



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“PRIORIZACIÓN DE TRAMOS DE CARRETERAS CON ALTA
SINIESTRALIDAD EN LA RED VIAL ESTATAL DE LA REGIONAL 5”**

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

DANIEL MICHEL TORRES CALDERÓN

**GUAYAQUIL-ECUADOR
2017-2018**

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico especialmente a Dios por siempre fortalecer mi espíritu, a mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional y a mi mejor amigo quien perdió a sus padres a temprana edad por causa de un accidente de tránsito.

Daniel Michel Torres Calderón.

AGRADECIMIENTO

Especialmente a Dios y mi familia por permitirme cumplir una de mis principales metas en de mi formación académica.

A la Msc. Carola Gordillo por haberme enseñado el maravilloso campo de la Ingeniería Vial, por su excelente función como tutora y por el seguimiento técnico-académico a lo largo del presente trabajo.

Al Ing. Pindo por su apoyo técnico en el procesamiento de los datos.

Al Ing. Jorge Badillo por haberme apoyado en el aspecto moral y académico en los tiempos más difíciles que tuve a lo largo de la carrera.

Daniel Michel Torres Calderón.

TRIBUNAL DEL PROYECTO

**PhD. Hugo Egüez Álava
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

**Msc. Ing. Carola Gordillo
MIEMBRO EVALUADOR**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Daniel Michel Torres Calderón

RESUMEN

Uno de los principales alcances que se plantea al momento de diseñar una vía es que esta sea segura para el tránsito de los vehículos, debido a que los conductores no son infalibles, se cometen errores inducidos por deficiencia en seguridad vial, y esto se da porque no se toma en consideración variables de tránsito, compatibilidad ambiental y espacial.

Actualmente en Ecuador se tiene un índice alto de siniestros en algunos tramos de la red vial estatal de la regional 5, este trabajo se enfoca en hacer un análisis de priorización acotado solo a la regional 5 que comprende 4 provincias en la región costa, tomando como referencia una auditoria de seguridad vial ya realizada por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

El principal enfoque de este trabajo es priorizar los puntos negros más críticos en cuanto a siniestros contenidos en la red vial y de acuerdo con eso, adjuntar una solución cuantitativa y descriptiva por medio de lo propuesto por la auditoria antes mencionada.

El fin del trabajo es que pueda servir de solución a las deficiencias en seguridad vial que presenta la red vial de la regional 5, así mismo se espera

que sirva como guía para las futuras priorizaciones que se tengan que hacer en las demás regionales del Ecuador.

Palabras clave:

Seguridad vial

Siniestros

Red vial

Priorizaciones

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| TRIBUNAL DEL PROYECTO | IV |
| DECLARACIÓN EXPRESA | V |
| RESUMEN | VI |
| ÍNDICE GENERAL..... | VIII |
| ABREVIATURAS | XI |
| SIMBOLOGÍA | XV |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XVI |
| INDICE DE TABLAS | XXII |
| CAPITULO 1..... | 25 |
| INTRODUCCIÓN | 25 |
| 1.1. Preámbulo | 26 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 27 |
| 1.3. Hipótesis..... | 27 |
| 1.4. Objetivos..... | 28 |
| 1.4.1. Objetivo General | 28 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 28 |
| 1.5. Metodología de estudio | 29 |
| CAPITULO 2..... | 33 |
| DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 33 |

| | |
|--|-----|
| CAPITULO 3 | 36 |
| METODOLOGÍA | 36 |
| 1.6. Fase inicial..... | 37 |
| 1.6.1. Paso 1: Selección de datos para el análisis de priorización... | 37 |
| 1.6.2. Paso 2: Selección de las provincias pertenecientes a la regional 5..... | 43 |
| 1.7. FASE PRELIMINAR | 51 |
| 1.7.1. Paso 3: Factor Clima | 51 |
| 1.7.2. Paso 4: Factor Geometría..... | 72 |
| 1.7.3. Paso 5: Factor Infraestructura..... | 85 |
| 1.7.4. Paso 6: Perfil de susceptibilidad. | 101 |
| 1.7.5. Paso 7: Factor de accidentes..... | 106 |
| 1.7.6. Paso 8: Superposición del perfil de susceptibilidad con los puntos negros preliminares de accidentes de tránsito rural..... | 140 |
| 1.8. FASE DEFINITIVA | 142 |
| 1.8.1. Paso 9: Selección definitiva de puntos negros..... | 142 |
| 1.8.2. Paso 10: Priorización de siniestros contenidos en los puntos negros definitivos de acuerdo con su severidad..... | 163 |
| 1.8.3. Paso 11: Extracción de los tramos de vías contenidos en los puntos negros definitivos. | 165 |
| 1.8.4. Paso 12: Obtención de listas de mejoras a partir de los tramos contenidos en los puntos negros definitivos | 172 |
| 1.8.5. Paso 13: Identificación de las actuaciones y costos de inversión para los puntos negros definitivos | 173 |
| CAPITULO 4 | 185 |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS | 185 |
| CAPITULO 5 | 194 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 194 |

| | |
|-----------------------|-----|
| CONCLUSIONES | 195 |
| RECOMENDACIONES | 197 |

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

| | |
|-----------|--|
| GIS | Sistema de información geográfica |
| MTOP | Ministerio de Transporte y Obras Públicas |
| LANAMME | Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales |
| GEOPLADES | Geografía, Planificación y Desarrollo |
| GIS | Geografic Information System |
| CTE | Comisión de Transito del Ecuador |
| PPNN | Policía Nacional |
| INAMHI | Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología |
| Pdf | Portable Document Format |
| UCR | Universidad de Costa Rica |

| | |
|------|---|
| IDW | Distancia inversa ponderada |
| DLL | Días lluvia |
| COD | Código |
| DEM | Modelos digitales de elevación |
| GPS | Global Positioning System |
| GPX | Formato de Intercambio GPS |
| RV5 | Red Vial 5 |
| TIN | Una superficie de red irregular de triángulos |
| WGS | World Geodetic System |
| CN | Curvas de nivel |
| PAEK | El método Aproximación polinomial con núcleo |

exponencial

BEZIER Método para construir curvas suavizadas

LONG Longitud

MAX Máximo

SHP Shapefile

GN Grip number

xls Extensión para los archivos de hoja de cálculo

LB Línea borde

DC Línea de división de carriles.

DS Línea de división de sentido de circulación.

RF Retro reflectividad

| | |
|---------|--|
| ASV | Auditoría de seguridad vial |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| AASHTO | Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes |
| DOT | Departamento de Transporte de Estados Unidos |
| PSU | Perfil de susceptibilidad |
| ACC/KM | Accidentes de tránsito en un kilómetro cuadrado |
| TCA | Tramos de concentración de accidentes |
| N. A | Nivel de accidentalidad |
| E.N.A | Equivalente en número de accidente |
| CONASET | Comisión nacional de Seguridad de Tránsito |
| RTE. | Reglamentos técnicos del INEN |

SIMBOLOGÍA

Km

Kilometro lineal

Km²

Kilómetro cuadrado

M.C.D

Mega candela

Lux

Luxes

M²

Metro cuadrado

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Metodología preliminar..... | 29 |
| Figura 1.2 Metodología definitiva. | 30 |
| Figura 2.1 Área de estudio, provincias que conforman la regional 5. | 34 |
| Figura 3.1 Capas del espacio de trabajo..... | 44 |
| Figura 3.2 Plano territorial del Ecuador..... | 45 |
| Figura 3.3 Inicio de la edición de la capa "Provincias"..... | 45 |
| Figura 3.4 Apertura de la tabla de atributos..... | 46 |
| Figura 3.5 Tabla de atributos. | 46 |
| Figura 3.6 Selección de las provincias pertenecientes a la regional 5..... | 47 |
| Figura 3.7 Ejecución de la selección..... | 48 |
| Figura 3.8 Eliminación de provincias ajenas a la regional 5. | 48 |
| Figura 3.9 Aplicación del switch selection..... | 49 |
| Figura 3.10 Eliminación de registros mediante tabla de atributos..... | 49 |
| Figura 3.11 Datos dentro de los campos de las provincias pertenecientes a la regional 5. | 50 |
| Figura 3.12 Provincias de la regional 5. | 50 |
| Figura 3.13 Carga de puntos al espacio de trabajo. | 52 |
| Figura 3.14 Generación de Isoyeta. | 53 |
| Figura 3.15 Resultados de la isoyeta. | 54 |
| Figura 3.16 Tramos de vías en función de las regiones. | 55 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.17 Descripción pendiente..... | 56 |
| Figura 3.18 Generación de zonas "buffer"..... | 57 |
| Figura 3.19 Descripción pendiente..... | 59 |
| Figura 3.20 Uso de la herramienta geoprocamiento, "selección por localidad"... | 60 |
| Figura 3.21 Esquema de la isoyeta..... | 61 |
| Figura 3.22 Isoyeta días de lluvia serie 1981-2010. | 64 |
| Figura 3.23 Datos de precipitación multianual..... | 65 |
| Figura 3.24 Datos de precipitación multianual de las provincias de la regional 5. .. | 65 |
| Figura 3.25 Isoyeta de partición por cada clase. | 66 |
| Figura 3.26 Isoyeta de precipitación con sus 5 clases..... | 67 |
| Figura 3.27 Isoyetas de precipitación media multianual serie 1981-2010..... | 71 |
| Figura 3.28 Tipo de terreno..... | 72 |
| Figura 3.29 Cotas de terreno | 73 |
| Figura 3.30 Carga de puntos a ARCGIS. | 74 |
| Figura 3.31 Carga de datos en formato GPX | 75 |
| Figura 3.32 Visualización de datos cargados. | 76 |
| Figura 3.33 Red de triángulos irregulares. | 76 |
| Figura 3.34 Descripción por definir..... | 77 |
| Figura 3.35 Creación de curvas de nivel del terreno. | 78 |
| Figura 3.36 Suavización de las curvas de nivel..... | 79 |
| Figura 3.37 Configuración del terreno de la regional 5..... | 81 |
| Figura 3.38 Curvas por kilómetro en tramo de carretera. | 82 |
| Figura 3.39 Alineamiento vial, regional 5..... | 85 |
| Figura 3. 40 Construcción de mapa de fricción existente. | 86 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.41 Valores de fricción para la regional 5. | 87 |
| Figura 3.42 Fricción Red Vial Estatal, regional 5..... | 90 |
| Figura 3.43 Carga de la capa Horizontal..... | 91 |
| Figura 3.44 Exportación de campos a hoja de Excel..... | 91 |
| Figura 3.45 Reflectividad en señalización horizontal, red vial regional 5..... | 100 |
| Figura 3.46 Carga de la red vial, tramos y subtramos..... | 103 |
| Figura 3.47 Habilitar edición de capa..... | 103 |
| Figura 3.48 Adición de campo PESOS_PSU..... | 104 |
| Figura 3.49 Datos de Excel al campo PESOS_PSU..... | 104 |
| Figura 3.50 Perfil de susceptibilidad red vial, regional 5..... | 105 |
| Figura 3.51 Carga de capas de accidentes y red vial estatal..... | 107 |
| Figura 3.52 Accidentes solo en carretera (2012-2016)..... | 107 |
| Figura 3.53 Herramienta de geoprocamiento CLIP..... | 108 |
| Figura 3.54 Ingreso de la red vial y ubicación del recorte en las provincias de la regional 5..... | 108 |
| Figura 3.55 Red vial de la regional 5..... | 109 |
| Figura 3.56 Valores ingresados a la función CLIP..... | 109 |
| Figura 3.57 Accidentes rurales y urbanos 2016 en regional 5..... | 110 |
| Figura 3.58 Accidentes 2016 solo en red vial rural..... | 110 |
| Figura 3.59 Selección de capa de accidentes para realización de filtro..... | 111 |
| Figura 3.60 Selección por localidad..... | 112 |
| Figura 3.61 Accidentes en carretera rural..... | 113 |
| Figura 3.62 Accidentes 2012-2016 en red estatal..... | 113 |
| Figura 3.63 Selección por atributos..... | 114 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.64 Selección de cantones por lista de atributos. | 115 |
| Figura 3.65 Eliminación de cantones en lista de atributos. | 115 |
| Figura 3.66 Exclusión del cantón Guayaquil, Duran y Samborondón. | 116 |
| Figura 3.67 Aplicación de la herramienta MERGE. | 117 |
| Figura 3.68 Campos de la función MERGE..... | 118 |
| Figura 3.69 Ilustración de los accidentes 2012 al 2016. | 119 |
| Figura 3.70 Campos de la función Selección por atributos..... | 121 |
| Figura 3.71 Datos ingresados a la función selección por localidad..... | 122 |
| Figura 3.72 Selección de accidentes para una vía en particular..... | 122 |
| Figura 3.73 Función de geoprocesamiento Point Density. | 128 |
| Figura 3.74 Resultados de la aplicación del Point Density. | 129 |
| Figura 3.75 Optimización de resultados para la función Point Density. | 130 |
| Figura 3.76 Propiedades del raster creado a partir de Point Density..... | 131 |
| Figura 3.77 Zonas de alta concentración de accidentes, análisis preliminar. | 132 |
| Figura 3.78 Punto negro preliminar 1..... | 133 |
| Figura 3.79 Punto negro preliminar 2..... | 134 |
| Figura 3.80 Punto negro preliminar 3..... | 134 |
| Figura 3.81 Punto negro preliminar 4..... | 135 |
| Figura 3.82 Punto negro preliminar 5..... | 135 |
| Figura 3.83 Punto negro preliminar 6..... | 136 |
| Figura 3.84 Punto negro preliminar 7..... | 136 |
| Figura 3.85 Punto negro preliminar 8..... | 137 |
| Figura 3.86 Punto negro preliminar 9..... | 137 |
| Figura 3.87 Punto negro preliminar 10..... | 138 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3.88 Punto negro preliminar 11. | 138 |
| Figura 3.89 Punto negro preliminar 12. | 139 |
| Figura 3.90 Punto negro preliminar 13. | 139 |
| Figura 3.91 Punto negro preliminar 14. | 140 |
| Figura 3.92 Zonas de alto riesgo y concentración de accidentes de tránsito. | 141 |
| Figura 3.93 Concentración máxima de accidentes para celdas de 750x750 km ² | 144 |
| Figura 3.94 Densidad de accidentes en celda de 750x750 km ² | 144 |
| Figura 3.95 Concentración máxima de accidentes para celdas de 500x500 km ² | 146 |
| Figura 3.96 Densidad de accidentes en celda de 500x500 km ² | 146 |
| Figura 3.97 Concentración máxima de accidentes para celdas de 250x250 km ² | 148 |
| Figura 3.98 Densidad de accidentes en celda de 250x250 km ² | 148 |
| Figura 3.99 Concentración máxima de accidentes para celdas de 100x100 km ² | 149 |
| Figura 3.100 Densidad de accidentes en celda de 100x100 km ² | 150 |
| Figura 3.101 Concentración máxima de accidentes para celdas de 1 km ² | 151 |
| Figura 3.102 Densidad de accidentes en celda de 1 km ² | 152 |
| Figura 3.103 Ilustración detallada de concentración de accidentes en 1 km ² | 152 |
| Figura 3.104 Puntos negros definitivos en la preliminar 1. | 154 |
| Figura 3.105 Punto negro definitivo en la preliminar 2. | 154 |
| Figura 3.106 Punto negro definitivo en la preliminar 3. | 155 |
| Figura 3.107 Puntos negros definitivos en la preliminar 4. | 155 |
| Figura 3.108 Punto negro definitivo en la preliminar 5. | 156 |
| Figura 3.109 Punto negro definitivo en la preliminar 5. | 157 |
| Figura 3.110 Puntos negros definitivos en la preliminar 7. | 158 |
| Figura 3.111 Puntos negros definitivos en la preliminar 8. | 159 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.112 Punto negro definitivo en la preliminar 9..... | 159 |
| Figura 3.113 Puntos negros definitivos en la preliminar 10. | 160 |
| Figura 3.114 Puntos negros definitivos en la preliminar 11. | 161 |
| Figura 3.115 Puntos negros definitivos en la preliminar 12. | 161 |
| Figura 3.116 Punto negro definitivo en la preliminar 13..... | 162 |
| Figura 3.117 Puntos negros definitivos en la preliminar 14. | 163 |
| Figura 3.118 Selección por localidad para zonas de alta concentración de accidentes. | 166 |
| Figura 3.119 Costos de inversión para toda la regional 5..... | 176 |
| Figura 3.120 Actuaciones contenidas en las vías seleccionadas para los puntos negros definitivos..... | 177 |
| Figura 3.121 Aplicación de “selección por localidad” para la selección de listas de mejoras..... | 178 |
| Figura 3.122 Aplicación de “selección por localidad” para la selección de listas de mejoras..... | 179 |
| Figura 4.1 Priorización de los puntos negros obtenidos en la regional 5. | 186 |
| Figura 4.2 Vista en planta de la zona de mayor prioridad en Milagro E25. | 187 |
| Figura 4.3 Vista en 3D de la zona de mayor prioridad en Milagro E25. | 188 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla I: Descripción del dato facilitado por entidad pública. | 38 |
| Tabla II: Valores ingresados por campo. | 53 |
| Tabla III: Valores ingresados por campo. | 57 |
| Tabla IV: Valores ingresados por campo en la herramienta geoprocesamiento. | 60 |
| Tabla V: Clasificación de condiciones de lluvia, y su peso de acuerdo al LANAMME. | 62 |
| Tabla VI: Peso por días de lluvia..... | 62 |
| Tabla VII: Descripción pendiente..... | 63 |
| Tabla VIII: Valores ingresados por campo por cada selección de clase. | 67 |
| Tabla IX: Valores ingresaos por campo..... | 69 |
| Tabla X: Tabla de precipitaciones por vía y peso por precipitación máxima. | 70 |
| Tabla XI: Clasificación de pesos por rango de precipitaciones anuales..... | 71 |
| Tabla XII: Valores ingresados por campo..... | 75 |
| Tabla XIII: Valores ingresados por campo para creación de TIN..... | 77 |
| Tabla XIV: Datos ingresados por campo. | 79 |
| Tabla XV: Peso promedio por vía..... | 80 |
| Tabla XVI: Peso LANAMME por tipo de terreno..... | 80 |
| Tabla XVII: Color por peso LANAMME según tipo de curva..... | 83 |
| Tabla XVIII: Clasificación de las vías por tipo de terreno por curvas/km..... | 83 |

| | |
|--|-----|
| Tabla XIX: Valores ingresados por campo para valores de fricción de las provincias de la regional 5. | 87 |
| Tabla XX: Clasificación internacional de numero de fricción para pavimento. | 88 |
| Tabla XXI: Peso GN por vía. | 88 |
| Tabla XXII: Depuración de datos en la hoja de Excel. | 92 |
| Tabla XXIII: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal. | 94 |
| Tabla XXIV: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal. | 95 |
| Tabla XXV: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal. | 96 |
| Tabla XXVI: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal. | 97 |
| Tabla XXVII: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal. | 98 |
| Tabla XXVIII: Umbrales de cumplimiento de estándares de señalización horizontal. | 99 |
| Tabla XXIX: Pintura blanca | 99 |
| Tabla XXX: Pintura Amarilla. | 100 |
| Tabla XXXI: Suma de los pesos según la geometría, clima e infraestructura. | 101 |
| Tabla XXXII: Valores ingresados por campo. | 118 |
| Tabla XXXIII: Vías pertenecientes a la regional 5. | 120 |
| Tabla XXXIV: Accidentes por kilómetro registrados en las vías de la regional 5... | 123 |
| Tabla XXXV: Equivalente en número de accidente según severidad.-. | 125 |
| Tabla XXXVI: Vías de la regional 5 con TCA. | 126 |
| Tabla XXXVII: Uso de la función Point Density para celdas de 750x750 km ² | 143 |
| Tabla XXXVIII: Uso de la función Point Density para celdas de 500x500 km ² | 145 |
| Tabla XXXIX: Uso de la función Point Density para celdas de 250x250 km ² | 147 |
| Tabla XL: Uso de la función Point Density para celdas de 100x100 km ² | 149 |

| | |
|--|-----|
| Tabla XLI: Uso de la función Point Density para celdas de 1 km ² | 151 |
| Tabla XLII: Nivel de accidentalidad en puntos negros definitivos. | 164 |
| Tabla XLIII: Datos ingresados a la función Select by location. | 167 |
| Tabla XLIV: Tramos y subtramos contenidos en los puntos negros definitivos..... | 167 |
| Tabla XLV: Listas de mejoras de acuerdo con códigos de vías..... | 172 |
| Tabla XLVI: Costo de inversión de las listas de mejoras para toda la regional 5. . | 174 |
| Tabla XLVII: Valores usados en la función Select by location. | 178 |
| Tabla XLVIII: Actuaciones para todos los puntos negros definitivos..... | 179 |
| Tabla XLIX: Costos de solución para todos los puntos negros definitivos. | 182 |
| Tabla L: Costos de solución para todos los puntos negros preliminares. | 183 |
| Tabla LI: Costos de las actuaciones contenidas en los puntos negros definitivos. | 188 |
| Tabla LII: Puntos negros sin actuaciones por parte de la ASV..... | 190 |

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Preámbulo

El presente proyecto nace a partir de la necesidad que tuvo el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en proyectos previos al presente, en donde se hizo una auditoria de seguridad vial en toda la red vial de la regional 5, esta dio como producto un inventario de señalización e infraestructura vial y también dejó varias listas de mejoras para los problemas identificados en varias partes de la red vial mencionada.

Una vez conocidos los costos referenciales en el producto mencionado, lo que se tenía eran las actuaciones, pero hacía falta saber específicamente de acuerdo al costo, en donde se las tenía que empezar aplicar y de acuerdo a que parámetro se debían usarlas, entonces a partir de ese requerimiento se origina el alcance del presente trabajo, donde se propuso encontrar las zonas o puntos negros más críticos en siniestralidad, para esto se tomaron registros de accidentes de tránsito en vías rurales desde el 2012 al 2016, donde se tomaron en cuenta factores importantes y se los integró de manera globalizada para obtener las zonas de alta vulnerabilidad en las vías de la regional 5, alcanzando así el objetivo deseado.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente se tienen deficiencias de seguridad vial en la red vial de la regional 5 del Ecuador, una vez propuesto el inventario por parte del MTOP a través de la auditoría de seguridad vial realizada en la zona 5, esta dio un alto costo de inversión, por ende, se dio la necesidad de realizar una priorización de puntos negros en área aproximada a un kilómetro cuadrado y averiguar donde se puede empezar a aplicar las actuaciones propuestas por la auditoría de seguridad vial realizada en el 2016.

1.3. Hipótesis

Se asume que el costo estimado para solventar los problemas de seguridad vial de cada punto negro priorizado es alcanzable con respecto a la planificación que maneja el departamento de Estudios del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Se asume que la mayoría de siniestros ocurren en intersecciones de vías urbanas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar una priorización de severidad-susceptibilidad en los puntos negros existentes en la red vial estatal de la regional 5.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Identificar un criterio de priorización de las soluciones relacionadas al componente de infraestructura vial, propuestas en los proyectos de auditoría en seguridad vial, contratados por Ministerio de Transporte y Obras Publicas y desarrollados en 2016.
2. Priorizar las vías con mayor número de accidentes en un kilómetro de carretera rural.
3. Priorizar los puntos negros más críticos en siniestros que existen en la regional 5.
4. Dar a conocer las soluciones y los costos que se necesitan para solucionar los problemas de seguridad vial en los puntos negros escogidos.

5. Brindar a los directores provinciales una herramienta para la programación de las soluciones de infraestructura vial, vinculada con el criterio de reducción de siniestros.

1.5. Metodología de estudio

La metodología que se siguió para alcanzar el producto deseado fue basada en las investigaciones realizadas por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME de Costa Rica.

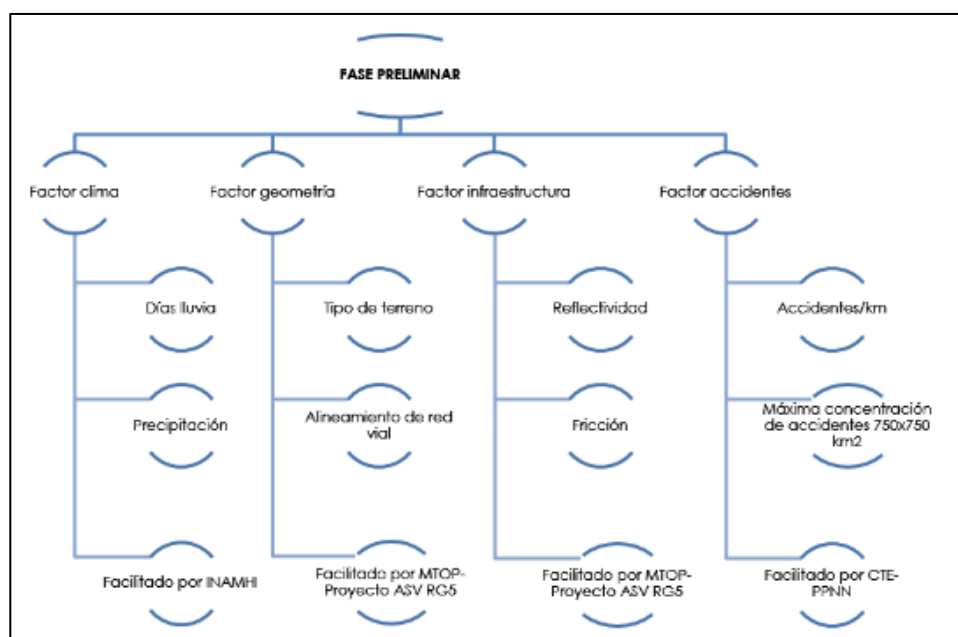


Figura 1.1 Metodología preliminar.
Fuente: Torres, D., 2017.

