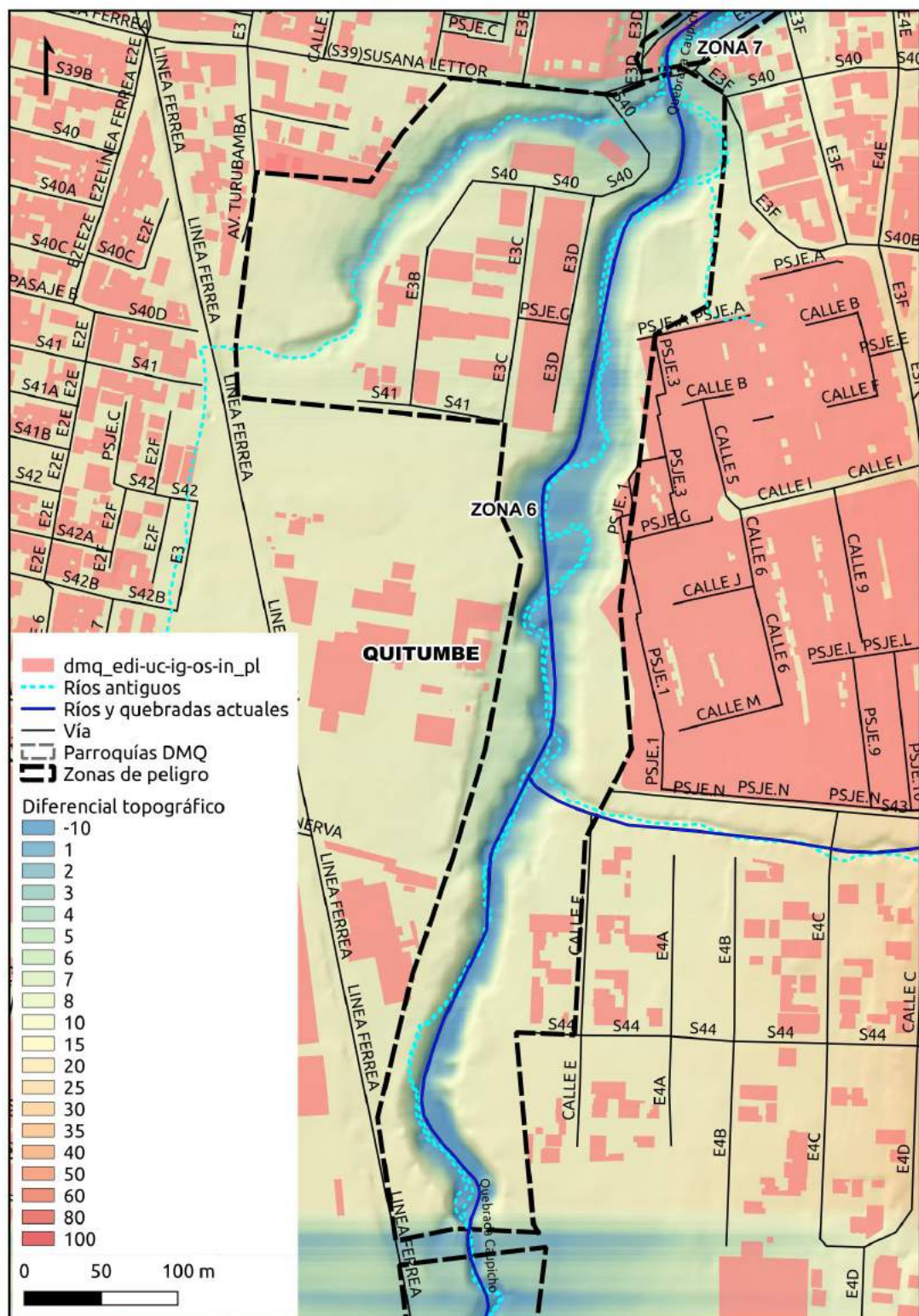


Figura 37: Apoyo con otras técnicas de análisis, entre ellas el Topohazard (Marrero et al., 2016), para interpretar las características morfológicas del terreno.

5.4. Evaluación de las solicitudes de ayuda, estrategia Vector-Raster

Otro de los trabajos realizados fue el procesado de las solicitudes de kits de ayuda como consecuencia de la situación de emergencia generada por la pandemia (Yepes and Marrero, 2020). Estos datos son sumamente relevantes porque nos hablan, no sólo de la población más vulnerable, sino también de aquella que vive en condiciones límite y que, ante una paralización de la economía, se ven en una situación de crisis. El ejemplo en este caso deriva, como indicábamos, de la necesidad de realizar desarrollos específicos antes de poder incorporar los datos al SEAE-DMQ, además de mostrar como puede ampliarse y combinarse la información final obtenida.

La Figura 38 muestra la distribución de personas que solicitaron ayudas para recepción de kit hasta el 31/05/2020, en valores absolutos (mapa de la izquierda) y relativos (derecha). Obviamente, la representación visual de los datos también es relevante (Field, 2020), de ahí que muchas veces el SEAE-DMQ disponga del mismo indicador calculado de distinta forma. Este mapa se obtuvo gracias al desarrollo específico llevado a cabo de dichos datos el cual tomo más de un mes de trabajo (Yepes and Marrero, 2020). Sin embargo, uno de los desarrollos se centró en mejorar la calidad de las coordenadas mediante distintas estrategias, entre ellas la comparación de la parroquia indicada por el solicitante en relación a la obtenida por medio de la coordenada reportada. Para ello se llevaba a cabo un cruce espacial Vector-Raster sobre un grupo de UAE identificadas como de tipo administrativos, donde el resultado de una muestra se observa en la Tabla 14. Este proceso permitía la caracterización de cada solicitud en cuestión de segundos, lo que facilitaba luego su procesado en fases posteriores.

Tabla 14: Adición de valores administrativos a cada una de las coordenadas que representan una solicitud de ayuda. En los nombres, los espacios se han sustituidos por guiones bajos para formar una palabra completa y facilitar su lectura en C.

codid	xcoor	ycoor	zd	zcod	zname	pid	pcod	pnam	bid	bcod	bname
59294	775101.6	9968251.2	1	0	ELOY_ALFARO	16	0	LA_ARGELIA	872	2030010	LUCHA_DE_POBRES
59295	773696.9	9973768.0	1	0	ELOY_ALFARO	19	0	CHILIBULO	1117	2060016	PROTEC_CHILIBULO
59296	778913.0	9974439.3	4	0	CENTRO	26	0	PUENGASI	662	3010010	MONJAS_MEDIO
59297	774597.1	9970268.1	1	0	ELOY_ALFARO	8	0	SOLANDA	203	2040011	QUITO_SUR
59298	782332.9	9986594.3	2	0	LA_DELICIA	10	0	COMITE_DEL_PUEBLO	887	5030005	COMITE_DEL_PUEBLO
59299	782259.3	9983685.3	7	0	NORTE	11	0	SAN_ISIDRO	899	4090002	BUENOS_AIRES
59300	785373.6	9987203.0	11	0	CALDERON	52	0	CALDERON	703	8100022	EL_INCA
59301	773961.6	9972919.0	1	0	ELOY_ALFARO	19	0	CHILIBULO	262	2060002	CUARTEL_M_SUCRE
59302	774490.8	9962795.3	8	0	QUITUMBE	33	0	TURUBAMBA	1084	1020016	SIN_NOMBRE17
59303	777351.2	9973833.0	1	0	ELOY_ALFARO	1	0	CHIMBACALLE	290	2080004	LULUNCOTO
59304	777167.1	9986759.7	7	0	NORTE	37	0	COCHAPAMBA	606	4060003	BELLAVISTA
59305	779706.9	9981942.1	7	0	NORTE	24	0	RUMIPAMBA	445	4040001	CHAUPICRUZ

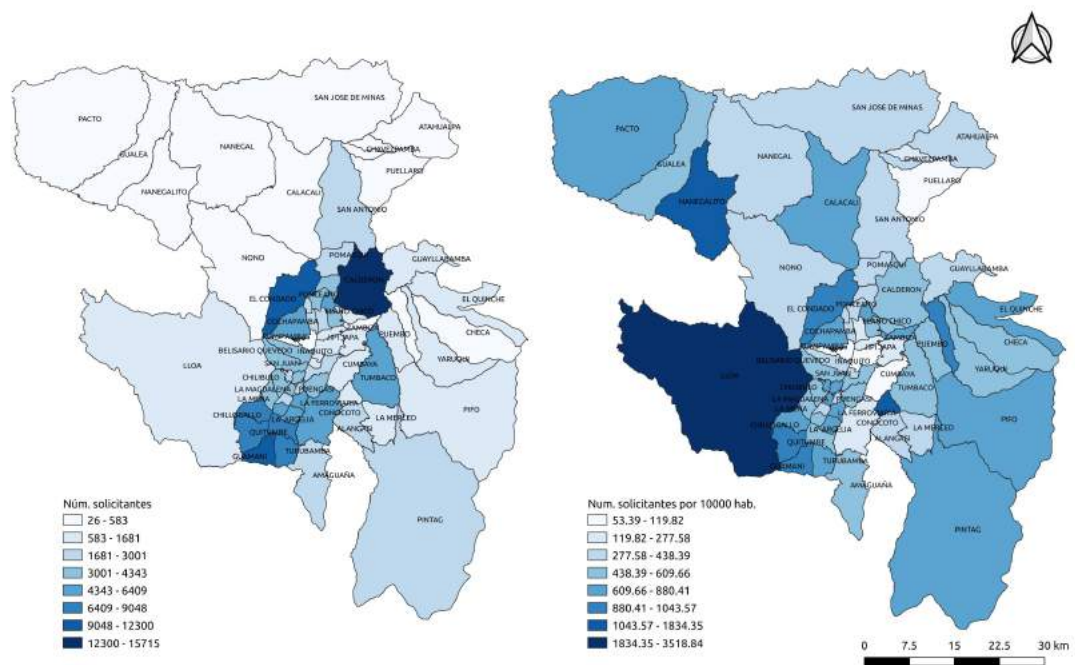


Figura 38: Solicitantes de ayuda absoluto y relativo a nivel parroquial.