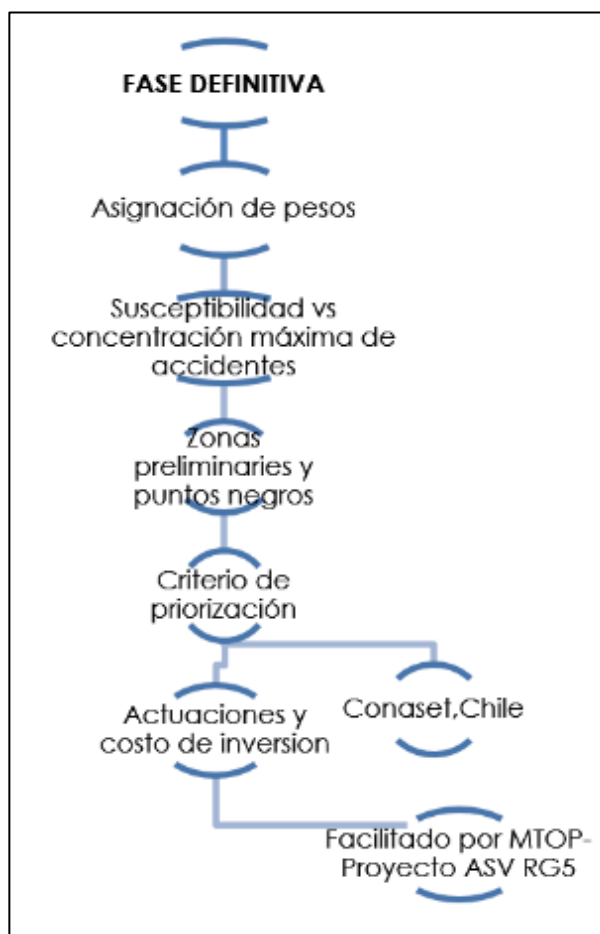


Figura 1.2 Metodología definitiva.

Fuente: Torres, D., 2017.

Tal como se visualiza en el gráfico, la metodología que se usó para llegar al producto objetivo siguió dos fases, una preliminar y otra definitiva.

Fase preliminar:

Básicamente se obtuvieron 5 factores, entre ellos, la condición climática, el estado de la infraestructura vial, la configuración del terreno, la densidad de los accidentes registrados en celdas muy grandes y las vías con mayor número de accidentes en un kilómetro lineal registrados desde el 2012 al 2016 a nivel de toda la regional 5.

Una vez obtenido los factores antes mencionados, se usaron los factores de clima, geometría e infraestructura para construir el perfil de susceptibilidad, este perfil luego fue superpuesto con la densidad de accidentes a nivel macro y así se obtuvo de forma preliminar las zonas más críticas en cuanto a condiciones de susceptibilidad y siniestros.

Fase definitiva:

Con la necesidad de encontrar los puntos negros definitivos en un área aproximada de un kilómetro cuadrado, se tuvo que hacer el mismo análisis espacial realizado en la fase preliminar para el factor de accidentes, pero este fue afinado haciendo iteraciones y reduciendo el tamaño de celda que daba a conocer la densidad de accidentes registrados en los 4 años mencionados.

Una vez hecho el proceso de análisis espacial, se identificaron varios puntos negros en las zonas antes obtenidas y en nuevas también, luego

se procedió a extraer los tramos de vías contenidos en dichos puntos para con eso identificar las respectivas listas de mejoras que correspondían para cada uno.

Identificadas las listas de mejoras, en las mismas se conoce las correcciones de seguridad vial con su respectivo costo de inversión, con esto se pudo cuantificar el costo de solución para cada punto negro con su respectivo tramo y subtramo de red vial.

Adicional a ofrecer la cuantificación de las soluciones y costos, se ofreció una priorización de los puntos negros definitivos en los cuales se debía aplicar dichas actuaciones.

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A partir de la auditoría de seguridad vial que realizó la consultora GEOPLADES a través de los fondos otorgados por el MTOP de la regional 2 a la regional 7 exceptuando la 4, se hace énfasis en la número 5, la cual abarca cuatro provincias. Entre estas están las provincias del Guayas, Los Ríos, Santa Elena y Bolívar. Cabe mencionar que se omite del análisis a la ciudad de Guayaquil, Durán y Samborondón debido a que estas ciudades no le competen a la Comisión de Transito del Ecuador, por ende, se excluyen los siniestros de tránsito en dichas ciudades.

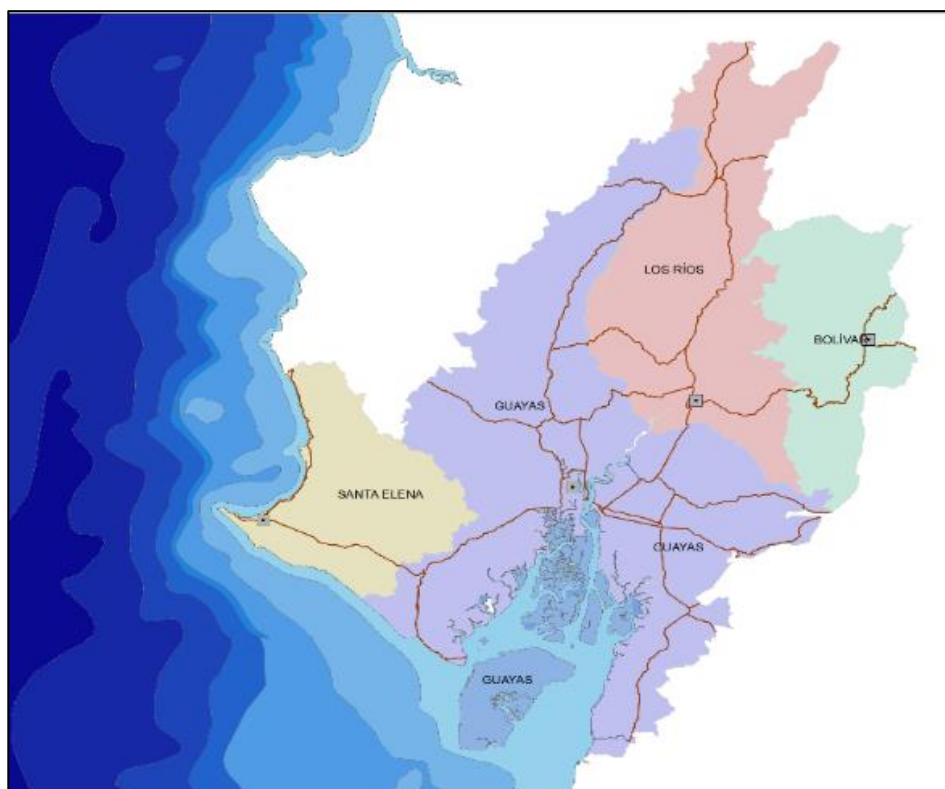


Figura 2.1 Área de estudio, provincias que conforman la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

Si bien se tiene una gran área de estudio, este trabajo hará énfasis en los tramos de mayor índice de siniestros, y aquellos que sean más susceptibles a tener accidentes de tránsito, para lo cual en los próximos capítulos se mostrará el respectivo procedimiento que se siguió para llegar a obtener dichos resultados.

CAPITULO 3

METODOLOGÍA

3.1. Fase inicial

Debido a que la zona de trabajo es la red vial estatal de la regional 5, los puntos que se describen a continuación solo se limitaron a dicha zona:

3.1.1. Paso 1: Selección de datos para el análisis de priorización

Los datos para el procesamiento en ArcGIS fueron facilitados por varias entidades públicas entre ellas se destacan:

- MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Publicas)
- CTE (Comisión de tránsito del Ecuador)
- PPNN (Policía Nacional)
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

A continuación, se presentan la descripción de las capas facilitados por cada una de las entidades antes mencionadas:

Tabla I: Descripción del dato facilitado por entidad pública.

| Entidad pública | Descripción del dato facilitado |
|---|--|
| Ministerio de Transporte y Obras Públicas | – Cartografía base |
| | – Auditoría de seguridad vial en regional 5 (Geodatabase) |
| | – Inventario vial (Geodatabase) |
| | – Productos inventario geo-referenciado: |
| Comisión de tránsito del Ecuador | – Temático |
| | – Accidentes 2012-2016 |
| Policía Nacional | – Accidentes 2015-2016 de la provincia de Bolívar y Los Ríos |
| | – Estaciones meteorológicas 1981-2010 |
| Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología | – Isoyeta de precipitación media multianual serie 1981-2010 |
| | – Datos de pluviosidad registrados 1981-2010 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Bases de datos facilitadas por el Ministerio de Transporte y

Obras Públicas MTOP:

Cartografía base

Esta base de datos contiene 25 capas de las cuales solo se usaron las siguientes:

- Batimetría
- Cantones
- Mar territorial
- Perfil Ecuador

- Poblados
- Provincias
- Zonas urbanas

Todas estas capas están en formato shapefile, y fueron de gran utilidad para lograr hacer la ubicación de los accidentes dentro de la regional 5.

Auditoría de seguridad vial en regional 5 (Geodatabase)

Esta base de datos contiene solo dos capas entre ellas se tiene:

- Poblaciones contenidas en la regional 5
- Provincias contenidas en la regional 5
- Lista de mejoras

Gracias a los dos primeros datos, se evitó realizar los respectivos recortes con la herramienta de geoprocesamiento CLIP con las capas fuente desde la base de datos “Cartografía base”.

La lista de mejoras no fue dada en formato shapefile, pero sí en formato pdf, en puntos posteriores se detallará la metodología que se siguió para estos datos cargarlos al espacio de trabajo y poder averiguar cuáles eran las actuaciones en cada tramo de red vial 5.

Inventario vial (Geodatabase)

Esta base de datos contiene 3 capas que son las siguientes:

- Señales viales
- Guardavías
- Señalización horizontal

Estas fueron de mucha utilidad para la obtención del estado de retro reflectividad de las vías de la regional 5.

Producto inventario georreferenciado

Esta base de datos contiene 44 capas de las cuales solo fueron útiles las siguientes:

- Abscisado
- Peraltes
- Infraestructura vial por clase de vía
- Infraestructura vial por tipo de material
- Red vial tramos-subtramos
- Zona urbana

Temático

Esta base de datos contiene 5 capas de las cuales solo se usaron las siguientes:

- Temático por fricción en pavimentos

Bases de datos facilitadas por la comisión de tránsito del Ecuador CTE:

Accidentes de tránsito

Esta base de datos contiene 11 capas, pero solo fueron usadas las siguientes:

- TOTAL_2012
- TOTAL_2013
- TOTAL_2014
- TOTAL_2015
- TOTAL_2016

Con estas se logra en puntos posteriores reunir una sola capa que contenga los accidentes del año 2012 al 2016, cabe mencionar que en estas no se abarcan los siniestros registrados para las provincias de Los Ríos y Bolívar.

Un campo muy valioso dentro de las capas antes descritas es la severidad del accidente, que ayuda al análisis de resultados en capítulos posteriores.

Bases de datos facilitadas por la policía nacional PPNN:Accidentes 2015-2016

Estas capas complementan las facilitadas por el MTOP, y específicamente en las provincias de Los Ríos y Bolívar, se tuvo que mantener este margen debido a que las delegaciones encargadas se encuentran distribuidas por sectores y se tuvo que buscar en diferentes entidades los datos para el análisis.

Bases de datos facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI:

Esta entidad facilitó 3 datos muy valiosos entre ellas se tiene:

Estaciones meteorológicas 1981-2010

Capa en formato shapefile que dio a conocer las posiciones georreferenciadas de las estaciones que tomaron los datos meteorológicos desde 1981 al 2010

Isoyeta de precipitación media multianual serie 1981-2010

Raster suavizado con valores de precipitación media ya establecidos para una muestra de 30 años.

Datos de pluviosidad registrados 1981-2010

Datos de pluviosidad en formato texto que fueron procesados de manera muy rigurosa para lograr construir la isoyeta de días de precipitación media multianual de serie 1981 al 2010.

3.1.2. Paso 2: Selección de las provincias pertenecientes a la regional 5.

Con ayuda del programa ArcGIS, se usaron un grupo de capas específicas para lograr acotar la regional 5 de todas las provincias del país. La capa fuente usada fue “Cartografía base” facilitada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

A continuación, se muestran capturas de pantalla usando el software de manejo de información geográfica ArcGIS.

Para lograr acotar la nube de datos, de nivel global a local, se usó la herramienta CLIP de geoprocésamiento dentro del software, esta nos da como producto un recorte específico de los datos en todo el Ecuador hacia una zona en específico, en este caso la perteneciente a la regional 5.

Cartografía base

De esta base de datos se extrajeron varias capas y se eliminaron las provincias ajenas a la regional 5. Con esto se logró obtener solo las Provincias de la regional 5, esta última fue importante obtenerla para lograr hacer los recortes con las demás capas con las que se pretende trabajar. Primero se agregó las capas llamadas “Provincias”, “Limite internacional” y “Batimetría” al espacio de trabajo del programa. Luego se procedió habilitar el editado de la capa Provincias.

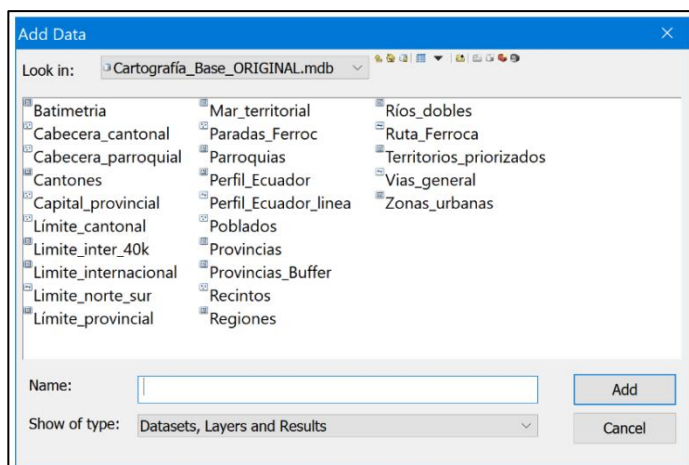


Figura 3.1 Capas del espacio de trabajo

Fuente: Torres, D., 2017.

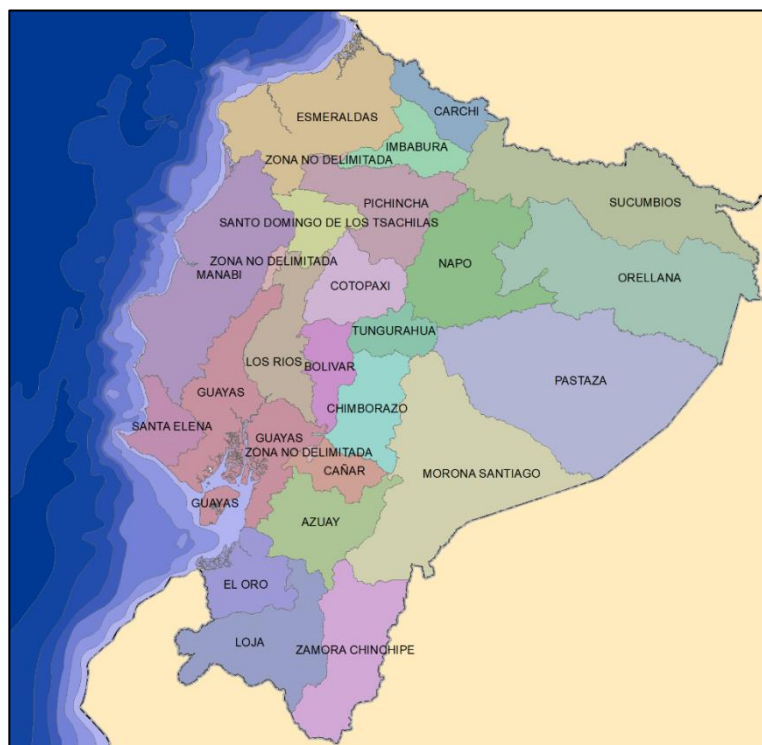


Figura 3.2 Plano territorial del Ecuador

Fuente: Torres, D., 2017.

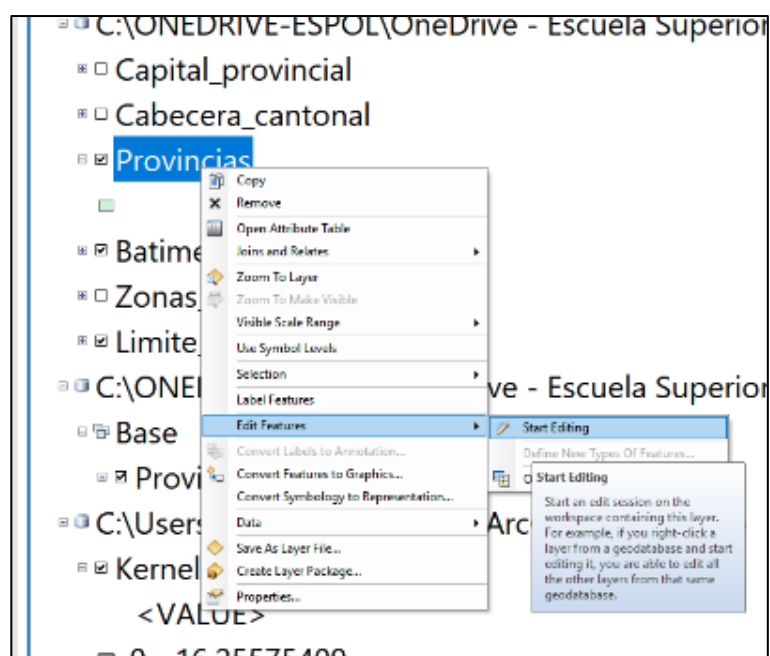


Figura 3.3 Inicio de la edición de la capa "Provincias".

Fuente: Torres, D., 2017.

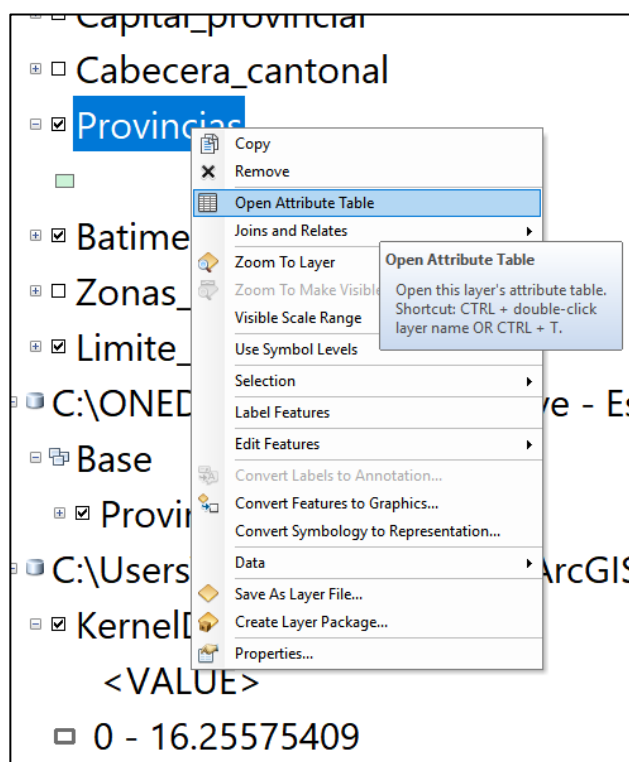


Figura 3.4 Apertura de la tabla de atributos
Fuente: Torres, D., 2017.

Luego, se abrió la tabla de atributos

| Shape | OBJECTID | DPA_PROVIN | DPA_DESPRO | DPA_VALOR | DPA_ANIO | REL_CODIGO | REN_CODIGO | PEE_CODIGO | Shape_Length | REGION |
|---------|----------|------------|--------------------------------|-----------|----------|------------|------------|------------|---------------|--------------------|
| Polygon | 1 | 01 | AZUAY | 0 | 2011 | 02 | 01 | 593 | 6786511380708 | REGION 6 |
| Polygon | 2 | 02 | BOLIVAR | 0 | 2011 | 02 | 01 | 593 | 453073171686 | REGION 5 |
| Polygon | 3 | 03 | CANAR | 0 | 2011 | 05 | 01 | 593 | 402082806225 | REGION 6 |
| Polygon | 4 | 04 | CARCHI | 0 | 2011 | 04 | 01 | 593 | 475697163145 | REGION 1 |
| Polygon | 5 | 05 | COTACACHI | 0 | 2011 | 02 | 01 | 593 | 443366387704 | REGION 3 |
| Polygon | 6 | 06 | CHIMBORAZO | 0 | 2011 | 02 | 01 | 593 | 520746385181 | REGION 3 |
| Polygon | 7 | 07 | EL CERO | 0 | 2011 | 03 | 02 | 593 | 103368301177 | REGION 7 |
| Polygon | 8 | 08 | ESMERALDAS | 0 | 2011 | 04 | 02 | 593 | 201312934099 | REGION 1 |
| Polygon | 9 | 09 | GUAYAS | 0 | 2011 | 03 | 02 | 593 | 373498379 | REGION 5 |
| Polygon | 10 | 10 | IMBABURA | 0 | 2011 | 04 | 01 | 593 | 48216940293 | REGION 1 |
| Polygon | 11 | 11 | LOJA | 0 | 2011 | 05 | 01 | 593 | 81983026706 | REGION 7 |
| Polygon | 12 | 12 | LOS RIOS | 0 | 2011 | 03 | 02 | 593 | 8723789847 | REGION 5 |
| Polygon | 13 | 13 | MANABI | 0 | 2011 | 03 | 02 | 593 | 120034944675 | REGION 4 |
| Polygon | 14 | 14 | MORONA SANTIAGO | 0 | 2011 | 05 | 03 | 593 | 101130239819 | REGION 6 |
| Polygon | 15 | 15 | NAPO | 0 | 2011 | 04 | 03 | 593 | 817231119891 | REGION 2 |
| Polygon | 16 | 16 | PASTAZA | 0 | 2011 | 02 | 03 | 593 | 106856740489 | REGION 3 |
| Polygon | 17 | 17 | PICHINCHA | 0 | 2011 | 04 | 01 | 593 | 723045248844 | REGION 7 |
| Polygon | 18 | 18 | TUNGURAHUA | 0 | 2011 | 02 | 01 | 593 | 337318526925 | REGION 3 |
| Polygon | 19 | 19 | ZAMORA CHINCHIPE | 0 | 2011 | 05 | 03 | 593 | 869788345531 | REGION 7 |
| Polygon | 20 | 20 | ORIELLANA | 0 | 2011 | 04 | 03 | 593 | 126141816117 | REGION 2 |
| Polygon | 21 | 21 | SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS | 0 | 2011 | 04 | 01 | 593 | 416220847489 | REGION 4 |
| Polygon | 22 | 22 | SANTA ELENA | 0 | 2011 | 03 | 02 | 593 | 402676733398 | REGION 5 |
| Polygon | 23 | 23 | ZONA NO DEFIIMITADA | 0 | 2011 | 90 | 05 | 593 | 35689788242 | ZONA NO DELIMITADA |
| Polygon | 24 | 24 | CALAFUQUES | 0 | 2011 | 03 | 04 | 593 | 178270827389 | REGION 5 |
| Polygon | 25 | 25 | SUCUMBIOS | 0 | 2011 | 04 | 03 | 593 | 128269913265 | REGION 1 |

Figura 3.5 Tabla de atributos.
Fuente: Torres, D., 2017.

Se procedió a seleccionar las provincias pertenecientes a la regional 5, haciendo una selección por atributo por medio del siguiente código:

```
[DPA_DESPRO]= 'BOLIVAR' OR [DPA_DESPRO]= 'GUAYAS'
OR [DPA_DESPRO]= 'LOS RIOS' OR [DPA_DESPRO]= 'SANTA
ELENA'
```

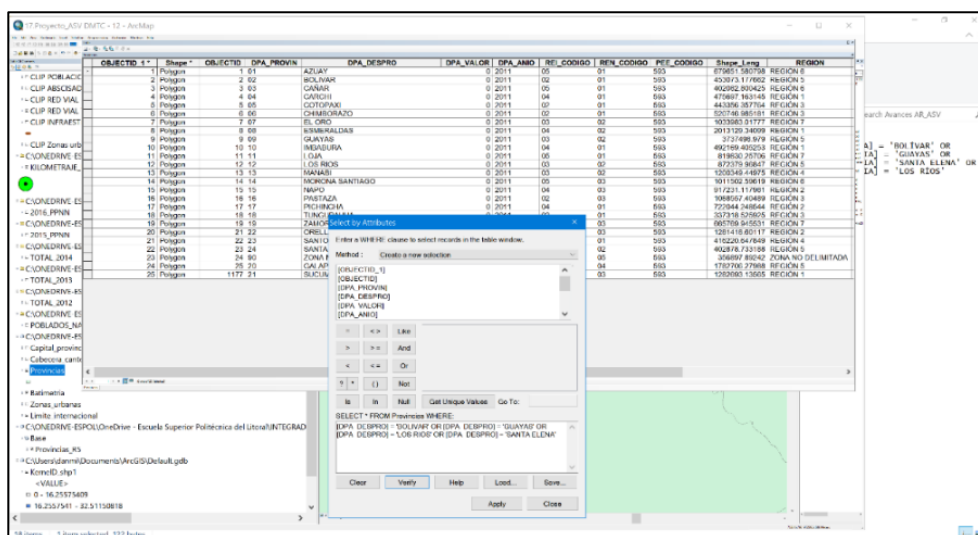


Figura 3.6 Selección de las provincias pertenecientes a la regional 5.

Fuente: Torres, D., 2017.

Y una vez ingresado el código para la selección por atributo, se ejecutó la selección y se obtuvieron los siguientes resultados:

Luego, se hizo un cambio de selección para lograr eliminar las provincias ajenas a las de la regional 5

| OBJECTID | Shape | OBJECTID | DPA_PROVINCIA | DPA_DESPRO | DPA_VALOR | DPA_ANIO | REL_CODIGO | REN_CODIGO | PEE_CODIGO | Shape_Length | REGION |
|----------|---------|----------|---------------|-------------------------------|-----------|----------|------------|------------|------------|--------------|--------------------|
| 1 | Polygon | 1 | 01 | AZUAY | 0 | 2011 | 05 | 01 | 563 | 618611340788 | REGION 6 |
| 2 | Polygon | 2 | 02 | BOLIVAR | 0 | 2011 | 05 | 01 | 563 | 453618177896 | REGION 6 |
| 3 | Polygon | 3 | 03 | CANAR | 0 | 2011 | 05 | 01 | 563 | 40268580425 | REGION 6 |
| 4 | Polygon | 4 | 04 | CARCHI | 0 | 2011 | 04 | 01 | 563 | 479691163145 | REGION 1 |
| 5 | Polygon | 5 | 05 | COTACACHI | 0 | 2011 | 05 | 01 | 563 | 415366327761 | REGION 3 |
| 6 | Polygon | 6 | 06 | CHIMBORAZO | 0 | 2011 | 02 | 01 | 563 | 520746885191 | REGION 7 |
| 7 | Polygon | 7 | 07 | EL CAJO | 0 | 2011 | 03 | 02 | 563 | 10336631177 | REGION 1 |
| 8 | Polygon | 8 | 08 | ESMERALDAS | 0 | 2011 | 04 | 02 | 563 | 20132934099 | REGION 1 |
| 9 | Polygon | 9 | 09 | GUAYAS | 0 | 2011 | 03 | 02 | 563 | 3737468976 | REGION 5 |
| 10 | Polygon | 10 | 10 | IMBABURA | 0 | 2011 | 04 | 01 | 563 | 467166405793 | REGION 1 |
| 11 | Polygon | 11 | 11 | LOJA | 0 | 2011 | 05 | 01 | 563 | 61865525706 | REGION 7 |
| 12 | Polygon | 12 | 12 | LOS RIOS | 0 | 2011 | 03 | 02 | 563 | 87237939647 | REGION 5 |
| 13 | Polygon | 13 | 13 | MANABI | 0 | 2011 | 03 | 02 | 563 | 12616444917 | REGION 4 |
| 14 | Polygon | 14 | 14 | MORONA SANTIAGO | 0 | 2011 | 05 | 03 | 563 | 101150219619 | REGION 8 |
| 15 | Polygon | 15 | 15 | NAPO | 0 | 2011 | 04 | 03 | 563 | 917231117881 | REGION 2 |
| 16 | Polygon | 16 | 16 | PASTAZA | 0 | 2011 | 02 | 03 | 563 | 106865740484 | REGION 3 |
| 17 | Polygon | 17 | 17 | TUNGURAHUA | 0 | 2011 | 04 | 01 | 563 | 72264218541 | REGION 7 |
| 18 | Polygon | 18 | 18 | TUNJAUNAHUA | 0 | 2011 | 02 | 01 | 563 | 33718525925 | REGION 3 |
| 19 | Polygon | 19 | 19 | ZAMORA CHINCHIPE | 0 | 2011 | 05 | 03 | 563 | 66016640531 | REGION 7 |
| 20 | Polygon | 20 | 20 | ORELLANA | 0 | 2011 | 04 | 03 | 563 | 126141860117 | REGION 2 |
| 21 | Polygon | 21 | 21 | SANTO DOMINGO DE LOS TSACHIAS | 0 | 2011 | 04 | 01 | 563 | 41622047448 | REGION 4 |
| 22 | Polygon | 22 | 22 | SANTA ELENA | 0 | 2011 | 03 | 02 | 563 | 402676733196 | REGION 5 |
| 23 | Polygon | 23 | 23 | ZONA NO DELIMITADA | 0 | 2011 | 06 | 05 | 563 | 36689789242 | ZONA NO DELIMITADA |
| 24 | Polygon | 24 | 24 | GALAPAGOS | 0 | 2011 | 03 | 04 | 563 | 176270627886 | REGION 5 |
| 25 | Polygon | 1177 | 21 | SUCUMBIOS | 0 | 2011 | 04 | 03 | 563 | 126269313965 | REGION 1 |

Figura 3.7 Ejecución de la selección
Fuente: Torres, D., 2017.

Y entonces se eliminaron dichos registros mediante la tabla de atributos:

Figura 3.8 Eliminación de provincias ajenas a la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

| OBJECTO | Shape | OBJECTO | DPA | PROV | DPA_DESPRO | DPA_VALOR | DPA_ANIO | REI_CODIGO | REN_CODIGO | FEE_CODIGO | Shaps_Leng | REGION |
|---------|---------|---------|----------|------|------------|-----------|----------|------------|---------------|------------|-------------|----------|
| 1 | Polygon | 1 01 | AZUAY | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 2 | Polygon | 2 02 | MOCHUMBA | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 3 | Polygon | 3 03 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 4 | Polygon | 4 04 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 5 | Polygon | 5 05 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 6 | Polygon | 6 06 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 7 | Polygon | 7 07 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 8 | Polygon | 8 08 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 9 | Polygon | 9 09 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 10 | Polygon | 10 10 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 11 | Polygon | 11 11 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 12 | Polygon | 12 12 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 13 | Polygon | 13 13 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 14 | Polygon | 14 14 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 15 | Polygon | 15 15 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 16 | Polygon | 16 16 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 17 | Polygon | 17 17 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 18 | Polygon | 18 18 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 19 | Polygon | 19 19 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 20 | Polygon | 20 20 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 21 | Polygon | 21 21 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 22 | Polygon | 22 22 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 23 | Polygon | 23 23 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 24 | Polygon | 24 24 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 25 | Polygon | 25 25 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 26 | Polygon | 26 26 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |

Figura 3.9 Aplicación del switch selection
Fuente: Torres, D., 2017.

| OBJECTO | Shape | OBJECTO | DPA | PROV | DPA_DESPRO | DPA_VALOR | DPA_ANIO | REI_CODIGO | REN_CODIGO | FEE_CODIGO | Shaps_Leng | REGION |
|---------|---------|---------|----------|------|------------|-----------|----------|------------|---------------|------------|-------------|----------|
| 1 | Polygon | 1 01 | AZUAY | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 2 | Polygon | 2 02 | MOCHUMBA | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 3 | Polygon | 3 03 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 4 | Polygon | 4 04 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 5 | Polygon | 5 05 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 6 | Polygon | 6 06 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 7 | Polygon | 7 07 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 8 | Polygon | 8 08 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 9 | Polygon | 9 09 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 10 | Polygon | 10 10 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 11 | Polygon | 11 11 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 12 | Polygon | 12 12 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 13 | Polygon | 13 13 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 14 | Polygon | 14 14 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 15 | Polygon | 15 15 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 16 | Polygon | 16 16 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 17 | Polygon | 17 17 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 18 | Polygon | 18 18 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 19 | Polygon | 19 19 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 20 | Polygon | 20 20 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 21 | Polygon | 21 21 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 22 | Polygon | 22 22 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 23 | Polygon | 23 23 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 24 | Polygon | 24 24 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 25 | Polygon | 25 25 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |
| 26 | Polygon | 26 26 | EL CAJAR | | 0 2011 | 05 | 01 | 593 | 433274 177620 | REGION 6 | 81365 30786 | REGION 6 |

Figura 3.10 Eliminación de registros mediante tabla de atributos.
Fuente: Torres, D., 2017.

Finalmente se logró obtener los datos dentro de los campos para las provincias pertenecientes a la regional 5 como se puede ver en la siguiente figura:

| OBJECTO | Objeto | OPA PROV | OPA DESP | OPA VALOR | OPA ANO | REN CODIGO | REN CODIGO | FEI CODIGO | Opaes Link | REGION |
|---------|--------|----------|------------|-----------|---------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 1 | Objeto | 01 | OBJETOS | 0 | 2011 | 00 | 00 | 000 | 0000000000 | REGION 5 |
| 12 | Objeto | 12 | LOG INGRES | 0 | 2011 | 00 | 00 | 000 | 0000000000 | REGION 5 |
| 20 | Objeto | 20 | RECURSOS | 0 | 2011 | 00 | 00 | 000 | 0000000000 | REGION 5 |

Figura 3.11 Datos dentro de los campos de las provincias pertenecientes a la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

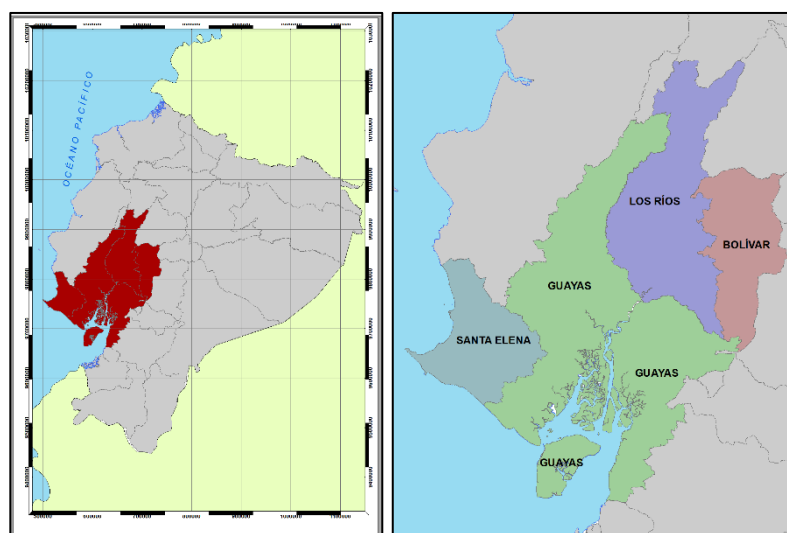


Figura 3.12 Provincias de la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

3.2. FASE PRELIMINAR

De acuerdo con investigaciones realizadas por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME UCR ubicado en Costa Rica, se siguió un modelo de metodología para obtener las zonas más susceptibles hacia accidentes de tránsito superponiendo estos con un perfil de susceptibilidad.

Para obtener este perfil, se tomó en cuenta tres factores, entre estos el clima de a la región, la geometría de las carreteras y la infraestructura vial.

De acuerdo con estos criterios de seguridad vial se dará pesos a los mismos tomados en consideración y finalmente se obtendrá los tramos de red vial más susceptibles frente accidentes de tránsito.

3.2.1. Paso 3: Factor Clima

El factor de clima toma en cuenta dos parámetros, el primero referente a los días lluvia por la muestra anual y el segundo que es la pluviosidad en el mismo intervalo de tiempo.

Para la generación de los raster se usaron registro en la muestra de 30 años, por medio de los datos que facilitó el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Paso 3.1: Días lluvia promedio multianuales

Como se mencionó anteriormente, para generar el mapa de los días lluvia promedio en las provincias de la regional 5, se usó una muestra de 30 años de registro.

El primer paso fue cargar los puntos al espacio de trabajo del programa, estos fueron cargados desde el archivo procesado rigurosamente de los datos de pluviosidad del INAMHI.

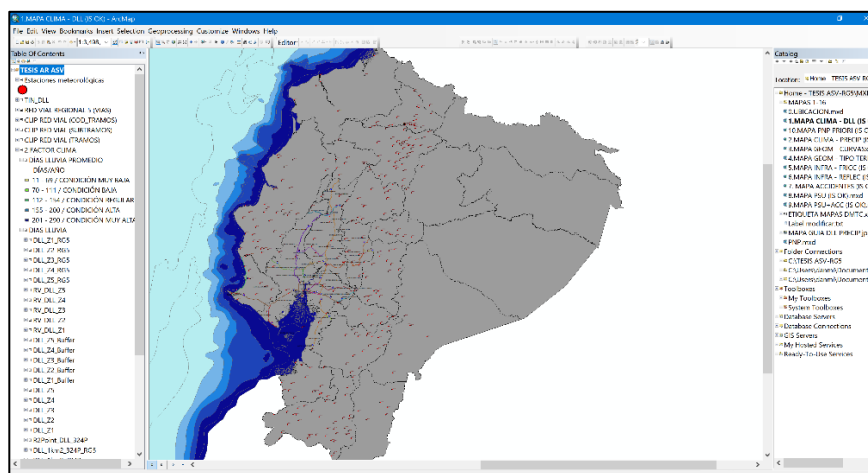


Figura 3.13 Carga de puntos al espacio de trabajo.

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez cargados los puntos que representan las estaciones meteorológicas, se procedió a generar la isoyeta por medio de una interpolación de tipo IDW, esta fue realizada con ayuda del programa ArcGIS a través de sus herramientas de análisis espacial.

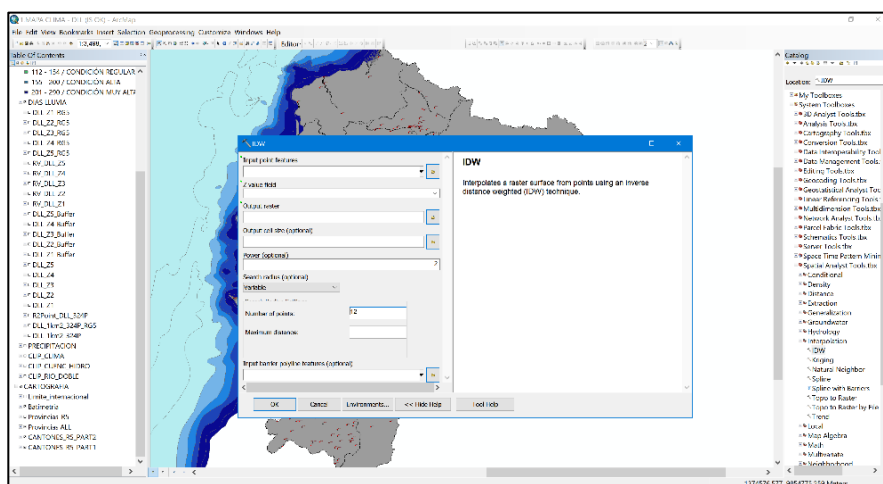


Figura 3.14 Generación de Isoyeta.
Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla II: Valores ingresados por campo.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|----------------------|--|--|
| Input point features | Ingresar la capa que contiene los datos de pluviometría de cada estación | Se ingresó la capa que fue procesada desde los datos facilitados por el INAMHI |
| Z value field | Se ingresa el campo que contiene los datos de días lluvia promedio | Se ingresó el campo que contiene los datos de días lluvia promedio multianual |
| Output raster | Nombre del raster de salida | Se llamó a la capa de salida DLL_1km2_324P |
| Output cell size | Tamaño de la celda | Se ingresaron 1000 metros |
| Power (optional) | 2 | Valor que usa la función por defecto |
| Search radius | Radio contenido dentro de la celda | Se ingresó una búsqueda de radio variable |

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| Number of points | Estaciones vecinas que ayudan a la interpolación | Se ingresaron las 324 estaciones contenidas en todo el Ecuador |
| Maximun distance | Distancia máxima | Campo vacío |
| Input barrier polyline features | Poli línea de entrada | Campo vacío |

Fuente: Torres, D., 2017.

El resultado de la función antes descrita se presenta a continuación

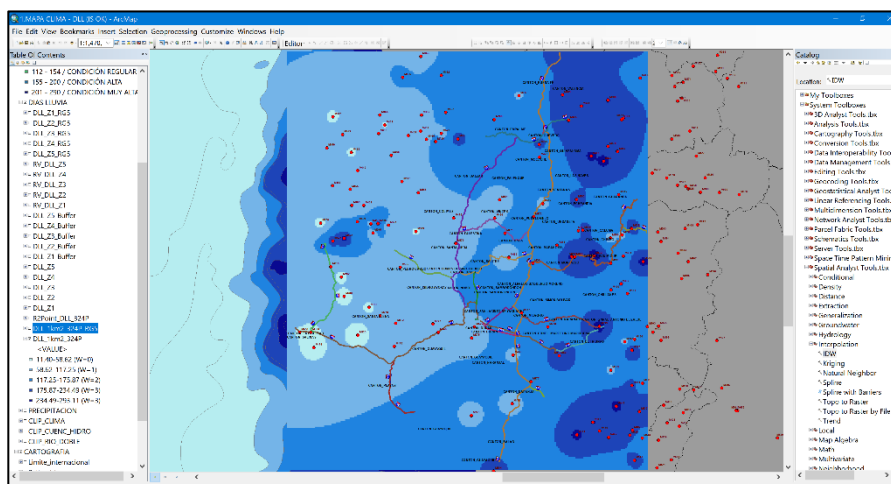


Figura 3.15 Resultados de la isoyeta.

Fuente: Torres, D., 2017.

Debido a la necesidad de obtener los tramos de vías en función de las regiones contenidas dentro de la isoyeta, se creó una conversión del raster isoyeta hacia un raster de puntos, tal como se muestra en la siguiente figura.

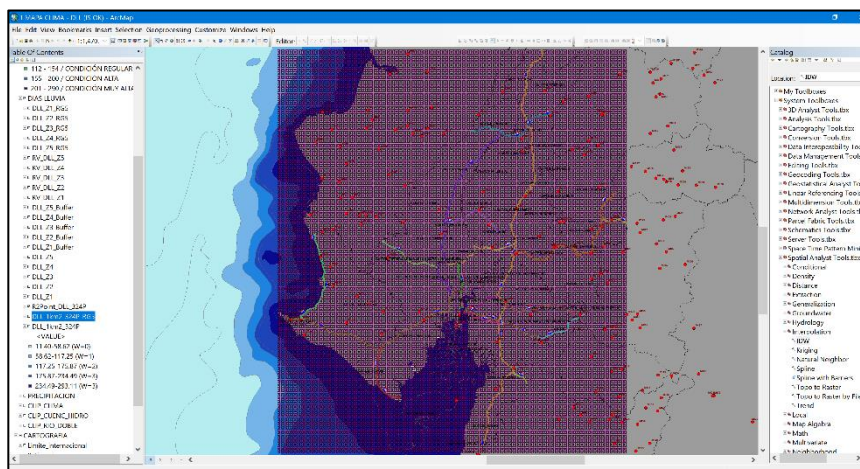


Figura 3.16 Tramos de vías en función de las regiones.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para crearlo se tuvo que seguir el siguiente orden:

Conversion tools>From raster>Raster to point

El raster de puntos creado fue llamado “R2Point_DLL_324P”, luego se procedió a crear nuevas capas que permitan visualizar los datos de la isoyeta de acuerdo con las clases con las que se generaron, en este caso se las generó con 5 clases, por lo cual se tuvieron que generar 5 capas llamadas DLL_Z1, DLL_Z2, DLL_Z3, DLL_Z4 y DDL_Z5.

Cabe mencionar que la creación de estas capas fue gracias a la herramienta de geoprocésamiento “Selección por localidad” en donde una vez escogida la zona, se creó la respectiva capa de puntos.

Las clases mencionadas fueron en los siguientes intervalos:

- Primera clase: 11.40 – 58.62
- Segunda clase: 58.62 – 117.25
- Tercera clase: 117.25 – 175.87
- Cuarta clase: 175.87 – 234.49
- Quinta clase: 234.49 – 293.11

Por lo tanto, para la regional 5, a lo mucho se tenían un promedio multianual de 294 días de lluvia al año.

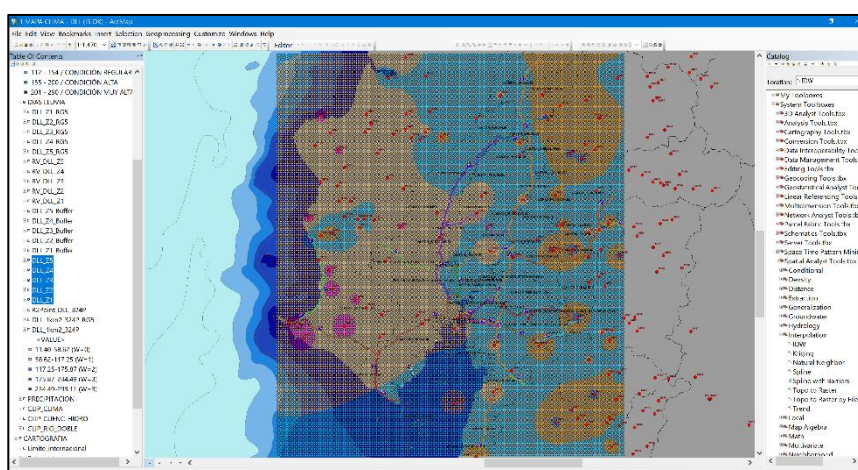


Figura 3.17 Descripción pendiente
Fuente: Torres, D., 2017.

Debido a que no era posible obtener los tramos de vías que pasaran específicamente por las capas creadas en el paso anterior, se generaron zonas “buffer” en dichos puntos, esto con el fin de crear polígonos de forma circular que permitan por medio de una selección por localidad extraer la información de tramos y

subtramos de la red vial 5 que pasen por las capas buffer previamente creadas.

Para crear lo que se ilustra en el gráfico de abajo, se abrió la herramienta de geoprocresamiento BUFFER y se ingresaron los siguientes valores:

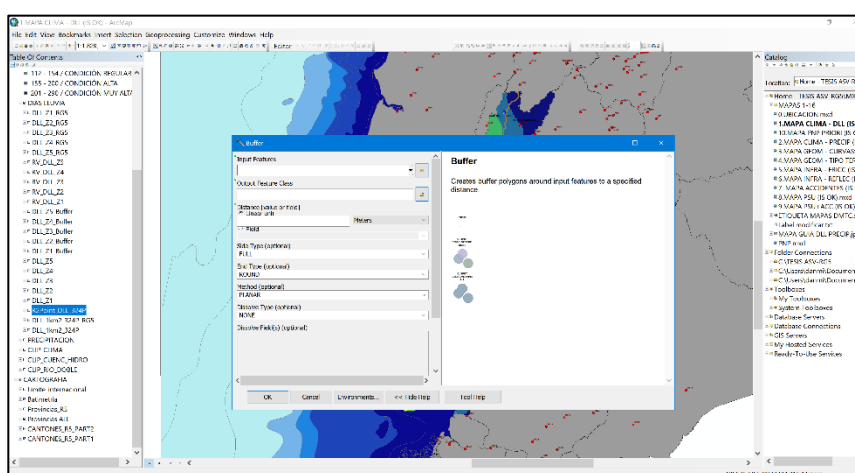


Figura 3.18 Generación de zonas "buffer".
Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla III. Valores ingresados por campo.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|-----------------------|--|--|
| Input features | Indica la capa fuente con la que la función toma para arrojar los resultados | Se ingresaron por individual las capas llamadas DLL_Z1, DLL_Z2, DLL_Z3, DLL_Z4 y DLL_Z5, por lo tanto, se crearon 5 capas de tipo buffer |
| Output features class | Indica cómo se va a llamar la capa resultado | Las capas resultado fueron llamadas DLL_Z1_Buffer, DLL_Z2_Buffer, DLL_Z3_Buffer, DLL_Z4_Buffer y DLL_Z5_Buffer |
| Distance | Indica la distancia que hace el buffer desde la capa de origen | Se usó una distancia lineal de 200 metros |
| Field | Indica el campo de la capa fuente desde | Se dejó vacío el campo |

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|-----------------|--|--|
| Side type | donde se puede hacer el buffer Indica el lado hacia donde se haría el buffer, este puede ser izquierdo, central o derecho | Se usó el que viene por defecto (FULL) |
| End type | Indica la geometría del buffer esta puede ser de forma circular o en cuadrados | Se usó el que viene por defecto (ROUND) |
| Method | Puede escoger entre método planar o geodésico | Se usó el que viene por defecto (PLANAR) |
| Dissolve type | Indica la disolución en caso de que se presente traslape de geometrías tipo buffer | Se usó el que viene por defecto (NONE) |
| Dissolve fields | Indica los campos de la capa de ingreso que podrían ser resueltas en caso de traslapes | No se ingresaron valores |

Fuente: Torres, D., 2017.

Ingresados los valores a la función, se tiene lo siguiente:

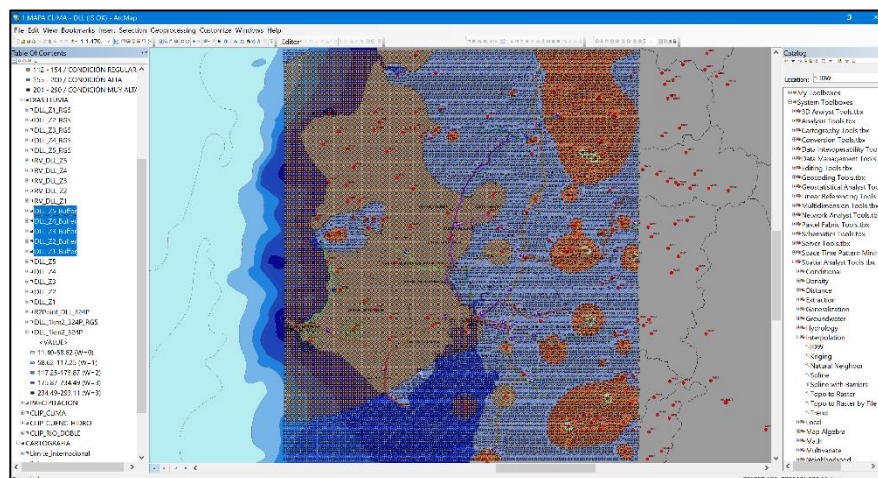


Figura 3.19 Descripción pendiente.
Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez generadas las capas, que salieron a partir de la herramienta de geoprocésamiento tipo buffer, se procedió a extraer la información respectiva de tramos y subtramos en cada zona dentro de la isoyeta días lluvia creada en el inicio.