Capítulo 6

Conclusiones

Con los ejemplos presentados, que son unos pocos de los ya trabajados durante el proceso de desarrollo del SEAE-DMQ, se evidencia la capacidad de las metodologías de análisis espacial que conforman el sistema para ayudar a entender de manera más integral el territorio y como un apoyo fundamental en la toma de decisiones. Esto se logra utilizando la mejor información disponible a nivel de las entidades municipales y de otras externas al municipio y generando capas nuevas de información a partir de cruces espaciales y de la corrección, procesamiento y aplicación de operaciones a los datos ya existentes. No menos importante es el hecho que, una vez depurados los datos originarios, los análisis han sido realizados en tiempos cortos, acordes a las necesidades de la repuesta ante emergencias o a la urgencia administrativa con la que nos llegaban los pedidos desde diferentes instancias municipales para la toma de decisiones.

El SEAE-DMQ, por su propio carácter experimental e investigativo es un sistema dinámico en constante evolución y perfeccionamiento. Su éxito depende también de su uso por múltiples instancias municipales y colectivos para la mejora de los diagnósticos, la planificación y la toma de decisiones en el ámbito de sus competencias y responsabilidades. En tal sentido, al momento se encuentra en marcha una primera fase de capacitación e implementación del sistema en varias instancias de la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad, en especial en la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos y el COE-Metropolitano, acogiéndonos a la idea inicial del desarrollo del sistema. Las experiencias que se vayan obteniendo en esta primera fase servirán para proponer los siguientes pasos.

Bibliografía

- Cesar Gonzalo, A.T., 2017. *El comercio informal y el derecho al buen vivir (trabajo y seguridad social) de los comerciantes informales de la ciudad y cantón quito, zona manuela sáenz, en el primer semestre del año 2016*. Trabajo de investigación previo a la obtención del título de abogado. Available from: <http://200.12.169.19/bitstream/25000/11030/1/T-UCE-0013-Ab-101.pdf>.
- Field, K., 2020. *Mapping coronavirus, responsibly*. Esri. Accessed 2020-05-04. Available from: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/mapping/mapping-coronavirus-responsibly/>.
- Golden Software Inc., 2002. *Surfer user's guide. contouring and 3d surface mapping for scientists and engineers*. Available from: https://gis.fns.uniba.sk/vyuka/DTM_ako_sucast_GIS/Kriging/2/Surfer_8_Guide.pdf.
- Huang, C.W. and Shih, T.Y., 1997. On the complexity of point-in-polygon algorithms. *Computers & geosciences*, 23(1), pp.109 – 118. Available from: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(96\)00071-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0098-3004(96)00071-4).
- INEC, 2010a. *Base de datos-censo de población y vivienda 2010 – a nivel de manzana*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Available from: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010-a-nivel-de-manzana/> [Accessed 2017-06-27].
- INEC, 2010b. Censo de población y vivienda.
- INEC, 2011. *Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico NSE 2011*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Accedido el 04/05/2020. Available from: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Estratificacion_Nivel_Socioeconomico/111220_NSE_Presentacion.pdf.
- Kernighan, B.W. and Ritchie, D.M., 1998. *The c programming language*. Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Marrero, J., Vasconez, F., Espín, P., Sierra, D., Yepes, H., Pástor, J., Erazo, C., Estrella, C. and Mothes, P., 2016. Topohazard, a methodology to improve lahar hazard maps for a better emergency and urban planning. *Cities on volcanoes 9, iavcei*.
- Marrero, J., Yepes, H., Pastor, J., Palacios, P.B., Erazo, C., Ramón, P. and Estrella, C., 2019. Integrating and geolocating post earthquake building damage surveys:

- The 7.8 mw jama-pedernales earthquake, ecuador. *Spatial information research*. Available from: <https://doi.org/10.1007/s41324-018-0230-y>.
- Nordbeck, S. and Rystedt, B., 1967. Computer cartography point-in-polygon programs. *Bit numerical mathematics*, 7, pp.39–64. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF01934125>.
- Preparata, F. and Shamos, M., 1991. *Computational geometry: An introduction*. Springer.
- QGIS Development Team, 2016. *Qgis geographic information system*. (software). Open source geospatial foundation project. Available from: <http://qgis.osgeo.org>.
- Rossum, G. van, 1995. *Python tutorial*. Amsterdam, Netherlands: Centrum voor Wetkunde in Informatica (CWI). Available from: <https://docs.python.org/2.0/tut/tut.html>.
- Sobell, M.G., 2015. *A practical guide to ubuntu linux*. Pearson Education.
- Valdivieso Ortega, N.R., 2009. *Reubicación del comercio informal en el centro histórico de quito. conflicto y resolución*. mathesis. Available from: <http://200.41.82.22/bitstream/10469/2483/6/TFLACSO-2009NRVO.pdf>.
- Yepes, H. and Marrero, J. *Construcción del modelo de exposición multipropósito y multipeligro de edificaciones y población para el dmq*. (Informe técnico). Alcaldía del Municipio de Quito. Asesoría en riesgos.
- Yepes, H. and Marrero, J., 2020. *Análisis de datos de solicitantes de kits de ayuda, corte 31/05/2020*. (Informe técnico). Alcaldía del Municipio de Quito. Asesoría en riesgos.
- Yepes, H., Marrero, J., Zamorano, F. and Rosero, A., 2019. *Análisis integrado de datos para la valoración del impacto potencial producido por el cierre de las franjas en el el barrio de solanda*. (Informe técnico). Alcaldía del Municipio de Quito. Asesoría en riesgos.
- Yepes, H., Marrero, J., Zamorano, F. and Rosero, A., 2020. *Evaluación de la base de datos de eventos del COE-Metropolitano. Propuestas y sugerencias*. (Informe técnico). Alcaldía del Municipio de Quito. Asesoría en riesgos.

Anexo A

Estructura archivos de salida en Raster-Raster y Raster-Vector

En este anexo mostramos la estructura final de los archivos de salida de las estrategias de análisis Raster-Raster (ver Tabla 15) y Raster-Vector (ver Tabla 16) cuando actúan en modo sistema.

Tabla 15: Indicadores obtenidos para el análisis Raster-Raster.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
NUM	Índice numérico de la estructura de datos	Original	–	–
ID	Identificador de la Unidad de Análisis Espacial (UAE)	–	–	–
CODE	Código UAE	–	–	–
PER	Perímetro SIG UAE (m)	–	–	–
ARE	Área SIG UAE (m^2)	–	–	–
X	Coordenada Y centroide de UAE (WGS84 UTM17S)	–	–	–
Y	Coordenada X centroide de UAE (WGS84 UTM17S)	–	–	–
ECAL	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Alta (m^2)	INEC	Suma	2011
ECALp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Alta (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECMA	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Alto (m^2)	INEC	Suma	2011
ECMAp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Alto (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECME	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio (m^2)	INEC	Suma	2011
ECMEp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECMB	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Bajo (m^2)	INEC	Suma	2011
ECMBp	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Medio-Bajo (%)	INEC	Porcentaje	2011
ECBA	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Bajo (m^2)	INEC	Suma	2011
ECBap	Nivel vulnerabilidad socio-eco. Bajo (%)	INEC	Porcentaje	2011
DEMA	Sus. movimiento en masa Muy-Alta (m^2)	IEE	Suma	2011
DEMAp	Sus. movimiento en masa Muy-Alta (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEAL	Sus. movimiento en masa Alta (m^2)	IEE	Suma	2011
DEALp	Sus. movimiento en masa Alta (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEMO	Sus. movimiento en masa Moderada (m^2)	IEE	Suma	2011
DEMOp	Sus. movimiento en masa Moderada (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEBA	Sus. movimiento en masa Bajo (m^2)	IEE	Suma	2011
DEBap	Sus. movimiento en masa Bajo (%)	IEE	Porcentaje	2011
DEMB	Sus. movimiento en masa Muy-Bajo (m^2)	IEE	Suma	2011
DEMBp	Sus. movimiento en masa Muy-Bajo (%)	IEE	Porcentaje	2011
INMA	Sus. incendio forestal Muy-Alta (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INMAp	Sus. incendio forestal Muy-Alta (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INAL	Sus. incendio forestal Alta (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INALp	Sus. incendio forestal Alta (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INMO	Sus. incendio forestal Moderada (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INMOp	Sus. incendio forestal Moderada (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INBA	Sus. incendio forestal Bajo (m^2)	Desconocido	Suma	2012
INBap	Sus. incendio forestal Bajo (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
INMB	Sus. incendio forestal Muy-Bajo (m^2)	Desconocido	Suma	2012

Continúa en la siguiente página...