Para conseguir dicha información, se usó la herramienta de geoprocésamiento “selección por localidad”.

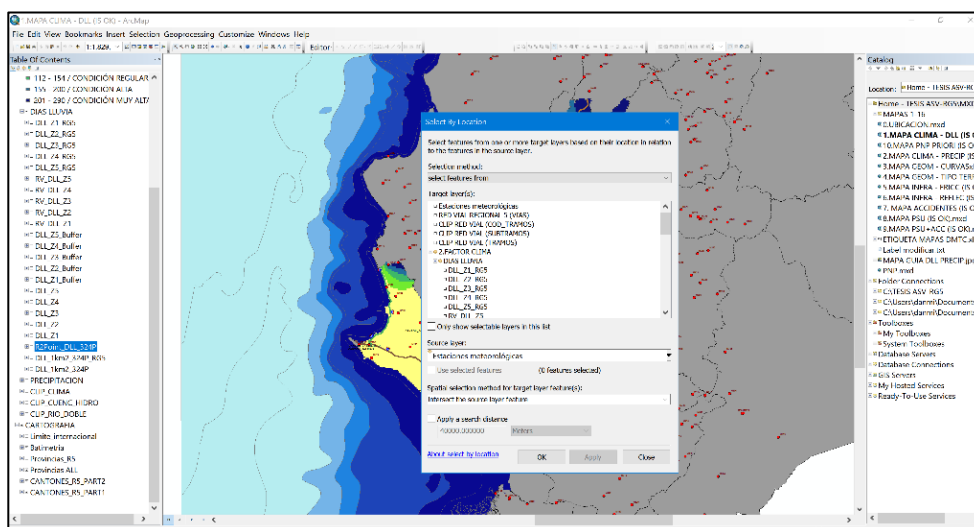


Figura 3.20 Uso de la herramienta geoprocresamiento, “selección por localidad”.

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla IV: Valores ingresados por campo en la herramienta geoprocresamiento.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--|---|---|
| Selection method | Elige el método de selección | Se usó “Select features from” |
| Target layers | Da una lista de las capas que contienen el dato a seleccionar | Se escogió siempre la capa llamada CLIP RED VIAL TRAMOS SUBTRAMOS |
| Source layer | Se escoge la capa base donde se acota la selección | Se escogieron las capas llamadas DLL_Z1_Buffer, DLL_Z2_Buffer, DLL_Z3_Buffer, DLL_Z4_Buffer y DLL_Z5_Buffer, en total se realizaron 5 selecciones |
| Spatial selection method for target layer features | Da a elegir el método de selección espacial, existen 15 métodos | Se usó la opción “Intersect the source layer feature” |
| Apply a search distance | Indica una distancia de búsqueda de selección | No se habilito la opción |

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez escogida la información por medio de selección espacial, esta se guardó en diferentes capas, que fueron llamadas RV_DLL_Z1, RV_DLL_Z2, RV_DLL_Z3, RV_DLL_Z4 y RV_DLL_Z5.

Luego para una correcta presentación de la isoyeta, se tuvo que recortar el raster convertido a buffer para llevar los datos desde contorno global hacia local, consiguiendo así el siguiente esquema:

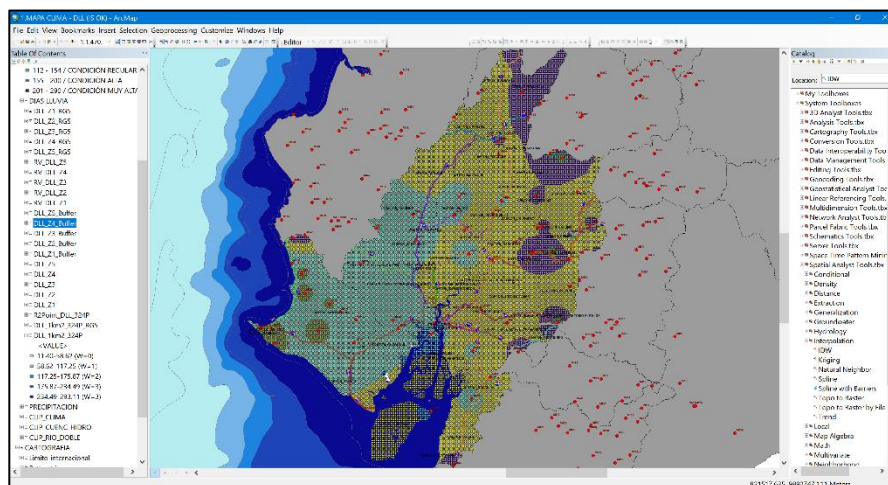


Figura 3.21 Esquema de la isoyeta
Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez obtenidas las capas RV_DLL_Z1, RV_DLL_Z2, RV_DLL_Z3, RV_DLL_Z4 y RV_DLL_Z5, se extrajeron los

campos y se asignaron pesos a todas las 22 vías contenidas en la regional 5.

Los pesos fueron asignados de acuerdo con el criterio del Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME como se visualiza en la siguiente tabla:

Tabla V: Clasificación de condiciones de lluvia, y su peso de acuerdo al LANAMME.

| Clasificación | Condición | Descripción (Días Lluvia/Año) | Peso |
|----------------------|------------------|--------------------------------------|-------------|
| 1 | Muy baja | 80-20% | 0 |
| 2 | Baja | 20-40% | 1 |
| 3 | Regular | 40-60% | 2 |
| 4 | Alta | 60-80% | 3 |
| 5 | Muy alta | 80-100% | 3 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla VI: Peso por días de lluvia

| Días Lluvia Min | Días Lluvia Max | Peso Lanamme |
|------------------------|------------------------|---------------------|
| 11.4 | 58.62 | 0 |
| 58.62 | 117.25 | 1 |
| 117.25 | 175.87 | 2 |
| 175.87 | 234.49 | 3 |
| 234.49 | 293.11 | 3 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Con los procedimientos antes descritos, se construye la siguiente tabla:

Tabla VII: Descripción pendiente.

| Vía | Días De Lluvia Min | Días De Lluvia Max | Valor Medio | Peso |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|------|
| Alausí - El Triunfo | 175.87 | 234.49 | 205.18 | 3 |
| Aurora - T De Salitre | 117.25 | 175.87 | 146.56 | 2 |
| Babahoyo - Ambato | 146.56 | 205.18 | 175.87 | 2 |
| Balbanera - T Del Triunfo | 195.41 | 254.03 | 224.72 | 3 |
| Durán - Km. 27 | 105.52 | 164.15 | 134.84 | 1.5 |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 131.91 | 190.53 | 161.22 | 2 |
| Guayaquil - El Empalme | 67.41 | 126.04 | 96.73 | 1 |
| La Puntilla - Guayaquil | 58.62 | 117.25 | 87.94 | 1 |
| La Troncal - Puerto Inca | 117.25 | 175.87 | 146.56 | 2 |
| Milagro - Bucay | 117.25 | 175.87 | 146.56 | 2 |
| Montecristi - Nobol | 58.62 | 117.25 | 87.94 | 1 |
| Palestina - San Juan | 78.16 | 136.79 | 107.48 | 1.5 |
| Progreso - Posorja | 87.94 | 146.56 | 117.25 | 1.5 |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 58.62 | 117.25 | 87.94 | 1 |
| Puerto Inca - Cuenca | 117.25 | 175.87 | 146.56 | 2 |
| T De Baba - Daule | 92.12 | 150.75 | 121.44 | 1.5 |
| T De Milagro - Durán | 97.71 | 156.33 | 127.02 | 1.5 |
| Transversal Austral | 67.49 | 123.42 | 95.46 | 1.5 |
| Transversal Central | 141.68 | 200.30 | 170.99 | 2.5 |
| Transversal Central (Alternativa) | 117.25 | 175.87 | 146.56 | 2 |
| Troncal De La Costa | 114.90 | 173.53 | 144.21 | 2 |
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 52.65 | 107.48 | 80.06 | 0.5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Finalmente, como producto parcial se obtiene el mapa que representa los valores de días lluvia promedio multianual y también los respectivos pesos que aportarán en pasos siguientes a construir el perfil de susceptibilidad de la regional 5.

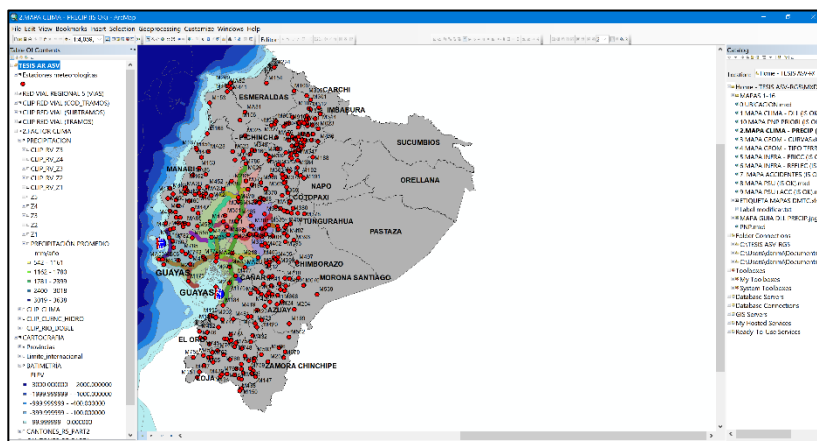


Figura 3.23 Datos de precipitación multianual.
Fuente: Torres, D., 2017.

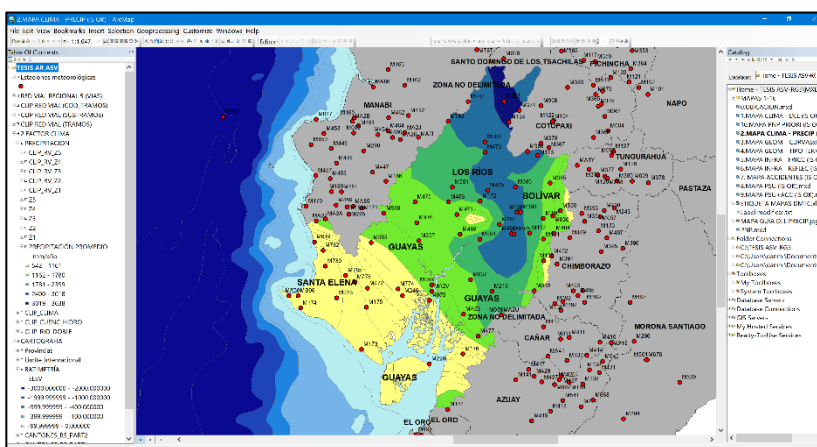


Figura 3.24 Datos de precipitación multianual de las provincias de la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

Luego, se crearon nuevas capas por cada intervalo de las clases contenidas en las isoyetas que facilitó el INAMHI.

La metodología para crear las capas se describe a continuación:

Primero se realizó una selección por atributo para la isoyeta de precipitación por cada clase contenida en el mismo.

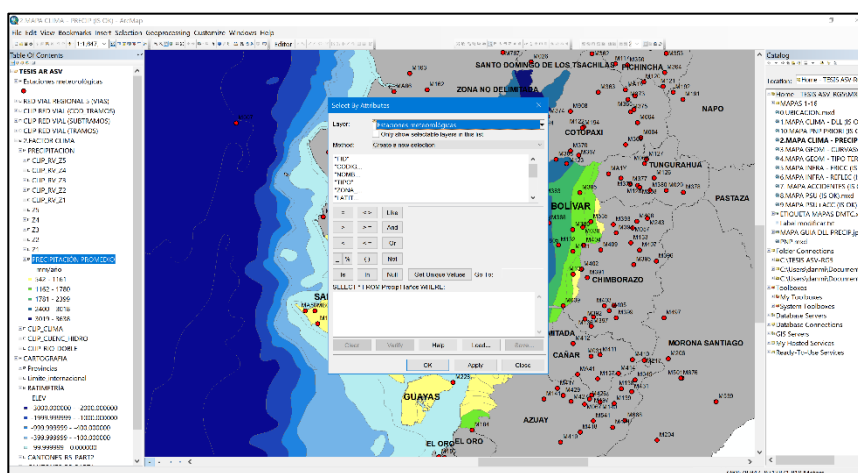


Figura 3.25 Isoyeta de partición por cada clase.

Fuente: Torres, D., 2017.

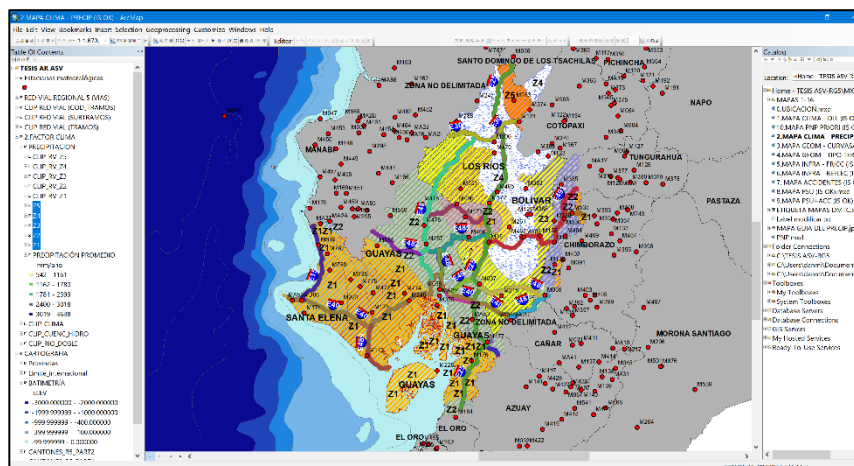
Por cada selección de clase, se ingresaron los valores a la función de la siguiente manera:

Tabla VIII: Valores ingresados por campo por cada selección de clase.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|---------------------------------------|---|--|
| Layer | Indica la capa fuente de donde se toman los valores para la selección | Se ingresó como dato el raster de isoyeta de precipitación multianual |
| Method | Indica el método de selección que se desea aplicar, existen 4 | Se usó el método de nueva selección |
| Select*from Feature name- Where | Indica el código que se va aplicar para obtener la selección espacial deseada | Se ingresó el siguiente código por cada clase: Value_Max >=A AND Value_Max <=B, donde se entiende que el intervalo de la clase es de A hasta B. |

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez obtenida la selección, se creó una capa por cada una, en este caso se crearon 5 capas de acuerdo con las 5 clases que presentaba la isoyeta de precipitación.

**Figura 3.26** Isoyeta de precipitación con sus 5 clases.

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez creadas estas capas de tipo raster, estas fueron llamadas Z1, Z2, Z3, Z4 y Z5.

Cabe mencionar que a diferencia del proceso que se llevó para generar el mapa de días Lluvia promedio multianual, para este caso se ahorró mucho trabajo debido a que no se construyeron las isoyetas y estas fueron facilitadas en formato raster con campos de polígonos, lo que agilizo el procedimiento para construir las capas por cada clase contenida en la isoyeta, recordando que estas clases fueron 5 en unidades de mm anuales y se las describe a continuación:

- Primera clase: 542 – 1161 mm
- Segunda clase: 1161 – 1780 mm
- Tercera clase: 1780 – 2399 mm
- Cuarta clase: 2399 – 3018 mm
- Quinta clase: 3018 – 3637 mm

Luego, se procedió a extraer información de tramos y subtramos de vías que estén contenidas en las capas creadas anteriormente.

Esta extracción se dio gracias a la herramienta de geoprocésamiento de “selección por localidad”.

Tabla IX: Valores ingresados por campo.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--|---|---|
| Selection method | Elige el método de selección | Se usó "Select features from" |
| Target layers | Da una lista de las capas que contienen el dato a seleccionar | Se escogió siempre la capa llamada CLIP RED VIAL TRAMOS SUBTRAMOS |
| Source layer | Se escoge la capa base donde se acota la selección | Se escogieron las capas anteriormente creadas Z1, Z2, Z3, Z4 y Z5, en total se realizaron 5 selecciones de tramos de red vial |
| Spatial selection method for target layer features | Da a elegir el método de selección espacial, existen 15 métodos | Se usó la opción "Intersect the source layer feature" |
| Apply a search distance | Indica una distancia de búsqueda de selección | No se habilitó la opción |

Fuente: Torres, D., 2017.

Con esto se logró obtener los valores de precipitación para cada tramo y subtramo de carretera dentro de la red estatal y posterior a eso se pudo asociar un peso que sirvió de aporte para construir el perfil susceptible de la red vial 5.

Tabla X: Tabla de precipitaciones por vía y peso por precipitación máxima.

| Nombre Vía | Cod_Vi a1 | Promedio | | Peso Precip Max |
|---------------------------------------|--------------|---------------|---------------|--------------------|
| | | Precip Min | Precip Max | |
| Alausí - El Triunfo | 51 | 1780 | 2399 | 1.00 |
| Aurora - T De Salitre | 19 | 1161 | 1780 | 0.00 |
| Babahoyo - Ambato | 23 | 1581 | 2200 | 1.00 |
| Balbanera - T Del Triunfo | 24 | 1471 | 2090 | 1.00 |
| Durán - Km. 27 | 50 | 1161 | 1780 | 0.00 |
| Guaranda - Cemento | | | | |
| Chimborazo | 45 | 1006 | 1625 | 0.00 |
| Guayaquil - El Empalme | 17 | 1285 | 1904 | 0.00 |
| La Puntilla - Guayaquil | 49 | 1161 | 1780 | 0.00 |
| La Troncal - Puerto Inca | 22 | 1161 | 1780 | 0.00 |
| Milagro - Bucay | 48 | 1471 | 2090 | 1.00 |
| Montecristi - Nobol | 11 | 1161 | 1780 | 0.00 |
| Palestina - San Juan | 44 | 1058 | 1677 | 0.00 |
| Progreso - Posorja | 14 | 542 | 1161 | 0.00 |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 92 | 542 | 1161 | 0.00 |
| Puerto Inca - Cuenca | 52 | 1161 | 1780 | 0.00 |
| T De Baba - Daule | 46 | 1200 | 1819 | 0.00 |
| T De Milagro - Durán | 21 | 1161 | 1780 | 0.00 |
| Transversal Austral | 9 | 900 | 1519 | 0.00 |
| Transversal Central | 8 | 2605 | 3224 | 2.00 |
| Transversal Central (Alternativa) | 82 | 2399 | 3018 | 2.00 |
| Troncal De La Costa | 2 | 1673 | 2292 | 1.00 |
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 1 | 542 | 1161 | 0.00 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Cabe mencionar que dichos pesos fueron dados de acuerdo con el criterio establecido por el Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XI: Clasificación de pesos por rango de precipitaciones anuales.

| Clasificación | Descripción (Mm/Año) | Peso |
|---------------|----------------------|------|
| 1 | <2000 | 0 |
| 2 | 2000-3000 | 1 |
| 3 | 3000-4000 | 2 |
| 4 | >4000 | 3 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Finalmente, se obtiene como producto parcial, una isoyeta de precipitación media multianual para 30 años en toda la red vial de la regional 5.

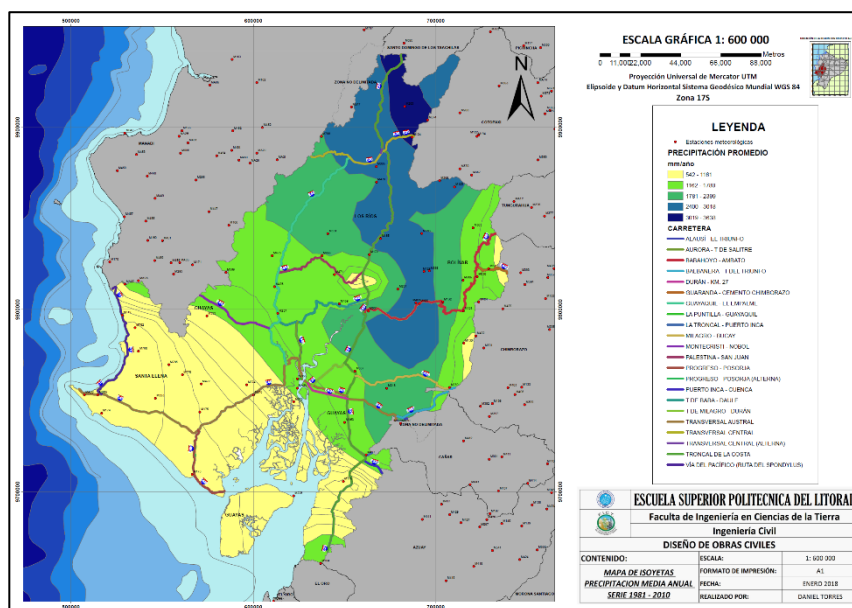


Figura 3.27 Isoyetas de precipitación media multianual serie 1981-2010

Fuente: Torres, D., 2017.

3.2.2. Paso 4: Factor Geometría

Paso 4.1: Tipo de terreno.

Para poder generar el mapa de tipo de terreno fue necesario usar el software Google Earth para obtener las curvas de nivel y conocer la configuración del terreno existente en la regional 5. Para esto, primero se cargó el programa y se localizó la regional 5 en el mapa virtual.

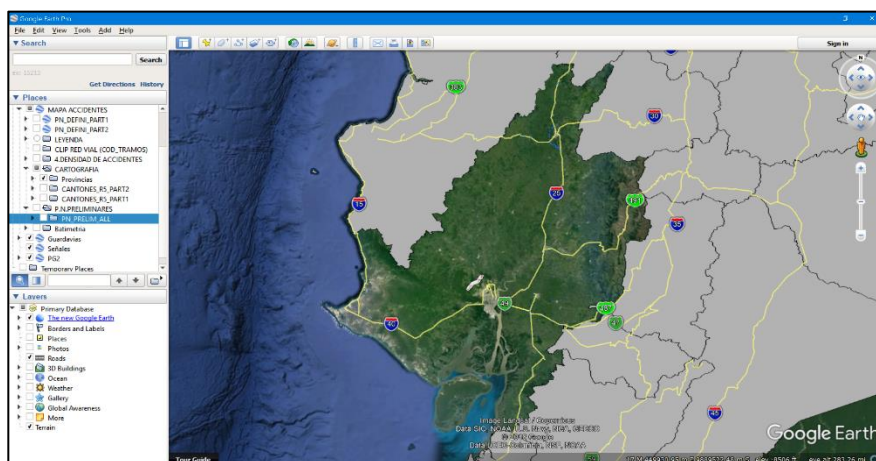


Figura 3.28 Tipo de terreno.
Fuente: Torres, D., 2017.

Luego se ubicaron de manera aleatoria los puntos que se necesitaban extraer del Google Earth, para así obtener las respectivas cotas del terreno.

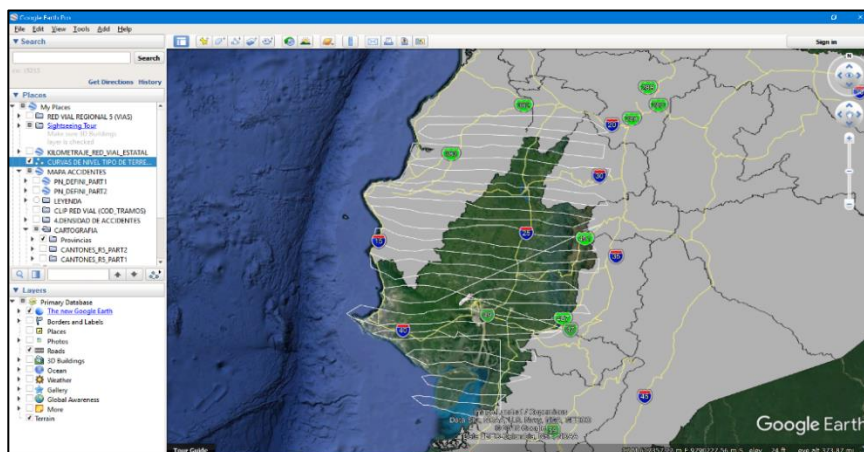


Figura 3.29 Cotas de terreno
Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez ubicado los puntos en la zona objetivo, se guardó la función como formato kmz, al hacer esto lo que se tiene es un archivo DEM (Digital Elevation Model), pero debido a la necesidad de cargar los puntos al programa ARCGIS, por medio del portal web <http://www.gpsvisualizer.com/elevation>, se hizo una conversión de puntos DEM a puntos GPS.

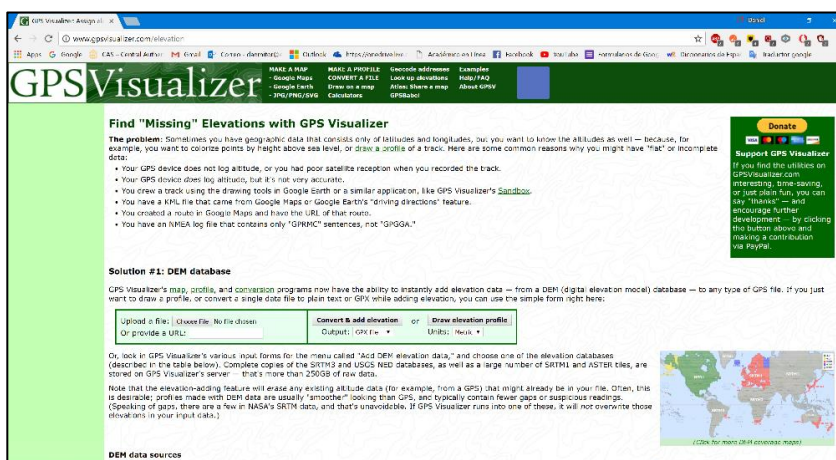


Figura 3.30 Carga de puntos a ARCGIS.