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
INMBp	Sus. incendio forestal Muy-Bajo (%)	Desconocido	Porcentaje	2012
EPBU	Superficie ocupada por bulevares (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPBUp	Superficie ocupada por bulevares (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPAR	Superficie ocupada por parques (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPARp	Superficie ocupada por parques (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPLA	Superficie ocupada por plazas (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPLAp	Superficie ocupada por plazas (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPLZ	Superficie ocupada por plazoletas (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPLZp	Superficie ocupada por plazoletas (%)	Desconocido	Porcentaje	—
EPRE	Superficie ocupada por Recreación activa (m^2)	Desconocido	Suma	—
EPREp	Superficie ocupada por Recreación activa (%)	Desconocido	Porcentaje	—
SUMEP	Superficie ocupada por espacio público (m^2)	Desconocido	Suma	—
SUMEPp	Superficie ocupada por espacio público (%)	Desconocido	Porcentaje	—

Tabla 16: Indicadores obtenidos para el análisis Raster-Vector.

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
NUM	Índice numérico de la estructura de datos	Original	—	—
ID	Identificador de la Unidad de Análisis Espacial (UAE)	—	—	—
CODE	Código UAE	—	—	—
PER	Perímetro SIG UAE (m)	—	—	—
ARE	Área SIG UAE (m^2)	—	—	—
X	Coordenada Y centroide de UAE (WGS84 UTM17S)	—	—	—
Y	Coordenada X centroide de UAE (WGS84 UTM17S)	—	—	—
ARTE	Área total de terreno catastrado (m^2)	Catastro, lotes	Suma	2020
ARCO	Área total construida (m^2)	Catastro, lotes	Suma	2020
ARBAL	Área baldía catastrada (m^2)	Catastro, lotes	Suma	2020
PORCON	Superficie construida por UAE (%)	Catastro, lotes	Porcentaje	2020
VALT	Valor total terreno catastrado (\$)	Catastro, lotes	Suma	2020
VALC	Valor total construido catastrado (\$)	Catastro, lotes	Suma	2020
VALTO	Valor total catastrado (\$)	Catastro, lotes	Suma	2020
NLOTE	Número de lotes por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NPRE	Número de predios por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NCON	Número de construcciones por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NVIV	Número de construc.-vivienda por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NESTRUC	Número de estructuras por UAE	Catastro, lotes	Suma	2019
NPRO	Número de propietarios por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
NUC	Número de UC por UAE	Catastro, de lotes	Suma	2020
NBLO	Número de bloques por UAE	Catastro, lotes	Suma	2020
DESAPI	Número de lotes privados donde existe una potencial desactualización	Catastro	Suma	2020
DESAPU	Número de lotes municipales donde existe una potencial desactualización	Catastro	Suma	2020
DESQPI	Número de lotes privados UNI donde existe un desequilibrio entre predios y construcciones	Catastro	Suma	2020
DESQPU	Número de lotes municipales UNI donde existe un desequilibrio entre predios y construcciones	Catastro	Suma	2020
INFOPI	Número de lotes privados donde podría existir conflictos de tenencia	Catastro	Suma	2020
INFOPU	Número de lotes municipales donde podría existir conflictos de tenencia	Catastro	Suma	2020
NEDIFB	Total edificación bloque	Catastro	Suma	2020
NEDIFU	Total edificaciones UC no coincidentes	Catastro	Suma	2020
NEDIFI	Total edificaciones IGM no coincidentes	Otras	Suma	2020-2010
NEDIFO	Total edificaciones OSM no coincidentes	Otras	Suma	2020-2010
NEDIFN	Total edificaciones INEC no coincidentes	Otras	Suma	2020-2010
NEDIFT	Total edificaciones	Catastro-otras	Suma	2020-2010?
AREPLAB	Área planimétrica bloque (m^2)	Catastro	Suma	2020
AREPLAU	Área planimétrica UC no coincidentes (m^2)	Catastro	Suma	2020
AREPLAI	Área planimétrica IGM (m^2)	Otras	Suma	2020-2010
AREPLAO	Área planimétrica OSM (m^2)	Otras	Suma	2020-2010
AREPLAN	Área planimétrica INEC (m^2)	Otras	Suma	2020-2010
AREPLAT	Área planimétrica TOTAL (m^2)	Catastro-otras	Suma	2020-2010

Continúa en la siguiente página...