Fuente: Torres, D., 2017.

Como paso siguiente se abrió el programa ArcGIS y se cargaron los puntos ya convertidos a formato GPX, para cargarlos se usó el siguiente orden en la barra de herramientas de geoprocetamiento

Toolboxes>System toolboxes>Conversion tools>From GPS>GPX To Features.

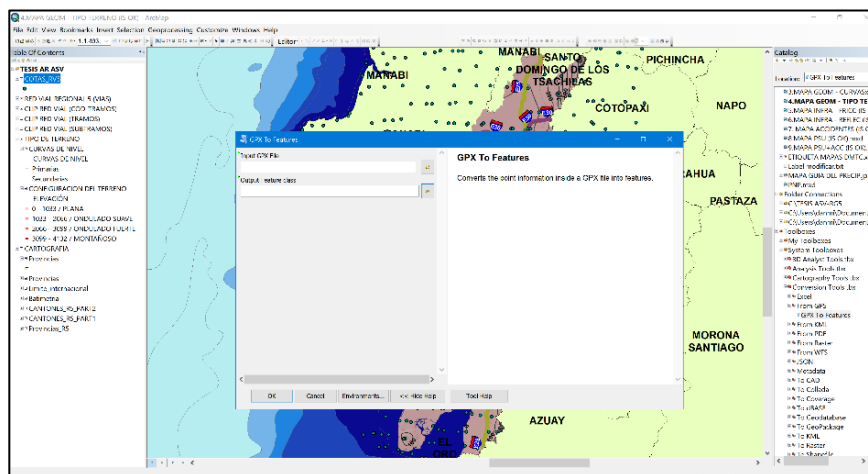


Figura 3.31 Carga de datos en formato GPX
Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XII: Valores ingresados por campo.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|----------------------|--|--|
| Input GPX file | Campo donde se debe ingresar el archivo GPX | Se ingresó el archivo convertido en el portal antes mostrado |
| Output feature class | Campo que indica el nombramiento del archivo que será resultado de la conversión | Se nombró la capa resultado como "COTAS_RV5" |

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez cargados los puntos al programa se visualiza lo siguiente:

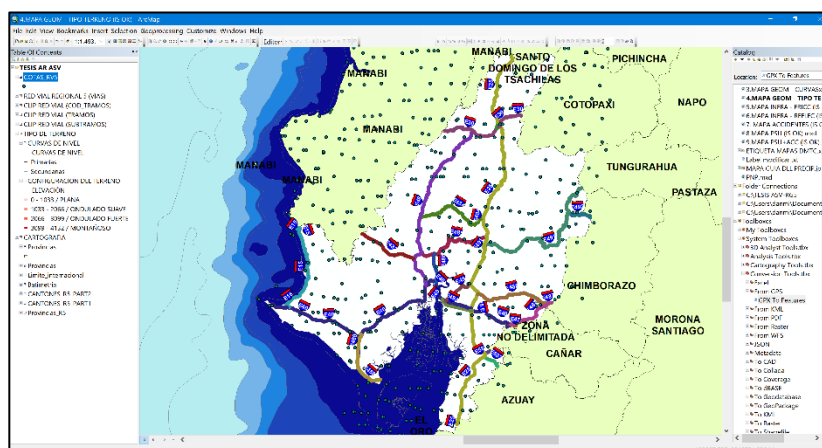


Figura 3.32 Visualización de datos cargados.
Fuente: Torres, D., 2017.

Como paso siguiente se creó un TIN (Red de triángulos irregulares) siguiendo las siguientes ordenes en la barra de herramientas

System toolboxes>3D Analyst Tools>TIN>Create TIN

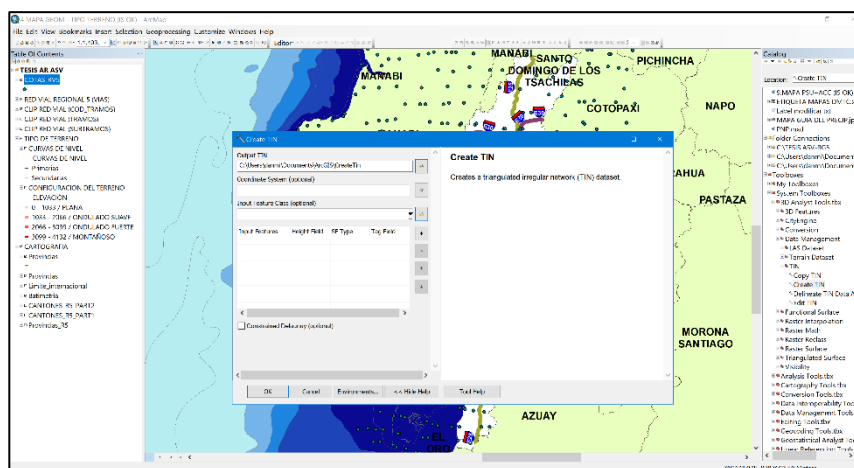
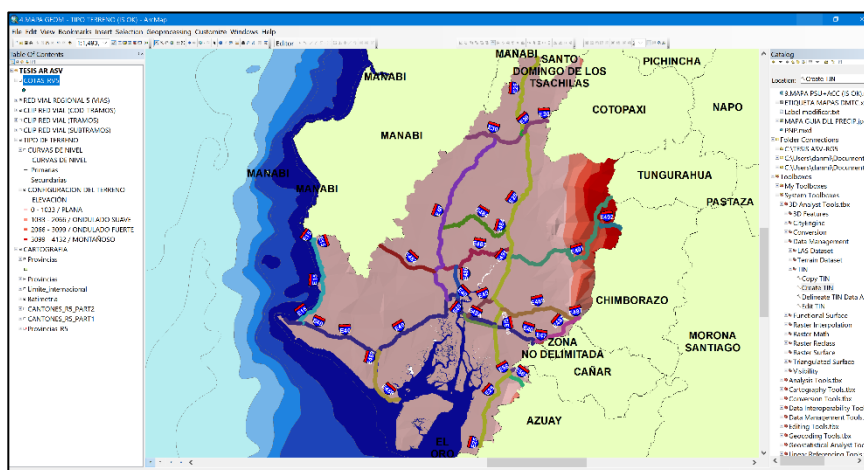


Figura 3.33 Red de triángulos irregulares.
Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XIII: Valores ingresados por campo para creación de TIN.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|------------------------------|--|---|
| Output TIN | Campo donde se nombre el resultado de la función | Se llamó a la capa de salida como "COTAS_RV5_TIN" |
| Coordinate System (Optional) | Campo donde se indica el sistema georeferencial a usar | Se usó el Sistema UTM WGS 1984 para la Zona 17 Sur |
| Input Feature Class | Campo donde se ingresa los datos de la función | Se ingresa la capa que contiene las cotas del terreno, en este caso la capa llamada COTAS_RV5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

**Figura 3.34** Descripción por definir.

Fuente: Torres, D., 2017.

Como paso siguiente se crean las respectivas curvas de nivel del terreno, siguiendo el siguiente orden en la barra de herramientas

System Toolboxes>3D Analyst Tools>Triangulated Surface>Surface contour

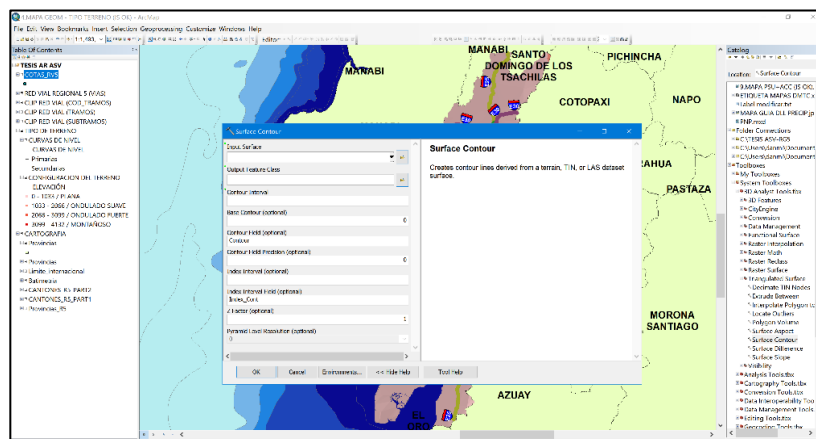


Figura 3.35 Creación de curvas de nivel del terreno.
Fuente: Torres, D., 2017.

Donde se ingresa como dato de la función el TIN generado previamente y se usó como intervalo de curvas un valor de 50. Al resultado de la función se lo llamo “COTAS_RV5_TIN_CN50”. Debido a que el resultado reflejaba curvas no suavizadas, se las procedió a suavizar con el siguiente orden en la barra de herramientas.

System Toolboxes>Cartography tools>Generalization>Smooth line

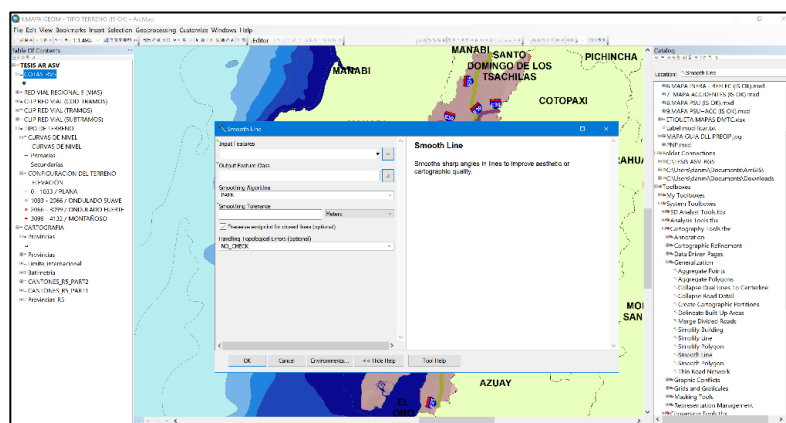


Figura 3.36 Suavización de las curvas de nivel.

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XIV: Datos ingresados por campo.

Fuente: Torres, D., 2017.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|---|--|--|
| Input features | Campo donde se ingresan las curvas de nivel a suavizar | Se ingresó la capa de curvas de nivel llamada COTAS_RV5_TIN_CN50 |
| Output Features Class | Campo donde se da la dirección de la capa resultado | Se llamó a la función resultado "Cotas_RV5_TIN_CN50_SM" |
| Smoothing Algorithm | Se puede escoger dos tipos, PAEK o BEZIER INTERPOLATION | Se usó el método PAEK |
| Smoothing tolerance | Se ingresa la magnitud de suavizado que se le quiere dar a las curvas de nivel | Se usó un valor de 5000 en unidades de metros |
| Preserve endpoint for closed lines (optional) | Se puede dar habilitado o no habilitado | Se dio habilitado |

Finalmente, con todos los pasos anteriores y extrayendo los valores de cotas para cada tramo de vías, se obtienen los siguientes datos

Tabla XV: Peso promedio por vía.

| Nombre Vía | Cod_Via1 | Peso Prom |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|
| Alausí - El Triunfo | 51 | 0.00 |
| Aurora - T De Salitre | 19 | 0.00 |
| Babahoyo - Ambato | 23 | 1.39 |
| Balbanera - T Del Triunfo | 24 | 0.00 |
| Durán - Km. 27 | 50 | 0.00 |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 45 | 3.00 |
| Guayaquil - El Empalme | 17 | 0.00 |
| La Puntilla - Guayaquil | 49 | 0.00 |
| La Troncal - Puerto Inca | 22 | 0.00 |
| Milagro - Bucay | 48 | 0.00 |
| Montecristi - Nobol | 11 | 0.00 |
| Palestina - San Juan | 44 | 0.00 |
| Progreso - Posorja | 14 | 0.00 |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 92 | 0.00 |
| Puerto Inca - Cuenca | 52 | 0.00 |
| T De Baba - Daule | 46 | 0.00 |
| T De Milagro - Durán | 21 | 0.00 |
| Transversal Austral | 9 | 0.00 |
| Transversal Central | 8 | 0.00 |
| Transversal Central (Alternativa) | 82 | 0.00 |
| Troncal De La Costa | 2 | 0.00 |
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 1 | 0.00 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tomando como referencia los pesos establecidos por el Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME.

Tabla XVI: Peso LANAMME por tipo de terreno.

| Clasificación | Tipo de Terreno | Peso Lanamme |
|----------------------|------------------------|---------------------|
| 1 | Llano | 0 |
| 2 | Ondulado Suave | 1 |
| 3 | Ondulado Duro | 2 |
| 4 | Montañoso | 3 |

Fuente: Torres, D., 2017.

De acuerdo con dichos pesos fueron asignados para cada vía y con pequeños detalles, se logró construir el mapa de la configuración del terreno para toda la regional 5.

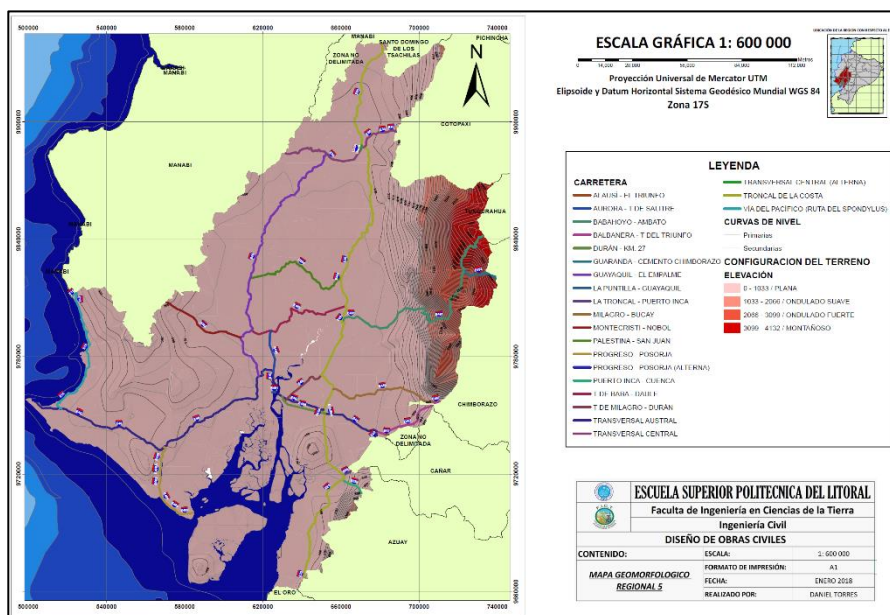


Figura 3.37 Configuración del terreno de la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

Paso 4.2: Curvas por kilómetro en tramo de carretera.

El primer paso para lograr obtener el número de curvas por kilómetro en la red vial estatal de la regional 5 fue tomar los puntos de la capa Peraltes existentes en el inventario georreferenciado que facilito la CTE.

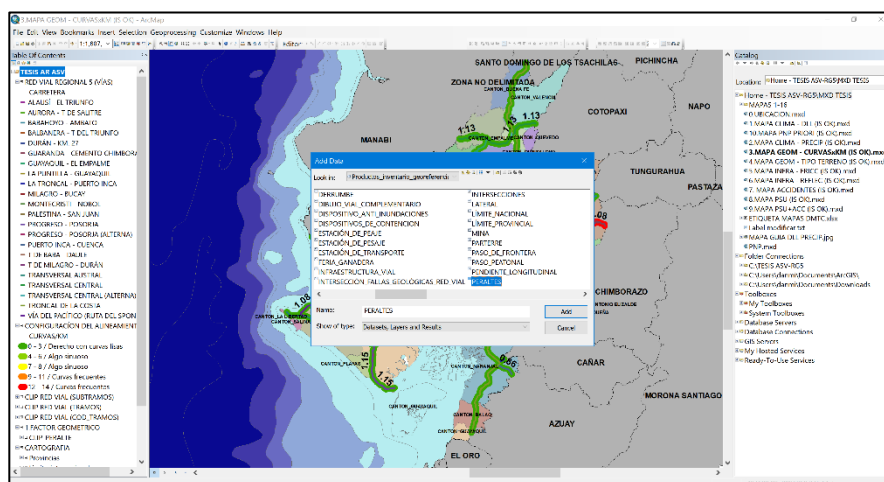


Figura 3.38 Curvas por kilómetro en tramo de carretera.
Fuente: Torres, D., 2017.

Según los datos que facilitó el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la capa Peraltes es de tipo puntos y en cada uno se conoce que existe una curva en la red vial de la regional 5, entonces a partir de ese detalle se extrajo los puntos de la capa Peraltes y se hizo una cuantificación de puntos peraltes existentes en cada vía de la red. Se obtuvieron 22 vías y por cada una se pudo obtener el número de curvas.

El segundo paso fue obtener la longitud que tenían cada una de las vías existentes en la capa Red Vial Tramos Subtramos que facilitó el MTOP, para esto se cargó la capa mencionada y se cuantificó la longitud de vía por cada una de las 22 existentes en la red.

Una vez obtenida la longitud y el número de curvas, se hizo un cociente entre ambos parámetros y se obtuvo el número de curvas por kilómetro en cada tramo de vía.

Por consiguiente, a esa etapa, se procedió a otorgar pesos de acuerdo con la metodología que propone el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales ubicado en Costa Rica, LANAMME UCR.

Tabla XVII: Color por peso LANAMME según tipo de curva.

| Clasificación | Descripción | Curvas/km | Peso LANAMME |
|---------------|------------------------|-----------|--------------|
| 1 | Muy sinuoso | >15 | 3 |
| 2 | Curvas frecuentes | 10 a 15 | 3 |
| 3 | Poco sinuoso | 5 a 10 | 2 |
| 4 | Algunas curvas | 2 a 5 | 1 |
| 5 | Duro con curvas suaves | 0 a 2 | 0 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XVIII: Clasificación de las vías por tipo de terreno por curvas/km

| Nombre Vía | Cod_Vía1 | Núm. Curvas | Long. (m) | Long. (km) | Curva /km | Peso |
|---------------------------------------|----------|-------------|-----------|------------|-----------|------|
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 1 | 91 | 84342 | 84 | 1.08 | 0 |
| Troncal De La Costa | 2 | 183 | 320927 | 321 | 0.57 | 0 |
| Transversal Central | 8 | 91 | 80298 | 80 | 1.13 | 0 |
| Transversal Austral | 9 | 168 | 229400 | 229 | 0.73 | 0 |
| Montecristi - Nobol | 11 | 13 | 44551 | 45 | 0.29 | 0 |
| Progreso - Posorja | 14 | 64 | 55578 | 56 | 1.15 | 0 |

| Nombre Vía | Cod_Vía1 | Núm. Curvas | Long. (m) | Long. (km) | Curva /km | Peso |
|-----------------------------------|----------|-------------|------------|---------------|-----------|------|
| Guayaquil - El Empalme | 17 | 101 | 14564 4 | 146 | 0.69 | 0 |
| Aurora - T De Salitre | 19 | 5 | 21915 | 22 | 0.23 | 0 |
| T De Milagro - Durán | 21 | 7 | 25268 | 25 | 0.28 | 0 |
| La Troncal - Puerto Inca | 22 | 3 | 25012 | 25 | 0.12 | 0 |
| Babahoyo - Ambato | 23 | 448 | 19986 7 | 200 | 2.24 | 1 |
| Balbanera - T Del Triunfo | 24 | 14 | 79139 | 79 | 0.18 | 0 |
| Palestina - San Juan | 44 | 49 | 63689 | 64 | 0.77 | 0 |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 45 | 357 | 25361 | 25 | 14.08 | 3 |
| T De Baba - Daule | 46 | 50 | 63215 | 63 | 0.79 | 0 |
| Milagro - Bucay | 48 | 45 | 59243 | 59 | 0.76 | 0 |
| La Puntilla - Guayaquil | 49 | 1 | 1407 | 1 | 0.71 | 0 |
| Durán - Km. 27 | 50 | 4 | 26235 | 26 | 0.15 | 0 |
| Alausí - El Triunfo | 51 | 1 | 2395 | 2 | 0.42 | 0 |
| Puerto Inca - Cuenca | 52 | 11 | 12735 | 13 | 0.86 | 0 |
| Transversal Central (Alternativa) | 82 | 4 | 2270 | 2 | 1.76 | 0 |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 92 | 7 | 7824 | 8 | 0.89 | 0 |
| | | | | MAX CURVAS/KM | 14.08 | |

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez otorgados los pesos se cargaron los campos en formato Excel al programa ArcGIS y mediante una conversión de formato xls a shp, finalmente se plotearon en el mapa.

Los resultados se visualizan como se muestra en el siguiente grafico

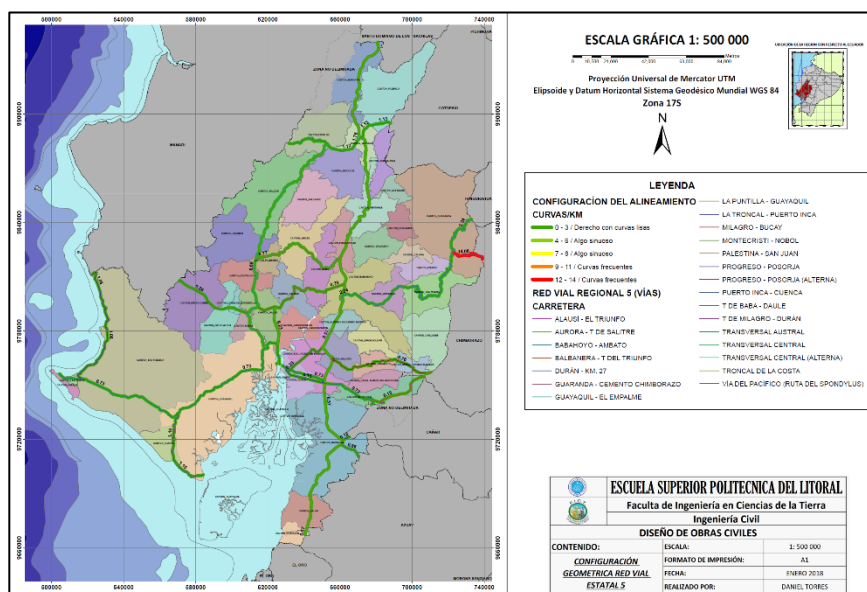


Figura 3.39 Alineamiento vial, regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

3.2.3. Paso 5: Factor Infraestructura

Paso 5.1: Fricción (GN)

Para poder construir el mapa de valores de fricción existentes en el pavimento de la red vial de la regional 5, se cargó al espacio de trabajo del programa la capa llamada “Temático fricción”, capa que fue facilitada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

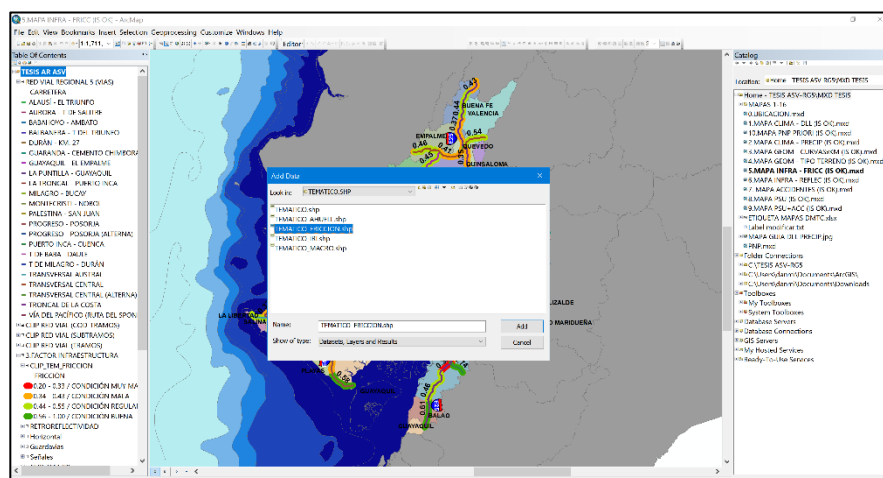


Figura 3. 40 Construcción de mapa de fricción existente.
Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez cargada dicha capa, se tuvo que recortar los datos a las provincias contenidas en la regional 5, esto debido a que los valores de fricción se dieron para toda la red vial estatal. Para hacer el recorte se usó la herramienta de geoprocresamiento CLIP de ArcGIS.

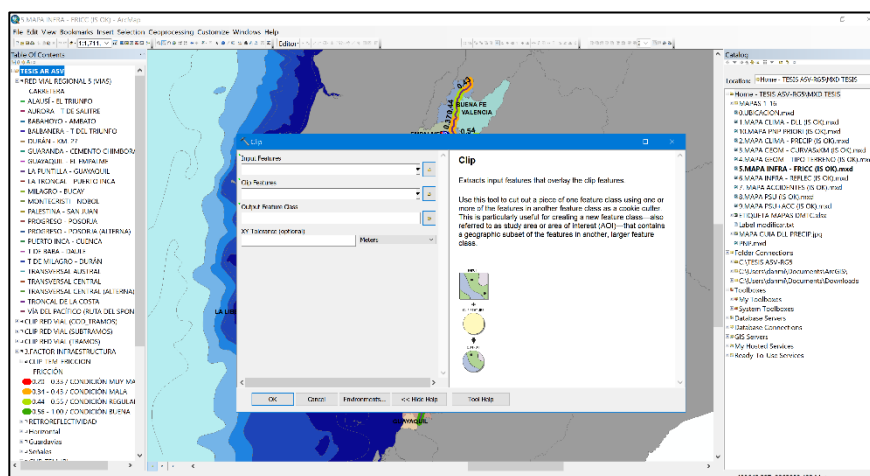


Figura 3.41 Valores de fricción para la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017

Tabla XIX: Valores ingresados por campo para valores de fricción de las provincias de la regional 5.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|----------------------|---|---|
| Input features | Campo donde se ingresa la capa que va de base en el recorte | Se ingresó la capa llamada TEMATICO_FRICCION |
| Features Class | Campo donde se ingresa la capa que va de molde al recorte | Se ingresó la capa llamada Provincias_RG5 |
| Output Feature Class | Dirección y nombre de la capa resultado | Se llamó a la capa resultado como CLIP_TEM_FRICCION |
| XY Tolerance | Tolerancia en metros del recorte | No se ingresaron valores |

Fuente: Torres, D., 2017.

Consiguiente a los pasos antes descritos, se exportó los valores de la capa llamada CLIP_TEM_FRICCION hacia formato xls y se procedió a extraer el número de Índice de fricción por todas las 22 vías existente en la regional 5.

Una vez asignados el número de fricción en cada vía se procedió asignar los pesos respectivos de acuerdo con la metodología

ejemplo que se tomó del artículo publicado desde el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de Costa Rica.

Tabla XX: Clasificación internacional de numero de fricción para pavimento.

| International Classification of Pavement by Grip Number | | | | | | |
|--|------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|-------------|
| Grip number | Condición | Slippery | Hazardness | Riesgo promedio de accidente | Categoría | Peso |
| <0.50 | Mala | Very slippery | Muy peligrosa | >20 | 4 | 8 |
| 0.50-0.60 | Regular | Slippery | Peligrosa | 16-20 | 3 | 6 |
| 0.60-0.78 | Buena | Little slippery | Moderada | 10-16 | 2 | 4 |
| >0.78 | Muy buena | Non slippery | Segura | <10 | 1 | 2 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Con la tabla guía mostrada anteriormente, se obtiene la siguiente tabla de resultado parcial:

Tabla XXI: Peso GN por vía.

| Carretera | Cod_via1 | Fricción | Fricción PESO GN |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Alausí - El Triunfo | 51 | 0.39 | 8 |
| Aurora - T de Salitre | 19 | 0.25 | 8 |
| Babahoyo - Ambato | 23 | 0.54 | 6 |
| Balbanera - T del Triunfo | 24 | 0.56 | 6 |
| Durán - Km. 27 | 50 | 0.31 | 8 |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 45 | 0.59 | 6 |
| Guayaquil - El Empalme | 17 | 0.33 | 8 |
| La Puntilla - Guayaquil | 49 | 0.35 | 8 |
| La Troncal - Puerto Inca | 22 | 0.41 | 8 |
| Milagro - Bucay | 48 | 0.57 | 6 |
| Montecristi - Nobol | 11 | 0.34 | 8 |
| Palestina - San Juan | 44 | 0.37 | 8 |
| Progreso - Posorja | 14 | 0.44 | 8 |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 92 | 0.36 | 8 |

| Carretera | Cod_via1 | Fricción | Fricción PESO GN |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| Puerto Inca - Cuenca | 52 | 0.74 | 4 |
| T De Baba - Daule | 46 | 0.49 | 8 |
| T De Milagro - Durán | 21 | 0.35 | 8 |
| Transversal Austral | 9 | 0.40 | 8 |
| Transversal Central | 8 | 0.47 | 8 |
| Transversal Central (Alternativa) | 82 | 0.37 | 8 |
| Troncal de La Costa | 2 | 0.42 | 8 |
| Vía del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 1 | 0.43 | 8 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez lista la tabla de pesos asignados, se cargaron los campos en formato Excel al programa ArcGIS, mediante una conversión de formato xls a shp, y finalmente se plotearon al espacio de trabajo.

Con muchos detalles pequeños, estos procesos antes descritos se los cuadra como resultados y se los visualiza en el siguiente mapa.

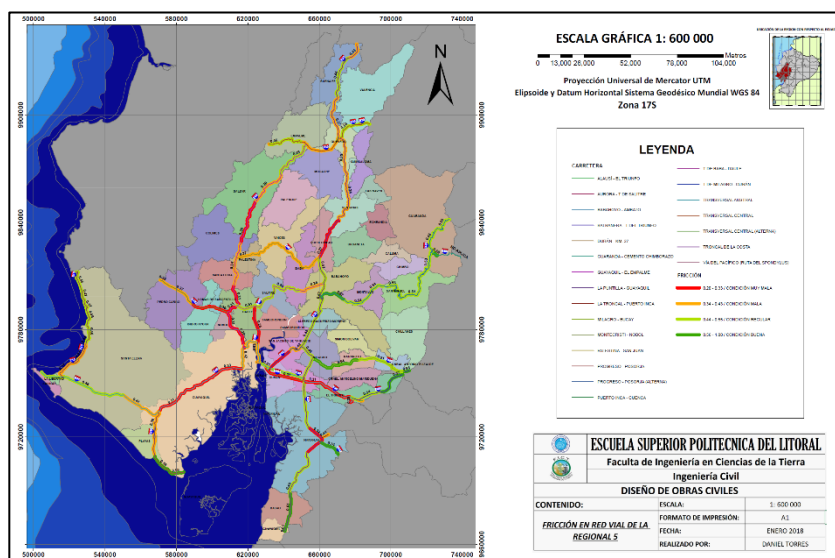


Figura 3.42 Fricción Red Vial Estatal, regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

Paso 5.2: Reflectividad

Para generar el mapa de la reflectividad en la red vial de la regional 5, primero se cargó al espacio de trabajo la capa llamada “Horizontal” facilitada por la auditoria de seguridad vial realizada en una fase previa a la que actualmente se plantea.

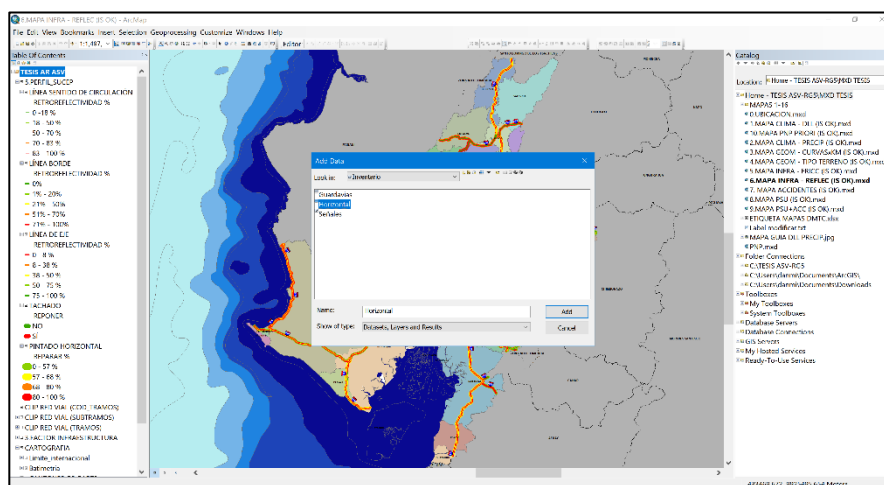


Figura 3.43 Carga de la capa Horizontal.
Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez cargados los datos se procedió a exportar los campos hacia una hoja de cálculo xls, esto se hizo dando clic derecho a la capa “Horizontal”, buscando la opción “Data” y luego dando en la subopción “Export data”

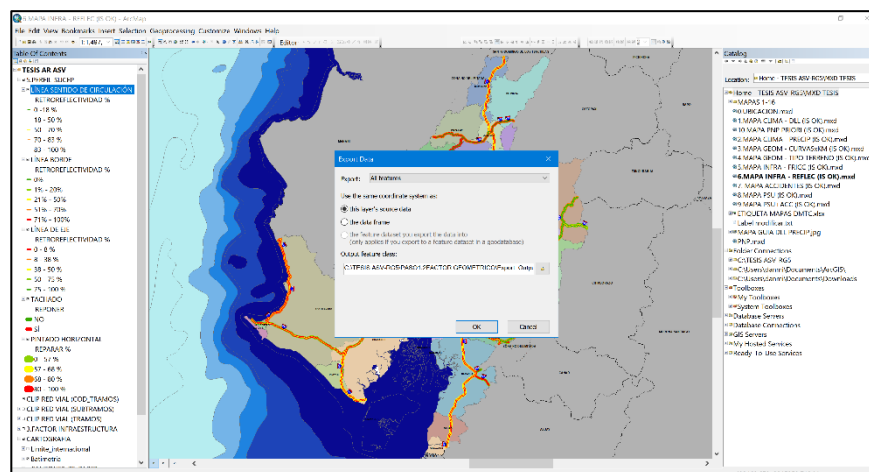


Figura 3.44 Exportación de campos a hoja de Excel.
Fuente: Torres, D., 2017.

Consiguiente a este paso, se tenían varios campos en la hoja de Excel por parte de la capa Horizontal y debido a que de todos los campos solo se necesitaban 8, se tuvieron que separar y detallar como se presenta a continuación:

Tabla XXII: Depuración de datos en la hoja de Excel.

| Nombre del campo | Tipo | Longitud del campo | Descripción del Campo | Opciones del campo |
|------------------|-------|--------------------|---|--|
| LB_ESTAD | Texto | 80 | Estado aparente de la línea de borde. | 1) Bueno, (La pintura no presenta defectos aparentes); 2) Regular, (La pintura presenta defectos o dificultades para su visualización); 3) Malo, (La línea está evidentemente despintada y es difícilmente visible). |
| LB_RF_APAR | Texto | 80 | Retro reflectividad aparente de la línea de borde. | 1) Adecuada, (La línea presenta un nivel de retro reflectividad apreciada durante el recorrido nocturno); 2) Inadecuada (No se aprecia retro reflectividad en el recorrido nocturno) |
| DC_ESTAD | Texto | 80 | Estado aparente de la línea de división de carriles. | 1) Bueno, (La pintura no presenta defectos aparentes); 2) Regular, (La pintura presenta defectos o dificultades para su visualización); 3) Malo, (La línea está evidentemente despintada y es difícilmente visible) |
| DC_RF_APAR | Texto | 80 | Retro reflectividad aparente de la línea de división de carriles. | 1) Adecuada (La línea presenta un nivel de retro reflectividad apreciada durante el recorrido nocturno); 2) Inadecuada (No se aprecia retro reflectividad en el recorrido nocturno). |
| DS_ESTAD | Texto | 80 | Estado aparente de la línea de | 1) Bueno (La pintura no presenta defectos aparentes); 2) Regular (La |

| | | | | |
|------------|-------|----|---|--|
| | | | división de sentido de circulación. | pintura presenta defectos o dificultades para su visualización); 3) Malo (La línea está evidentemente despintada y es difícilmente visible). |
| DS_RF_APAR | Texto | 80 | Retro reflectividad aparente de la línea de división de sentido de circulación. | 1) Adecuada (La línea presenta un nivel de retro reflectividad apreciada durante el recorrido nocturno); 2) Inadecuada (No se aprecia retro reflectividad en el recorrido nocturno). |
| IN_REPINT | Texto | 80 | Porcentaje del tramo que requiere repintado. | 0%; 25%;50%; 75%; 100% |
| IN_TACHAS | Texto | 80 | Porcentaje del tramo que requiere colocación y/o reemplazo de tachas. | 0%; 25%;50%; 75%; 100% |

Fuente: Torres, D., 2017.

Referencia: Metadato para señalización horizontal- ASV MTOP

Una vez identificados y separados los campos, se extraen valores de reflectividad de cada uno de estos de acuerdo con las 22 vías existentes en la red vial y se las clasifica de acuerdo con el tipo.

A continuación, se presentan en resumen las tablas con respecto a los porcentajes adecuados en reflectividad, pintura, tachado y estado aparente de la señalización horizontal de la red vial 5.

Tabla XXIII: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal.

| Carretera | %Adecuadas | %Adecuadas | %Adecuadas |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| | Lb_Rf_Apar | Dc_Rf_Apar | Ds_Rf_Apar |
| Alausí - El Triunfo | 100% | 0% | 0% |
| Aurora - T de Salitre | 33% | 33% | 33% |
| Babahoyo - Ambato | 18% | 0% | 18% |
| Babahoyo - Ambato | 18% | 0% | 18% |
| Balbanera - T del Triunfo | 40% | 0% | 60% |
| Durán - Km. 27 | 33% | 50% | 83% |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 0% | 0% | 0% |
| Guayaquil - El Empalme | 64% | 36% | 82% |
| La Puntilla - Guayaquil | 100% | 100% | 100% |
| La Troncal - Puerto Inca | 100% | 100% | 100% |
| Milagro - Bucay | 13% | 0% | 75% |
| Montecristi - Nobol | 86% | 29% | 100% |
| Palestina - San Juan | 50% | 0% | 75% |
| Progreso - Posorja | 38% | 38% | 38% |
| Puerto Inca - Cuenca | 100% | 0% | 100% |
| T De Baba - Daule | 20% | 0% | 50% |
| T De Milagro - Durán | 0% | 75% | 75% |
| Transversal Austral | 69% | 69% | 61% |
| Transversal Central | 0% | 8% | 0% |
| Transversal Central (Alternativa) | 0% | 0% | 0% |
| Troncal De La Costa | 61% | 29% | 67% |
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 70% | 50% | 70% |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XXIV: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal.

| Carretera | %Estado Bueno | Lb_Estad %Estado Regular | %Estado Malo |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|
| | Lb_Estad | Lb_Estad | Lb_Estad |
| Alausí - El Triunfo | 100% | 0% | 0% |
| Aurora - T de Salitre | 33% | 67% | 0% |
| Babahoyo - Ambato | 18% | 77% | 5% |
| Babahoyo - Ambato | 18% | 77% | 5% |
| Balbanera - T del Triunfo | 40% | 60% | 0% |
| Durán - Km. 27 | 33% | 67% | 0% |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 0% | 0% | 100% |
| Guayaquil - El Empalme | 64% | 36% | 0% |
| La Puntilla - Guayaquil | 100% | 0% | 0% |
| La Troncal - Puerto Inca | 100% | 0% | 0% |
| Milagro - Bucay | 13% | 88% | 0% |
| Montecristi - Nobol | 86% | 14% | 0% |
| Palestina - San Juan | 50% | 50% | 0% |
| Progreso - Posorja | 38% | 50% | 13% |
| Puerto Inca - Cuenca | 100% | 0% | 0% |
| T De Baba - Daule | 20% | 70% | 10% |
| T De Milagro - Durán | 0% | 100% | 0% |
| Transversal Austral | 58% | 39% | 0% |
| Transversal Central | 0% | 83% | 8% |
| Transversal Central (Alternativa) | 0% | 100% | 0% |
| Troncal de la Costa | 61% | 37% | 2% |
| Vía Del Pacífico (Ruta del Spondylus) | 70% | 30% | 0% |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XXV: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal.

| Carretera | %Estado Bueno | Dc_Estad %Estado Regular | %Estado Malo |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|
| | Dc_Estad | Dc_Estad | Dc_Estad |
| Alausí - El Triunfo | 0% | 0% | 0% |
| Aurora - T de Salitre | 33% | 0% | 0% |
| Babahoyo - Ambato | 0% | 5% | 0% |
| Babahoyo - Ambato | 0% | 5% | 0% |
| Balbanera - T del Triunfo | 0% | 0% | 0% |
| Durán - Km. 27 | 50% | 17% | 0% |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 0% | 0% | 0% |
| Guayaquil - El Empalme | 36% | 18% | 0% |
| La Puntilla - Guayaquil | 100% | 0% | 0% |
| La Troncal - Puerto Inca | 100% | 0% | 0% |
| Milagro - Bucay | 0% | 38% | 0% |
| Montecristi - Nobol | 29% | 14% | 0% |
| Palestina - San Juan | 0% | 0% | 0% |
| Progreso - Posorja | 38% | 25% | 0% |
| Puerto Inca - Cuenca | 0% | 0% | 0% |
| T De Baba - Daule | 0% | 0% | 0% |
| T De Milagro - Durán | 75% | 25% | 0% |
| Transversal Austral | 69% | 11% | 8% |
| Transversal Central | 8% | 33% | 0% |
| Transversal Central (Alterna) | 0% | 100% | 0% |
| Troncal de La Costa | 29% | 8% | 4% |
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 50% | 20% | 0% |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XXVI: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal.

| Carretera | %Estado Bueno | Ds_Estad %Estado Regular | %Estado Malo |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|
| | Ds_Estad | Ds_Estad | Ds_Estad |
| Alausí - El Triunfo | 0% | 0% | 0% |
| Aurora - T de Salitre | 33% | 67% | 0% |
| Babahoyo - Ambato | 18% | 77% | 5% |
| Babahoyo - Ambato | 18% | 77% | 5% |
| Balbanera - T del Triunfo | 60% | 40% | 0% |
| Durán - Km. 27 | 83% | 17% | 0% |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 0% | 50% | 50% |
| Guayaquil - El Empalme | 82% | 18% | 0% |
| La Puntilla - Guayaquil | 100% | 0% | 0% |
| La Troncal - Puerto Inca | 100% | 0% | 0% |
| Milagro - Bucay | 75% | 25% | 0% |
| Montecristi - Nobol | 100% | 0% | 0% |
| Palestina - San Juan | 75% | 25% | 0% |
| Progreso - Posorja | 38% | 50% | 13% |
| Puerto Inca - Cuenca | 100% | 0% | 0% |
| T de Baba - Daule | 50% | 20% | 30% |
| T de Milagro - Durán | 75% | 25% | 0% |
| Transversal Austral | 61% | 11% | 0% |
| Transversal Central | 0% | 83% | 8% |
| Transversal Central (Alternativa) | 0% | 100% | 0% |
| Troncal de la Costa | 65% | 27% | 2% |
| Vía Del Pacífico (Ruta del Spondylus) | 70% | 30% | 0% |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XXVII: Porcentaje del estado aparente de señalización horizontal.

| Carretera | In_Repint | In_Tachas |
|---------------------------------------|------------------|------------------|
| Alausí - El Triunfo | No Existen Datos | 100% |
| Aurora - T de Salitre | 75% | No Existen Datos |
| Babahoyo - Ambato | 74% | No Existen Datos |
| Babahoyo - Ambato | 74% | No Existen Datos |
| Balbanera - T del Triunfo | 67% | No Existen Datos |
| Durán - Km. 27 | 56% | No Existen Datos |
| Guaranda - Cemento Chimborazo | 100% | 100% |
| Guayaquil - El Empalme | 52% | No Existen Datos |
| La Puntilla - Guayaquil | No Existen Datos | No Existen Datos |
| La Troncal - Puerto Inca | No Existen Datos | No Existen Datos |
| Milagro - Bucay | 57% | No Existen Datos |
| Montecristi - Nobol | 50% | 100% |
| Palestina - San Juan | 63% | 100% |
| Progreso - Posorja | 80% | No Existen Datos |
| Puerto Inca - Cuenca | No Existen Datos | 100% |
| T De Baba - Daule | 75% | 100% |
| T De Milagro - Durán | 56% | No Existen Datos |
| Transversal Austral | 57% | 100% |
| Transversal Central | 77% | 100% |
| Transversal Central (Alternativa) | 75% | No Existen Datos |
| Troncal de la Costa | 68% | 100% |
| Vía del Pacífico (Ruta del Spondylus) | 75% | 100% |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tal como se observa en las tablas, se han calificado la señalización horizontal de las vías, y dichas calificaciones fueron tomadas desde los rangos establecidos por el MTOP como se muestra a continuación:

Tabla XXVIII: Umbrales de cumplimiento de estándares de señalización horizontal.

| UMBRALES DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL | | | | | | |
|---|--|---------|---|----------|--|----------|
| TIPO | ETAPA | ESTADO | Retro reflectividad (mcd/lux/m ²) | | Estándar Retro reflectividad (mcd/lux/m ²) | |
| | | | Blanco | Amarillo | Blanco | Amarillo |
| Pinturas base agua y base solvente | Inicial (Con base en norma INEN 1042) | Bueno | >250 | >200 | | |
| | Final (después de 180 días) | Regular | 250-100 | 200-80 | 150 | 100 |
| | | Malo | <100 | <80 | | |
| Pinturas termoplásticas extrusión o aerosol | Inicial (Con base en norma INEN 1042) | Bueno | 400 | 325 | | |
| | (Con base en norma AASHTO 249-12)>>> | Regular | 325 | 200 | 150 | 150 |
| | Asignado por experiencia en DOT FLORIDA, USA >>> | Malo | 150 | 150 | | |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XXIX: Pintura blanca

| | | |
|------------------------|----------------|-----------|
| Pintura Blanca: | Estado Bueno | > 250* |
| | Estado Regular | 250 – 100 |
| | Estado Malo | < 100** |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XXX: Pintura Amarilla.

| | | |
|--------------------------|----------------|----------|
| | Estado Bueno | > 200* |
| Pintura Amarilla: | Estado Regular | 200 – 80 |
| | Estado Malo | < 80** |

* Comprende al valor Inicial

**Comprende al valor a 180 días

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez establecidas las tablas en formato xls, estas fueron llevadas al programa ArcGIS por medio de una importación de xls a shp, por consiguiente, se hizo una muestra por colores en el mapa y con esto se obtuvo el resultado parcial del estado de retro reflectividad en toda la regional 5.

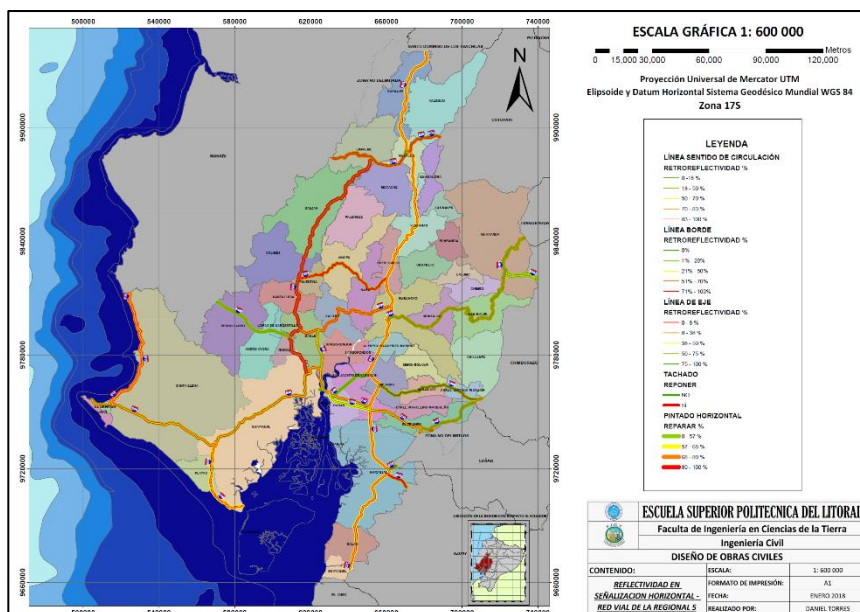


Figura 3.45 Reflectividad en señalización horizontal, red vial regional 5.

Fuente: Torres, D., 2017.

3.2.4. Paso 6: Perfil de susceptibilidad.

Una vez procesado y obtenidos los factores de clima, geometría e infraestructura vial, se procedió a tomar los pesos por cada parámetro y para todas las 22 vías existentes en la red vial de la regional 5, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXXI: Suma de los pesos según la geometría, clima e infraestructura.

| Nombre Vía | Cod -Via 1 | Factor Geometría | | Factor Clima | | Factor Infraestructura | |
|---|------------------|-------------------|--------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| | | Peso N° Curvas | Peso Terr | Peso Días Lluvia | Peso Precipit. Máxima | Peso Fricción | Total, Pesos |
| Alausí - El Triunfo | 51 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | 8 | 12.0 |
| Aurora - T De Salitre | 19 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 8 | 10.0 |
| Babahoyo - Ambato | 23 | 1.0 | 1.4 | 2.0 | 1.0 | 6 | 11.4 |
| Balbanera - T Del Triunfo | 24 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | 6 | 10.0 |
| Durán - Km. 27 | 50 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 8 | 9.5 |
| Guaranda - Cemento | 45 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 0.0 | 6 | 14.0 |
| Chimborazo Guayaquil - El Empalme | 17 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 8 | 9.0 |
| La Puntilla - Guayaquil | 49 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 8 | 9.0 |
| La Troncal - Puerto Inca | 22 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 8 | 10.0 |
| Milagro - Bucay | 48 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.0 | 6 | 9.0 |
| Montecristi - Nobol | 11 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 8 | 9.0 |
| Palestina - San Juan | 44 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 8 | 9.5 |
| Progreso - Posorja | 14 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 8 | 9.5 |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 92 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 8 | 9.0 |
| Puerto Inca - Cuenca | 52 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 4 | 6.0 |
| T De Baba - Daule | 46 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 8 | 9.5 |
| T De Milagro - Durán | 21 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 8 | 9.5 |
| Transversal Austral | 9 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 8 | 9.5 |
| Transversal Central | 8 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 2.0 | 8 | 12.5 |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|---|------|
| Transversal Central (Alternativa) | 82 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2.0 | 8 | 12.0 |
| Troncal De La Costa | 2 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.0 | 8 | 11.0 |
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 8 | 8.5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Debido que los valores de reflectividad no tenían asignados pesos de acuerdo con la metodología guía que se sigue por parte del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME, el factor de retro reflectividad no se sumó junto con los demás factores, pero sí se los tomo en consideración para la superposición visual junto con el resto de factores que superpuestos todos daban a conocer el perfil de susceptibilidad para la regional 5.

Para construir la capa del perfil de susceptibilidad, se usó como base la capa de “Red vial tramos y subtramos” facilitada por el MTOP, esta fue modificada fuera del programa en formato xls para otorgar los pesos susceptibles de cada vía en todos los 120 registros existentes en la capa, luego para importar estos datos asignados en formato xls a los campos originales de la capa en el programa en formato shp, fue necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. Cargó la capa de Red vial tramos y subtramos al espacio de trabajo del programa.