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
ARBALR	Área baldía considerando catastro=0 y edificios=0 (m^2)	Catastro-otras	Suma	2020-2010?
PORPLA	Porcentaje de área construida basada en planimetría de edificaciones (%)	Catastro-otras	Porcentaje	2020-2010?
SUMCONS	Área construida total, considerando alturas	Catastro-otras	Suma	2020-2010
VINOCAT	Edificaciones no catastradas	Edificio	Porcentaje	2010-2020
DIFNEG	Lotes sin terreno disponible	Catastro - edificio	Porcentaje	2010-2020
DIFPOS	Lotes con terreno disponible	Catastro - edificio	Porcentaje	2010-2020
PORHUM	Edificaciones humildes (m^2 inferior a 250\$)	Catastro	Porcentaje	2020
PORMED	Edificaciones medianas por UAE (valor m^2 entre 250-450\$)	Catastro	Porcentaje	2020
PORHIGH	Edificaciones caras por UAE (valor m^2 superior a 450\$)	Catastro	Porcentaje	2020
POBT	Población total por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
DENPO	Densidad de población	INEC manz-loc	Densidad	2010
POBE	Población en edad escolar por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
PODIS	Población con discapacidad por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POMI	Población minorías raciales por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POME	Población mestiza	INEC manz-loc	Suma	2010
POBL	Población blanca	INEC manz-loc	Suma	2010
POHOM	Población hombres por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POMUJ	Población mujeres por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POAC15	Población dependiente menor 15 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POACT	Población activa por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POAC65	Población dependiente mayor 65 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POME10	Población menor a 10 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
POMA10	Población mayor a 10 años por UAE	INEC manz-loc	Suma	2010
PESE	Población estimada basada en abonos eléctricos	EEQ	Suma y multi.	2019
PESV	Población estimada basada en viviendas	Catastro	Suma y multi.	2020
PESA	Población estimada basada en abonos de agua	EPMAPS	Suma y multi.	2019
PFIN	Población total estimada	Combinación capas	Algoritmo	2010-2020
PDECON	Densidad de población por km^2 construido	Catastro-otros	Densidad	2010-2019
PMINO	Porcentaje de minorías respecto a población total	INEC manz-loc	Porcentaje	2010
POBVAR	Variación absoluta del número de habitantes	INEC-estimada	Diferencia	2010-2020
POBVPO	Variación porcentual del número de habitantes	INEC-estimada	Porcentaje	2010-2020
UNIFAMED	Número de personas por vivienda en UAE	Catastro-estimada	Ratio	2020
METPER	Metros cuadrados disponibles por persona	Castro-estimada	Ratio	2020
MET	Paradas del metro por UAE	EPMQ	Cuenta	2019
METVIA	Longitud vía de metro (km o m) por UAE	EPMQ	Cuenta	2019
CICLOP	Número de paradas de ciclovía por UAE	DMQ	Cuenta	2016
CICLOV	Longitud de ciclovía por UAE (km o m)	DMQ	Cuenta	2016
BUSTOP	Numero de paradas de transporte público por UAE	DMQ	Cuenta	2018
BUSVIA	Longitud de vías de transporte público por UAE	DMQ	Cuenta	2018
VIA	Vías de transporte por UAE	Superviario	Cuenta	2010-2020
DENV	Densidad de vías por km/km^2	Superviario	Densidad	2010-2020
VSLOP	Vías con pendiente superior a 5 grados	Dem-Superviario	Porcentaje	2020
VIACONE	Número de conexiones-nodos	Superviario	Cuenta	2010-2020
DENCON	Número de conexiones-nodos por km^2	Superviario	Densidad	2010-2020
VIAOFI	Vías oficiales de transporte disponibles por UAE	Superviario	Cuenta	2010-2019
VENGEL	Índice de Engel o suficiencia vial (IE)	Superviario	Cálculo	2010-2020
GAS	Gasolineras por UAE	INEC	Cuenta	2010
FARO	Iluminarias por UAE	EEQ	Cuenta	2012
DENF	Iluminarias por cada n habitantes	EEQ	Ratio	2012
COBILU	Cobertura espacial de iluminarias	EEQ-superviario	Porcentaje	2012
ABOE	Abonados electricidad por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOR	Abonados electricidad residenciales por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOI	Abonados electricidad industriales por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOC	Abonados electricidad comerciales por UAE	EEQ	Cuenta	2019
ABOO	Abonados electricidad otros por UAE	EEQ	Cuenta	2019
DENE	Abonados residenciales por cada n habitantes	EEQ-pobla est.	Ratio	2019
COBELE	Cobertura por unidad de vivienda del servicio eléctrico	EEQ-catastro	Porcentaje	2019
POST	Postes por UAE	EEQ	Cuenta	2012
ALC	Tubería de alcantarillado por UAE (km/m)	EPMAPS	Cuenta y muti.	2012

Continúa en la siguiente página...