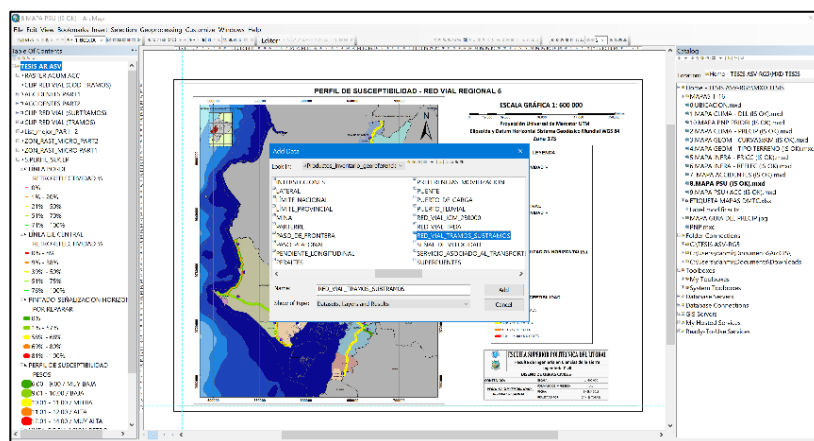


Figura 3.46 Carga de la red vial, tramos y subtramos.
Fuente: Torres, D., 2017.

2. Habilitar el editado de la capa

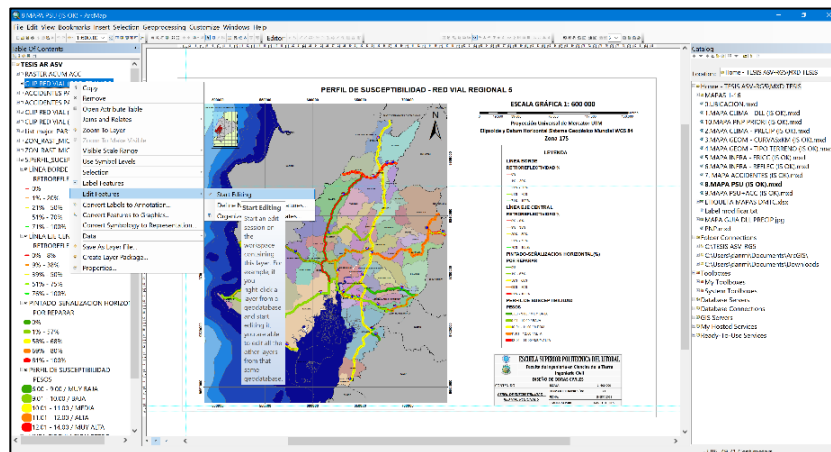


Figura 3.47 Habilitar edición de capa.
Fuente: Torres, D., 2017.

3. Añadir un nuevo campo a la capa Red vial tramos subtramos llamado PESOS_PSU

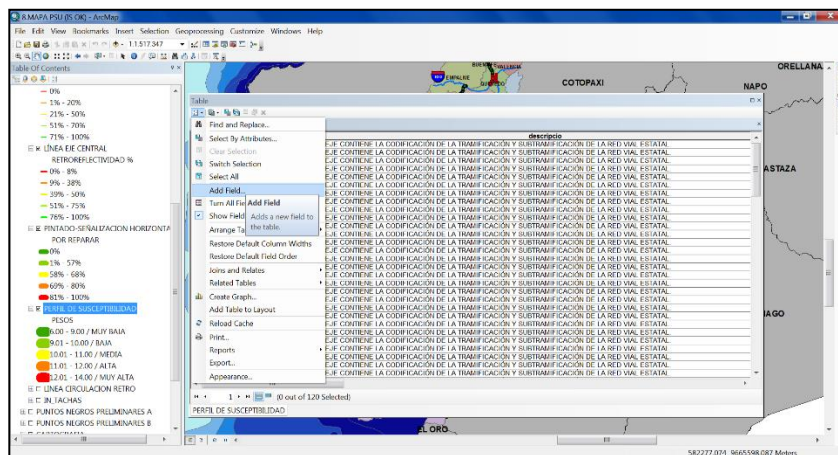


Figura 3.48 Adición de campo PESOS_PSU.
Fuente: Torres, D., 2017.

Adición de los datos de los pesos susceptibles asignados en formato xls al nuevo campo llamado PESOS_PSU

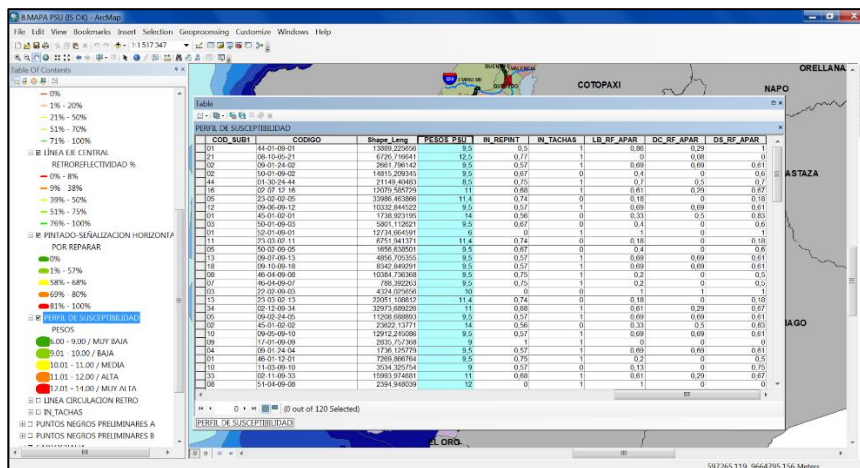


Figura 3.49 Datos de Excel al campo PESOS_PSU.
Fuente: Torres, D., 2017.

De manera similar se hizo el mismo procedimiento para los parámetros de retroreflectividad en línea central, retroreflectividad en línea borde y pintura horizontal, de esta forma se consiguió visualizar en un mapa el estado vulnerable de las vías de la regional 5 hacia accidentes de tránsito.

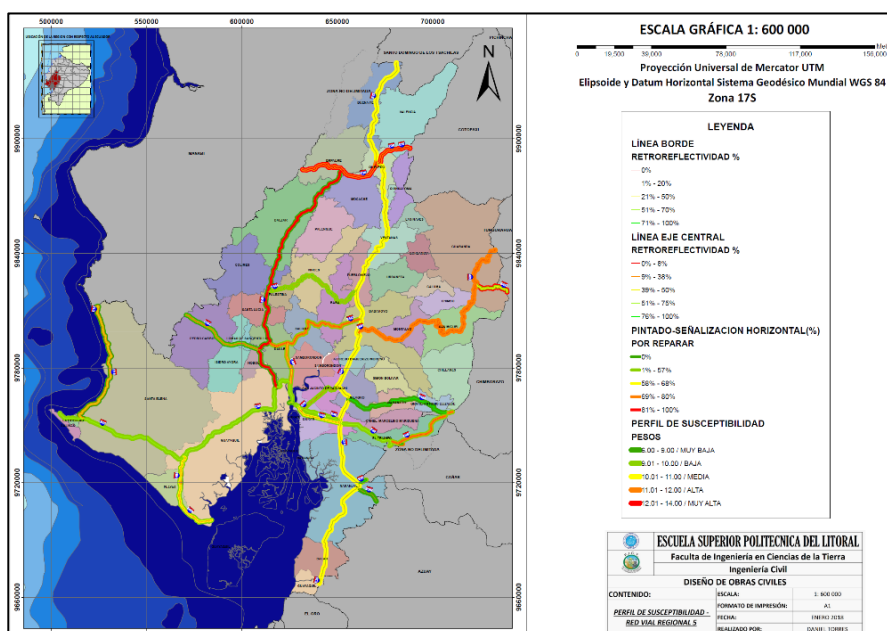


Figura 3.50 Perfil de susceptibilidad red vial, regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

3.2.5. Paso 7: Factor de accidentes.

Paso 7.1: Base de datos

Los datos de accidentes fueron facilitados por tres entidades públicas entre ellas, el MTOP, CTE y la Policía Nacional, pero para la creación de las zonas de calor referentes hacia accidentes de tránsito, solo se usaron los datos registrados por la CTE y MTOP, que según descrito en los datos del proyecto fueron para una muestra de cinco años (2012-2016).

Paso 7.2: Carga de datos de accidentes al espacio de trabajo en la regional 5.

Paso 7.3: Exclusión de accidentes registrados fuera de la regional 5.

Primero se cargaron las capas de accidentes y red vial estatal al espacio de trabajo.

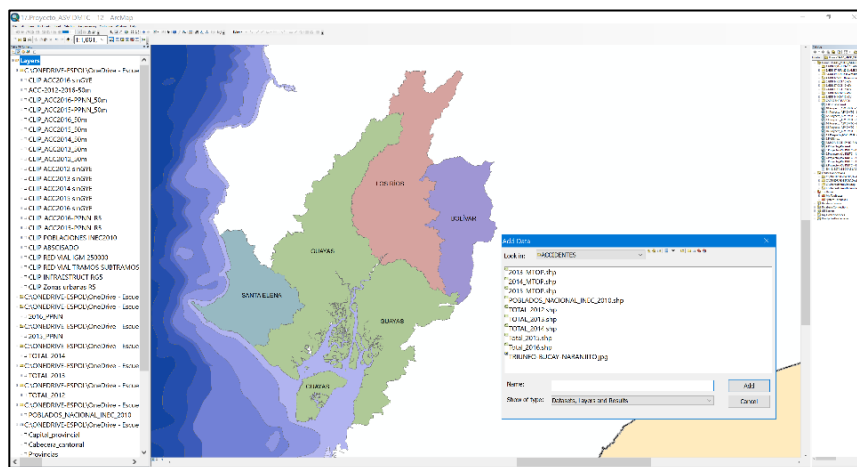


Figura 3.51 Carga de capas de accidentes y red vial estatal.
Fuente: Torres, D., 2017.

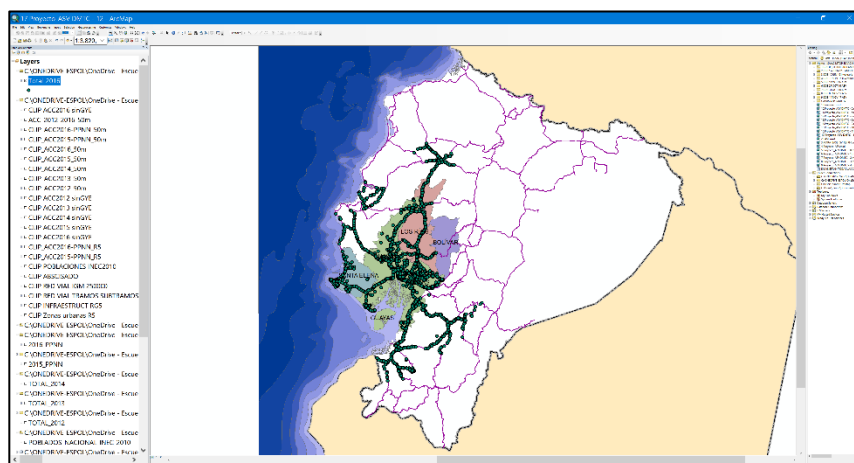


Figura 3.52 Accidentes solo en carretera (2012-2016).
Fuente: Torres, D., 2017.

Luego de asegurar el espacio de trabajo se procedió hacer el recorte de los accidentes 2016 solo para la regional 5.

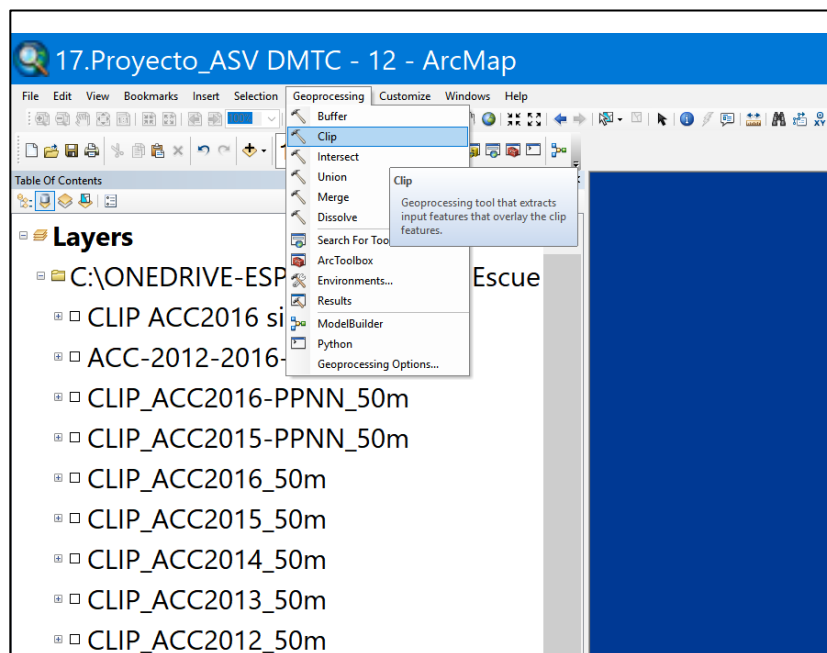


Figura 3.53 Herramienta de geoprocresamiento CLIP.
Fuente: Torres, D., 2017.

Se ingresa como dato de entrada la red vial estatal y se ubica el recorte solo en las provincias pertenecientes a la regional 5.

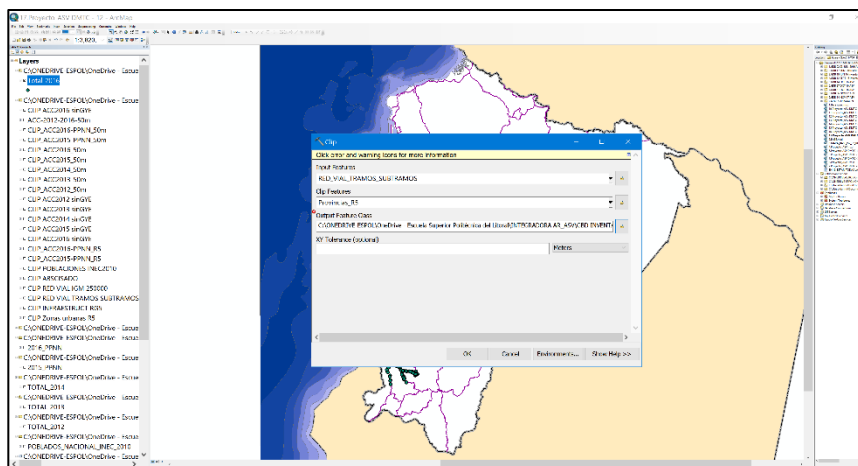


Figura 3.54 Ingreso de la red vial y ubicación del recorte en las provincias de la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

Se obtiene la red vial solo en el espacio de trabajo requerido:

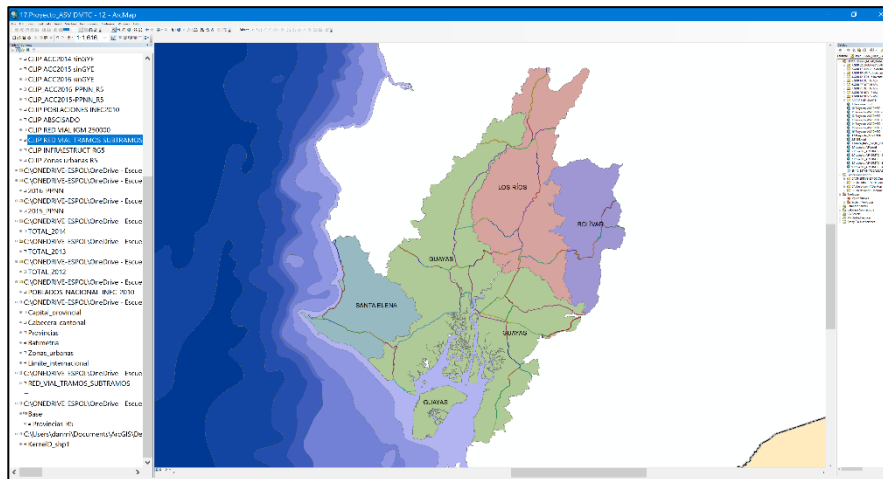


Figura 3.55 Red vial de la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

El mismo procedimiento se aplica para los accidentes, a continuación, se presenta el proceso para los accidentes del año 2016.

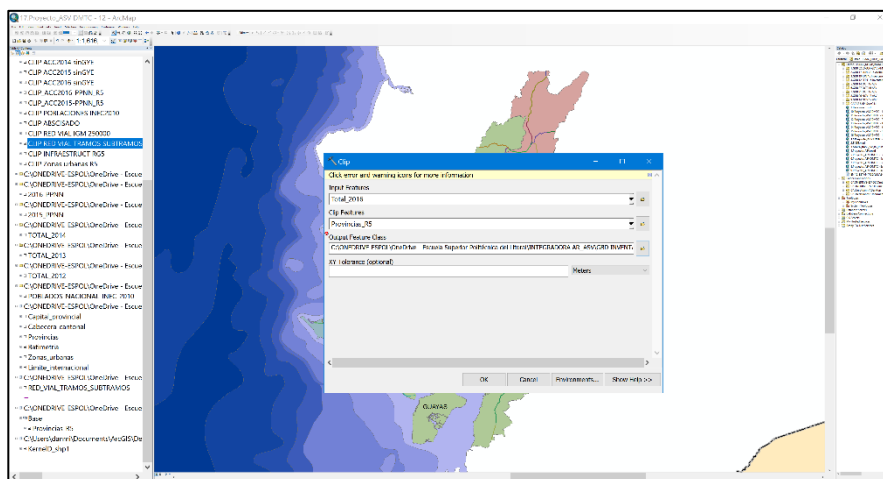


Figura 3.56 Valores ingresados a la función CLIP.
Fuente: Torres, D., 2017.

que hacer los respectivos recortes para facilidad del procesamiento de los datos.

Paso 7.4: Exclusión de accidentes no rurales

Una vez seleccionada la zona de trabajo, se procedió a descartar accidentes en zonas urbanas, esto debido a que el análisis solo se enfoca en los puntos negros ubicados en carreteras.

El procedimiento para escoger accidentes que solo estén en red vial fue a través de la herramienta de ArcGIS llamada selección por localidad.

Se selecciona la capa de accidentes en donde se hará el filtro.

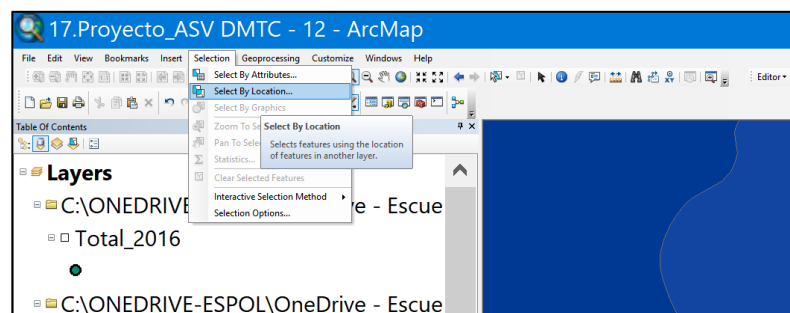


Figura 3.59 Selección de capa de accidentes para realización de filtro.

Fuente: Torres, D., 2017.

Ingresamos como dato de entrada el recorte de los accidentes 2016 y establecemos como capa guía el recorte de la red vial estatal.

Se ingresa una restricción, que limite a escoger solo los accidentes que se encuentren dentro de un derecho de vía de 25 metros.

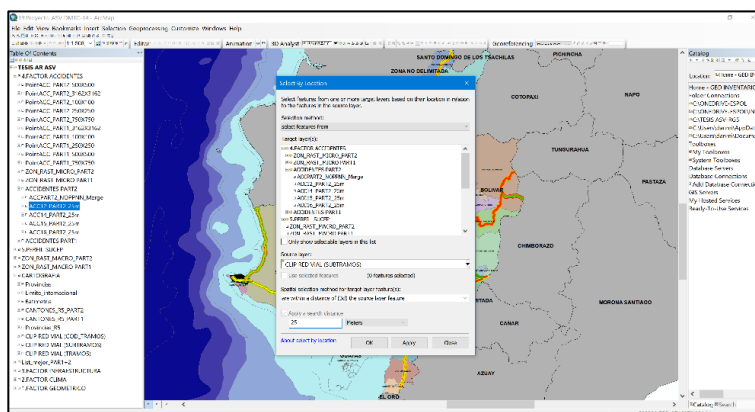


Figura 3.60 Selección por localidad.

Fuente: Torres, D., 2017.

Entonces se logra obtener solo los accidentes 2016 aledañas al eje vial estatal.

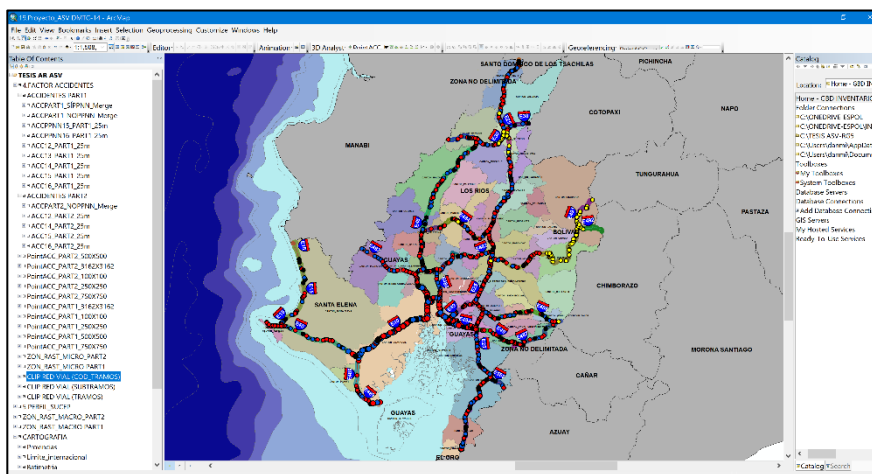


Figura 3.61 Accidentes en carretera rural.
Fuente: Torres, D., 2017.

Exactamente el mismo procedimiento se aplica para los recortes de los accidentes de los demás años y se obtuvo lo siguiente:

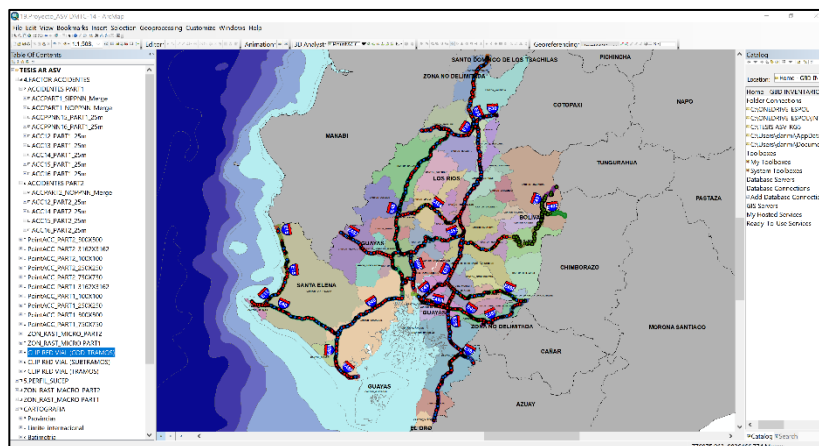


Figura 3.62 Accidentes 2012-2016 en red estatal.
Fuente: Torres, D., 2017.

Paso 7.5: Exclusión de accidentes registrados en Guayaquil, Durán y Samborondón.

Una vez obtenida las provincias solo de la regional 5, se hicieron los respectivos recortes.

El fin de este paso es poder visualizar las concentraciones de accidentes solo para la regional 5 excluyendo los ocurridos en las provincias de Guayaquil, Duran y Samborondón.

A continuación, se presenta un ejemplo de recorte para los accidentes 2016.

La justificación de excluir los accidentes en estos cantones es debido a que los registros de siniestralidad competen a entidades ajenas a las que facilitaron los datos (CTE, MTOP y PPNN).

Para la exclusión se habilito el editado de capas, se abrió la tabla de atributos, se hizo una selección por atributos, escogió las ciudades antes mencionadas y se las eliminó.

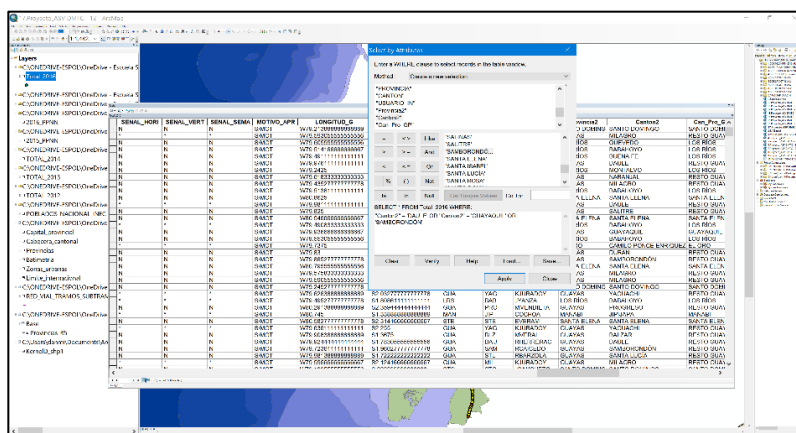


Figura 3.63 Selección por atributos.
Fuente: Torres, D., 2017.