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
DENC	Densidad de tubería de alcantarillado por km/km^2	EPMAPS	Densidad	2012
COBALC	Cobertura espacial de alcantarillado en viario	EPMAPS-supervitario	Porcentaje	2010-2020
AGU	Tubería de agua potable (km/m)	EPMAPS	Cuenta y multi.	2012
DENA	Densidad de tubería de agua por km/km^2	EPMAPS	Densidad	2012
COBAGL	Cobertura espacial de tubería de agua por UAE (%)	EPMAPS-supervitario	Porcentaje	2010-2020
ABOA	Abonados de agua potable	EPMAPS	Cuenta	2019
DENAA	Abonos por cada n habitantes	EPMAPS-pobla est.	Ratio	2019
COBAGU	Cobertura por unidad de vivienda del servicio de agua	EPMAPS	Porcentaje	2019
COBALO	Cobertura por lote del servicio de agua	EPMAPS	Porcentaje	2019
TELE	Cableado de telecomunicaciones	Operadores	Cuenta y multi.	2017
DENT	Densidad de cableado de telecomunicaciones por km/km^2	Operadores	Densidad	2017
COBTCL	Cobertura espacial de cableado en viario	Operadores	Porcentaje	2010-2019
ANTC	Antenas de telefonía celular por UAE	Operadores	Cuenta	2017
COBANT	Cobertura de telefonía móvil aproximación simple (600 m radio)	Operadores	Porcentaje	2017
ACTRAF	Número de accidentes de tráfico por UAE	COE-M	Cuenta	2019
DELITO	Número de delitos por UAE	ECU-911	Cuenta	2019
UPCS	UPCs (Policía) por UAE	Desconocido	Cuenta	2013
LUAES	Número de LUAES por unidad espacial	Servicios Sociales	Cuenta	2019
DENL	LUAES por cada 10000 habitantes	Servicios Sociales	Ratio	2019
ALITOTAL	Centros de producción servicio y venta de alimentación y bebida por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIPRO	Centros dedicados a la producción de alimentos y bebidas por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIELA	Centros dedicados a la elaboración de alimentos y bebidas por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIVEMA	Centros dedicados a la venta al por mayor de alimentos y bebidas	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIVEME	Centros dedicados a la venta al por menor de alimentos y bebidas	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALIVEMI	Centros dedicados a la venta al por mayor y menor de alimentos y bebidas	Combinación de capas	Cuenta	2019
ALISERV	Locales dedicados al servicio de alimentos y bebidas (hostelería)	Combinación de capas	Cuenta	2019
FARMA	Número de farmacias por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2020
DENFAM	Tasa de farmacias por cada 10000 habitantes por UAE	Combinación de capas	Tasa	2020
PUCAS	Número de Espacios Públicos para Comercio Autónomo (PUCAS) por UAE	DMQ	Cuenta	2019
GASGAS	Número de establecimientos de comercialización y/o producción de gas por UAE	DMQ	Cuenta	2014
FINAN	Número de establecimientos financieros por UAE	Entidades Fin.	Conteo	2020
COMTOT	Numero de locales comerciales-industriales totales por UAE	Combinación de capas	Cuenta	2010-2020
PORCOM	Locales comerciales-industriales por UAE	Combinación de capas	Porcentaje	2010-2020
PLEGCOM	Relación entre el total de establecimientos comerciales y LUAES activas en el año en curso	Combinación de capas	Ratio	2010-2020
SALU	Número de centros de salud	DMQ e INEC	Cuenta	2010-2019
DENSA	Centros de salud por cada n habitantes	DMQ-INEC	Ratio	2010-2019
EDU	Número de centros educativos	DMQ e INEC	Cuenta	2010-2019
DENED	Centros por cada n habitantes	DMQ e INEC	Ratio	2010-2019
PUAC	Número de puntos activos por unidad espacial	DMQ	Cuenta	—
DESC	Número de centros descentralizados	DMQ	Cuenta	—
CEME	Número de cementerios por unidad espacial	DMQ	Cuenta	—
60YP	Número de centros 60 y piquitos por unidad espacial	DMQ	Cuenta	—
DEPO	Número de centros deportivos	DMQ e INEC	Cuenta	2010
POBNES	Personas solicitantes por UAE	DMI	Cuenta	2020
DENNES	Solicitantes por cada n habitantes	DMI	Ratio	2020
PIURB	Fallos en infraestructuras y elementos estructurales por UAE	COE-M	Cuenta	2019
INURB	Tasa de fallos por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019
PIFOR	Incendios forestales por UAE	COE-M	Cuenta	2019

Continúa en la siguiente página...

Campo	Descripción	Origen	Cálculo	Fecha
INIFOR	Tasa de incendios forestales por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019
PMOVI	Movimientos en masa por UAE	COE-M	Cuenta	2019
INMOVI	Tasa de movimientos en masa por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019
PINUN	Puntos de inundación por UAE	COE-M	Cuenta	2019
INNUM	Tasa de inundaciones por cada 10000 hab.	COE-M	Porcentaje	2019
PUNTC	Numero de puntos críticos de recogida de basura por unidad espacial	EMASEO	Cuenta	2019
MAYPRO	Número de mayores productores por unidad espacial	EMASEO	Suma	2019

Anexo B

Algoritmos para el cruce espacial Raster-Vector

En esta sección detallamos los algoritmos principales utilizados para la implementación del point-in-polygon descrito con anterioridad dentro del modo de análisis espacial Raster-Vector.

La función *main* controla todo el proceso y desde ella se van llamado a los algoritmos específicos. La función *main* se describe en el Algoritmo 1, donde se considera, para cada UAE a analizar, todas las capas disponibles que se hayan seleccionado.

El Algoritmo 2 es el responsable de iniciar el cálculo para verificar si el punto está en el interior del raster de la UAE, de un polígono o sobre un valor nulo. Este, a su vez, llama a funciones auxiliares que van completando las tareas. La primera de ellas esta destinada a capturar los índices de la celda a partir de las coordenadas (Algoritmo 3). La siguiente función se centra en asignar valores de acuerdo a la capa que está siendo procesada (Algoritmo 4).

Algorithm 1 Función main para análisis raster-vector.

```

1: Lee archivo config. general
2: Lee archivo config. UAE
3: Lee archivo config. capas vector
4: Lee archivo config. capas raster
5: for Para cada UAE a analizar do
6:   Almacenamos datos UAE
7:   if La UAE se procesa then
8:     Lee archivo UAE raster
9:     Lee archivo UAE vector
10:
11:   if Procesamos capa vector? then
12:     for Para cada capa vectorial do
13:       Almacenamos datos capa vectorial
14:       Lee archivo capa vectorial
15:       if Es lote then
16:         Leemos lote
17:         Calculamos datos de lote
18:       end if
19:       if Es edificio then
20:         Leemos edificio
21:         Calculamos datos de edificio
22:       end if
23:       if Es construcción then
24:         Leemos construcción
25:         Calculamos datos de construcción
26:       end if
27:       if Si el orden de capa es >0 then
28:         Leemos capa
29:         if Tiene categoría then
30:           Leemos capa-categoría
31:           Creamos matriz
32:         end if
33:         Calculamos capa raster-vector
34:         if Tiene categoría then
35:           Escribimos UAE-vectorial-categorías
36:           Liberamos matriz
37:         end if
38:         Reiniciamos estructura para capa vectorial
39:       end if
40:     end for
41:     Calcula radios e indicadores
42:     Escribimos UAE-vectorial
43:   end if
44:
45:   if Procesamos capas raster? then
46:     for Para cada capa raster do
47:       Almacenamos datos capa vectorial
48:       Lee archivo capa raster
49:       Lee archivo capa raster-categorías
50:       Calculamos capa raster-raster
51:       Liberamos capa-raster
52:       Reiniciamos estructura para capa-raster-categoría
53:       Escribimos UAE-raster
54:     end for
55:   end if
56:
57:   if Procesamos capa-encuesta? then
58:     Lee archivo capa-encuesta
59:     Creamos matriz
60:     Calculamos encuesta
61:     Escribimos UAE-encuesta
62:   end if
63: end if
64: end for

```

Algorithm 2 Algoritmo principal point-in-polygon.

```

for Para cada elemento en capa do
2:   Capura coord. x
   Capura coord. y.
4:   Capura ID
   if Si coord. estan en raster then
6:     Calcula indices celda para elemento
     Calcula valor celda
8:     if Si valor celda es distinto de nulo then
       Llama a asigna valores
10:    Cuenta dentro
     end if
12:    if Si valor celda es igual a nulo then
       Cuenta nulo
14:    end if
   end if
16:   if Si coord. estan fuera del raster then
     Cuenta fuera
18:   end if
end for

```

Algorithm 3 Algoritmo auxiliar para determinar los índices de la celda del raster a partir de una coordenada.

```

Funcion captura indices: double x, double y
----- Calculo del índice i
3: diferencia-x = x - xmin
   indei = diferencia-x /resolucion-x
   newx = (indei * resolucion-x) + xmin
6: if (x - newx) >(resolucion-x / 2) then {Evalúa si la diferencia entre x y newx es mayor o menor a la
   mitad de la resolución}
   indei = indei + 1
   end if
9: ----- Calculo del índice j
   diferencia-y = y - ymin
   indej = diferencia-y /resolucion-y
12: newy = (indej * resolucion-y) + ymin
   if (y - newy) >(resolucion-y / 2) then
     indej = indej + 1
15: end if

```

Algorithm 4 Algoritmo auxiliar para asignar valores a los indicadores definidos en el código, realizar conteos y otras operaciones de filtrado según categoría.

```

Función asigna valores: int id-UAE, int cat
for Para cada UAE do
    Capura Idelemento-capa
4:   Capura IDuae
    if id-UAE == IDuae then
        if Ordencapa == 1 then {Para capas sin categorías}
            Variable1 = Variable1 + 1
8:   end if
        if Ordencapa == 2 then {Para capas donde se filtra por categorías}
            Capa2 = Variable2 + 1
            if cat == 1 then
12:         Variable2a = Variable2a + 1
            end if
            if cat == 2 then
                Variable2b = Variable2b + 1
16:         end if
            end if
            if OrdenvARIABLE == n then
                Variablen = Variablen + 1
20:         end if
            if la variable tiene categoría then
                Almacena valor de categoría en matrix {Considera el ID-UAE y el valor de la categoría}
                end if
24:         end if
    end for

```