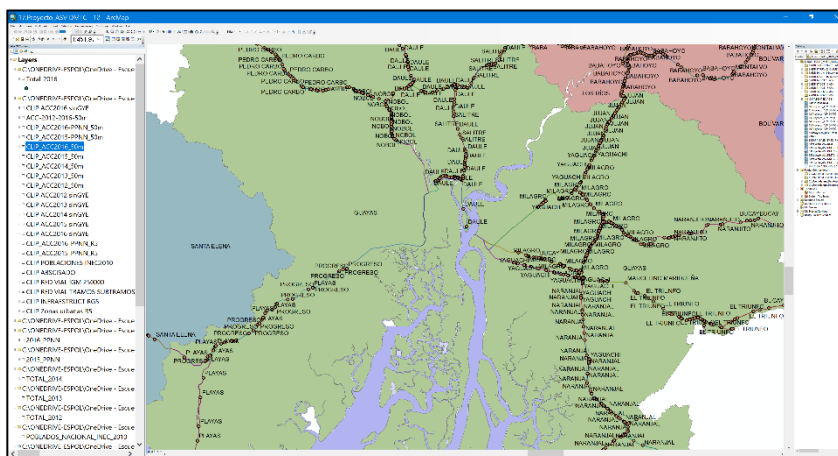


Figura 3.66 Exclusión del cantón Guayaquil, Duran y Samborondón.

Fuente: Torres, D., 2017.

Paso 7.6: Integración de todos los accidentes 2012 al 2016 en un solo shapefile (función MERGE)

Una vez cargados todas las capas de accidentes desde el 2012 al 2016 y después de haber excluido las provincias ajenas a las de la regional 5, se creó una nueva capa de accidentes que contenía todos los registros desde el 2012 al 2016 con campos muy importantes en común, entre estos por ejemplo Severidad de accidente, Coordenada de accidente, y carretera, tramo y subtramos donde ocurrió el accidente.

Para lograr llevar todos los accidentes hacia una sola capa se usó la herramienta de geoprocresamiento llamada MERGE.

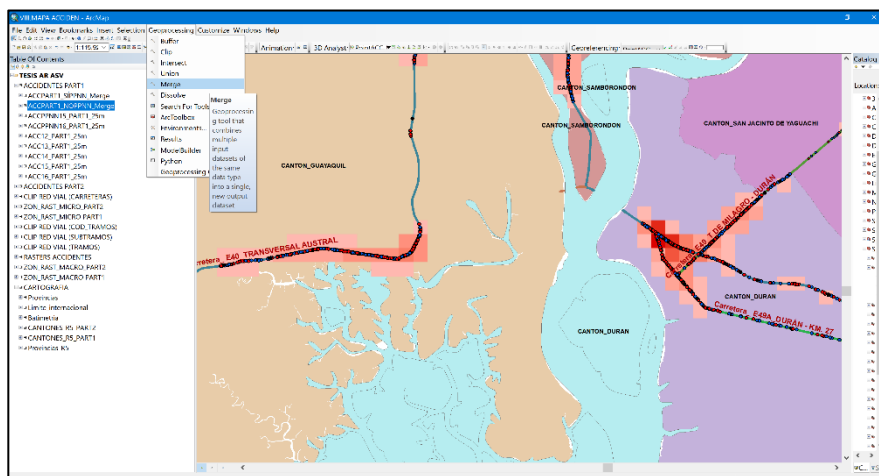


Figura 3.67 Aplicación de la herramienta MERGE.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para integrar todos los accidentes hacia una sola capa fue necesario descartar los campos que no son comunes entre todas las capas que fueron ingresadas como dato.

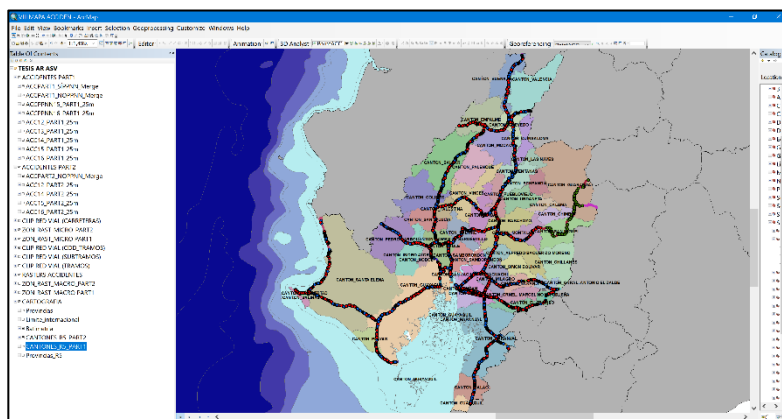


Figura 3.69 Ilustración de los accidentes 2012 al 2016.
Fuente: Torres, D., 2017.

Paso 7.7: Obtención de las vías más críticas en la red vial de la regional 5

Una vez listas las capas de accidentes excluidas de las zonas urbanas, se procedió a obtener las vías con mayores accidentes registrados en un kilómetro lineal de carretera, para esto fue necesario tener cargados al programa la capa integrada de accidentes del 2012 al 2016, la capa de red vial por tramos y subtramos y conocer la longitud de las vías en las cuales se iba hacer la selección espacial.

Para el proceso, se usaron las herramientas de geoprocresamiento del programa ArcGIS con el fin de obtener el registro de accidentes en cada vía contenida en la regional 5.

Existen 22 vías registradas en la regional 5, a continuación, se detallan las mismas con su respectiva longitud:

Tabla XXXIII: Vías pertenecientes a la regional 5.

| Nombre vía | Código MTOP | Longitud (km) |
|---------------------------------------|--------------------|----------------------|
| VÍA DEL PACÍFICO (RUTA DEL SPONDYLUS) | 1 | 84.342 |
| TRONCAL DE LA COSTA | 2 | 321.000 |
| TRANSVERSAL CENTRAL | 8 | 80.298 |
| TRANSVERSAL AUSTRAL | 9 | 229.400 |
| MONTECRISTI - NOBOL | 11 | 44.551 |
| PROGRESO - POSORJA | 14 | 55.578 |
| GUAYAQUIL - EL EMPALME | 17 | 145.644 |
| AURORA - T DE SALITRE | 19 | 21.915 |
| T DE MILAGRO - DURÁN | 21 | 25.268 |
| LA TRONCAL - PUERTO INCA | 22 | 25.012 |
| BABAHOYO - AMBATO | 23 | 199.867 |
| BALBANERA - T DEL TRIUNFO | 24 | 79.139 |
| PALESTINA - SAN JUAN | 44 | 63.689 |
| GUARANDA - CEMENTO CHIMBORAZO | 45 | 25.361 |
| T DE BABA - DAULE | 46 | 63.215 |
| MILAGRO - BUCAY | 48 | 59.243 |
| LA PUNTILLA - GUAYAQUIL | 49 | 1.407 |
| DURÁN - KM. 27 | 50 | 26.235 |
| ALAUÍS - EL TRIUNFO | 51 | 2.395 |
| PUERTO INCA - CUENCA | 52 | 12.735 |
| TRANSVERSAL CENTRAL (ALTERNA) | 82 | 2.270 |
| PROGRESO - POSORJA (ALTERNA) | 92 | 7.824 |
| TOTAL, EN RED VIAL REGIONAL 5 | - | 1.576 |
| TOTAL, EN RED VIAL ESTATAL | - | 8.900 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Primero se realiza una selección por atributo:

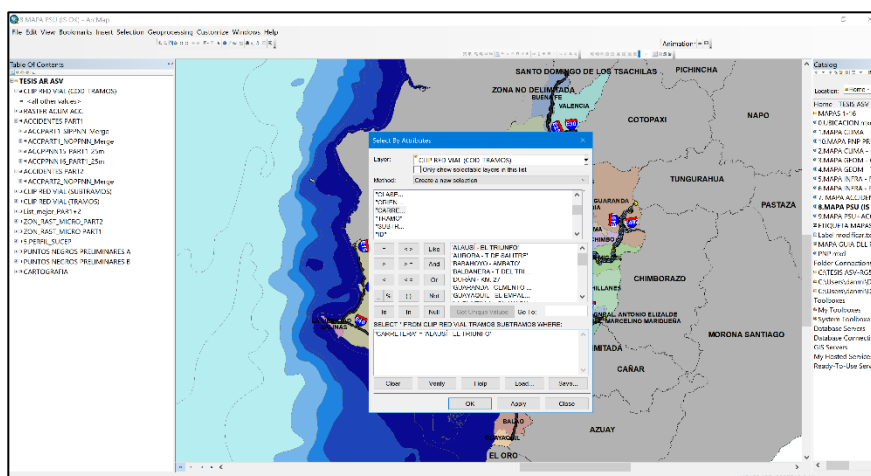


Figura 3.70 Campos de la función Selección por atributos.
Fuente: Torres, D., 2017.

Se escogió como dato de la función a la capa de red vial que contenga los tramos y subtramos, se usó como base el campo “Carretera” y este fue igualado a las 22 vías de acuerdo con su nombre, en total se realizaron 22 selecciones por atributo.

Una vez realizada la selección espacial por atributo, se realiza una selección por localidad

Es de importancia mencionar que la selección por atributo es prerequisite para poder escoger justamente los accidentes aledaños a cada vía.

y que estén contenidos en cada vía de la regional 5, en total se realizaron 22 selecciones por localidad.

Una vez escogidos los accidentes en cada vía, estos fueron registrados en una hoja de Excel fuera del programa, para con funciones avanzadas del mismo poder hacer un cuadro resumen de los accidentes por kilómetros contenidos en cada una de las 22 vías obtenidas.

A continuación, se presentan los cuadros resúmenes a los procesos antes descritos:

Tabla XXXIV: Accidentes por kilómetro registrados en las vías de la regional 5.

| Nombre De Vía | Accidentes 2012-2016 | Longitud 3d (Km) | Accidentes/Km |
|---------------------------------------|----------------------|------------------|---------------|
| Durán - Km. 27 | 349 | 26.235 | 13 |
| T de Milagro - Durán | 325 | 25.268 | 13 |
| Transversal Central (Alternativa) | 28 | 2.270 | 12 |
| Transversal Austral | 2571 | 229.400 | 11 |
| Guayaquil - El Empalme | 1314 | 145.644 | 9 |
| Troncal de la Costa | 2878 | 321.000 | 9 |
| Montecristi - Nobol | 375 | 44.551 | 8 |
| Milagro - Bucay | 374 | 59.243 | 6 |
| Aurora - T De Salitre | 107 | 21.915 | 5 |
| T De Baba - Daule | 300 | 63.215 | 5 |
| Transversal Central | 395 | 80.298 | 5 |
| Palestina - San Juan | 162 | 63.689 | 3 |
| Progreso - Posorja | 188 | 55.578 | 3 |
| Puerto Inca - Cuenca | 32 | 12.735 | 3 |
| Vía Del Pacífico (Ruta Del Spondylus) | 213 | 84.342 | 3 |
| Alausí - El Triunfo | 5 | 2.395 | 2 |
| Babahoyo - Ambato | 464 | 199.867 | 2 |

| | | | |
|-------------------------------------|-----|--------|--------------|
| Balbanera - T Del Triunfo | 101 | 79.139 | 1 |
| La Troncal - Puerto Inca | 18 | 25.012 | 1 |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 7 | 7.824 | 1 |
| Guaranda - Cemento | | | |
| Chimborazo | 9 | 25.361 | 0 |
| La Puntilla - Guayaquil | 0 | 1.407 | 0 |
| Total de Accidentes Arcgis | | | 10215 |
| Total de Accidentes Cte-Ppnn | | | 10097 |
| Accidentes Repetidos | | | 118 |
| Máximo | | | |
| Acc/Km | | | 13 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Es de importancia mencionar que los accidentes escogidos fueron mayor en número que los accidentes registrados en las capas de accidentes dentro del programa ArcGIS, esto se dio ya que al escoger los accidentes, la selección se dobló para aquellos que estaban contenidos en las intersecciones, lo que hizo una suma mayor a la que de origen se debía, también cabe recalcar que para obtener el número de accidentes por cada kilómetro lineal de carretera, según la tabla anteriormente vista, se asume una distribución uniforme de los accidentes en cada kilómetro lineal de cada una de las 22 vías, esto en realidad no sucede si se navega por el mapa, pero por medidas prácticas y con el fin de conocer un valor promedio fue de provechosa ventaja usar la metodología.

En vista que ya se tenía el total de accidentes por cada una de las vías contenidas en la red vial de la regional 5, se tuvo que

hacer más detalle, desglosando dicha cantidad de accidentes y clasificando esta por el grado de severidad.

El grado de severidad según el Ministerio de Transporte y obras públicas se divide en tres, fatal, grave y leve. La clasificación de los accidentes se la hizo por medio de funciones avanzadas de una hoja de cálculo, se preparó el nombre de cada vía y con una cuantificación muy cuidadosa se presenta lo siguiente:

Tabla XXXV: Equivalente en número de accidente según severidad.-.

| Severidad | Equivalente en Número de Accidentes (E.N.A) |
|------------------|--|
| Fatal | 3 |
| Grave | 2 |
| Leve | 1 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XXXVI: Vías de la regional 5 con TCA.

| Vía | Acc/Vía (2012-2016) | | | Longitud 3d (Km) | Acc/Km (2012-2016) | | | Nivel Accidentalidad | Tramo De Alta Concentración De Accidentes |
|----------------------------------|---------------------|-------|------|---------------------|--------------------|-------|------|-------------------------|---|
| | Fatal | Grave | Leve | | Fatal | Grave | Leve | | N.A>15 |
| Durán - Km. 27 | 26 | 190 | 133 | 26.235 | 1 | 7 | 5 | 23 | Sí |
| Guayaquil - El Empalme | 204 | 619 | 491 | 145.644 | 1 | 4 | 3 | 16 | Sí |
| T de Milagro - Durán | 48 | 145 | 132 | 25.268 | 2 | 6 | 5 | 22 | Sí |
| Transversal Austral | 185 | 1241 | 1145 | 229.400 | 1 | 5 | 5 | 18 | Sí |
| Alausí - El Triunfo | 2 | 2 | 1 | 2.395 | 1 | 1 | 0 | 5 | No |
| Aurora - T de Salitre | 10 | 66 | 31 | 21.915 | 0 | 3 | 1 | 9 | No |
| Babahoyo - Ambato | 22 | 192 | 84 | 199.867 | 0 | 1 | 0 | 3 | No |
| Balbanera - T del Triunfo | 24 | 54 | 22 | 79.139 | 0 | 1 | 0 | 3 | No |
| Guaranda - Cemento | 0 | 0 | 0 | 25.361 | 0 | 0 | 0 | 0 | No |
| Chimborazo | | | | | | | | | |
| La Puntilla - Guayaquil | 0 | 0 | 0 | 1.407 | 0 | 0 | 0 | 0 | No |
| La Troncal - Puerto Inca | 4 | 11 | 3 | 25.012 | 0 | 0 | 0 | 1 | No |
| Milagro - Bucay | 43 | 224 | 107 | 59.243 | 1 | 4 | 2 | 12 | No |
| Montecristi - Nobol | 47 | 194 | 134 | 44.551 | 1 | 4 | 3 | 15 | No |
| Palestina - San Juan | 28 | 94 | 37 | 63.689 | 0 | 1 | 1 | 5 | No |
| Progreso - Posorja | 8 | 95 | 85 | 55.578 | 0 | 2 | 2 | 5 | No |
| Progreso - Posorja (Alternativa) | 0 | 3 | 4 | 7.824 | 0 | 0 | 1 | 1 | No |
| Puerto Inca - Cuenca | 5 | 12 | 15 | 12.735 | 0 | 1 | 1 | 4 | No |
| T De Baba - Daule | 42 | 191 | 67 | 63.215 | 1 | 3 | 1 | 9 | No |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----|------|------|---------|---|---|---|----|----|
| Transversal Central | 46 | 158 | 95 | 80.298 | 1 | 2 | 1 | 7 | No |
| Transversal Central (Alternativa) | 0 | 1 | 1 | 2.270 | 0 | 0 | 0 | 1 | No |
| Troncal De La Costa | 318 | 1319 | 1194 | 321.000 | 1 | 4 | 4 | 15 | No |
| Vía del Pacífico (Ruta del Spondylus) | 25 | 99 | 89 | 84.342 | 0 | 1 | 1 | 4 | No |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tal como se observa en la tabla XXXVII, se presenta de manera clasificada la severidad de accidentes para cada vía, el nivel de accidentalidad y si estas son consideradas o no como TCA.

Se realizó una priorización de acuerdo a la variable NA, con los resultados se puede verificar que, en este caso, las 4 primeras priorizaciones en las vías de la red vial de la regional 5 son las que tienen la más altas observaciones, esto nos quiere decir que, en dichas vías se tienen los mayores registros de siniestros para una muestra de 5 años desde el 2012 al 2016.

Paso 7.8: Selección preliminar de puntos negros.

Debido a que el análisis de la densidad de puntos se pensó de forma macro, en análisis posteriores se mostrara que una vez realizado el macro análisis, se concentrara en obtener los puntos negros por medio de un micro análisis.

En el campo llamado Output cell size le ingresamos 750 kilómetros ya que la intención es buscar densidad de accidentes en celdas de 750x750 kilómetros cuadrado, luego ingresamos la misma cantidad donde dice radio de búsqueda o Search radius (optional).

Dejamos intactos los campos donde dice Area units y Output values

Y finalmente se obtiene este mapeo de colores.

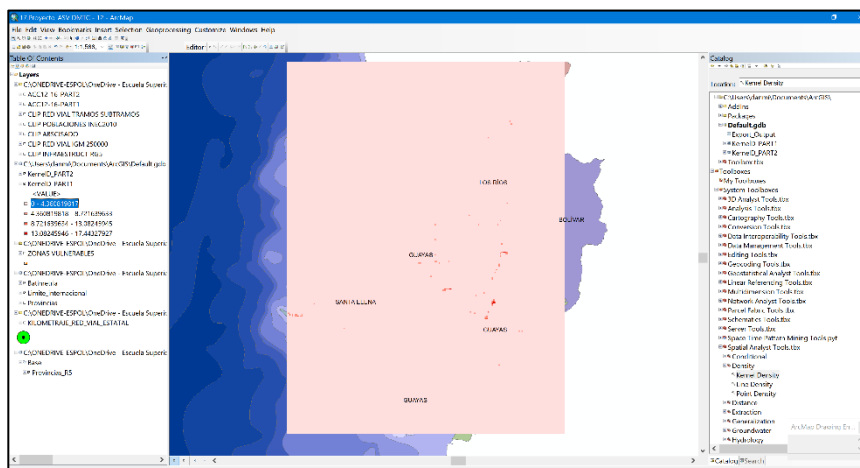


Figura 3.74 Resultados de la aplicación del Point Density.
Fuente: Torres, D., 2017.

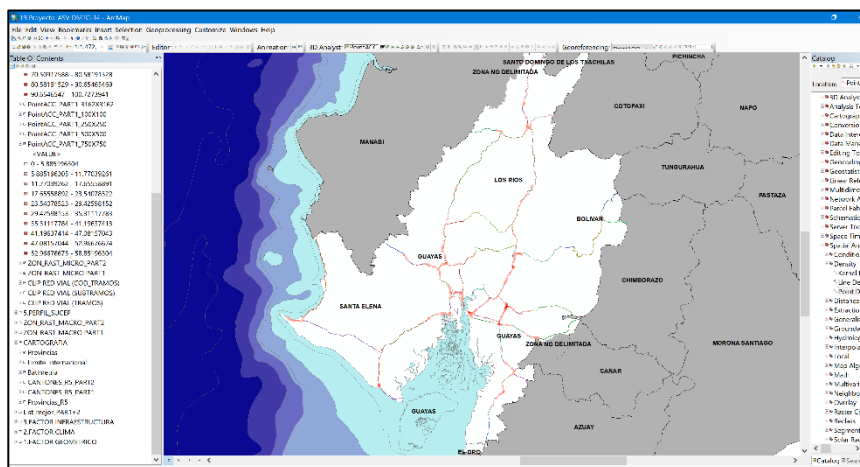


Figura 3.75 Optimización de resultados para la función Point Density.

Fuente: Torres, D., 2017.

La imagen adjunta muestra resultados de densidad de accidentes para tamaño de celda de 750x750 kilómetros cuadrados. Es importante mencionar que, al momento de generar este mapa, se tuvo que acotar el resultado al cuadrante que encierra las provincias pertenecientes a la regional 5, caso contrario los resultados iban a ser incoherentes a la densidad que se esperaba.

Si se modifican las propiedades del raster se puede lograr visualizar por un número particular de clases y esta a su vez por intervalos equitativos. Así se presenta la densidad de manera gradual en toda la regional 5.

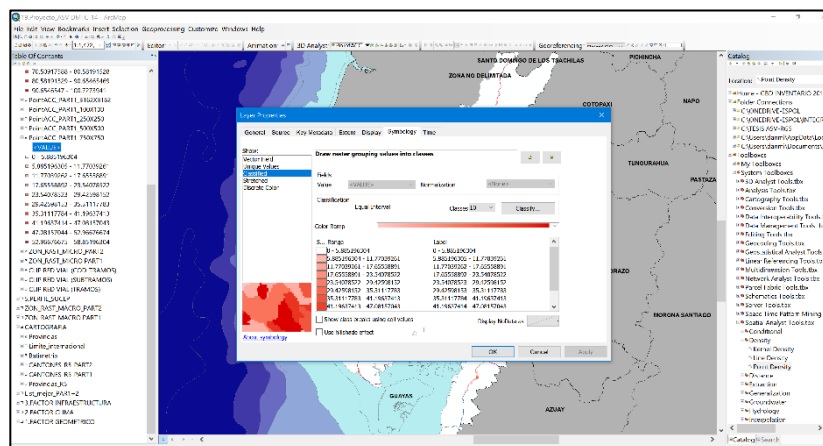


Figura 3.76 Propiedades del raster creado a partir de Point Density.

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez terminado de modificar el raster se logra visualizar las mayores concentraciones de accidentes dentro de las 4 provincias.

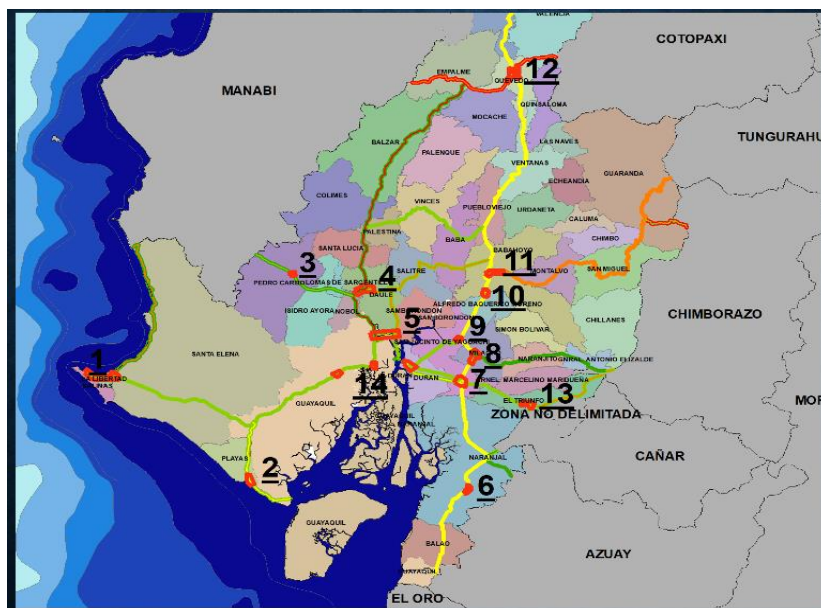


Figura 3.77 Zonas de alta concentración de accidentes, análisis preliminar.

Fuente: Torres, D., 2017.

Tal como se muestra en la figura anterior, se identificaron 14 puntos negros preliminares o zonas de mayor concentración de accidentes de tránsito.

Cabe mencionar que en capítulos posteriores estos serán superpuestos junto con un perfil de susceptibilidad y con esto poder obtener aquellos puntos o zonas más críticos en cuanto a las dos variables antes mencionadas.

Empezando por el primer punto negro preliminar en la provincia de Sta. Elena se visualiza lo siguiente

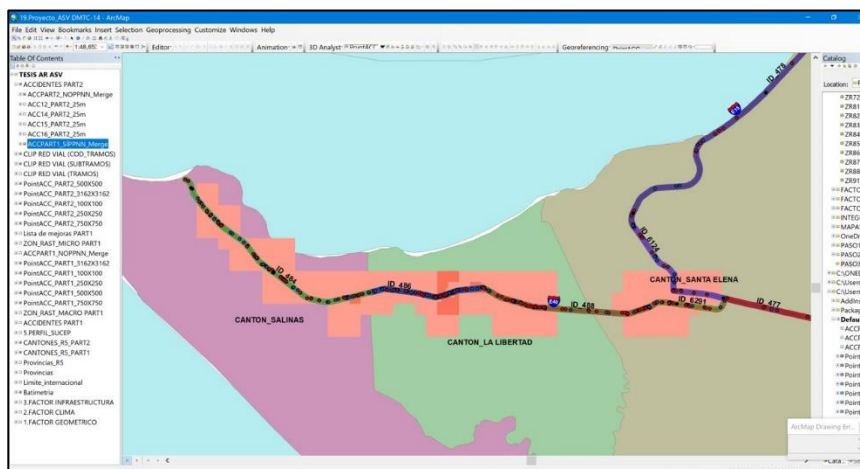


Figura 3.78 Punto negro preliminar 1.
Fuente: Torres, D., 2017.

Como se observa en la figura se tienen celdas de 750x750 kilómetros cuadrado, usando la herramienta identificación por celda se logra observar que, para esa celda de color naranja, se tiene una concentración de accidentes del 25.46% con respecto al total.

La siguiente zona de concentración resulto ser en el cantón de Playas.

La siguiente zona de concentración resulto ser en el cantón de Daule.

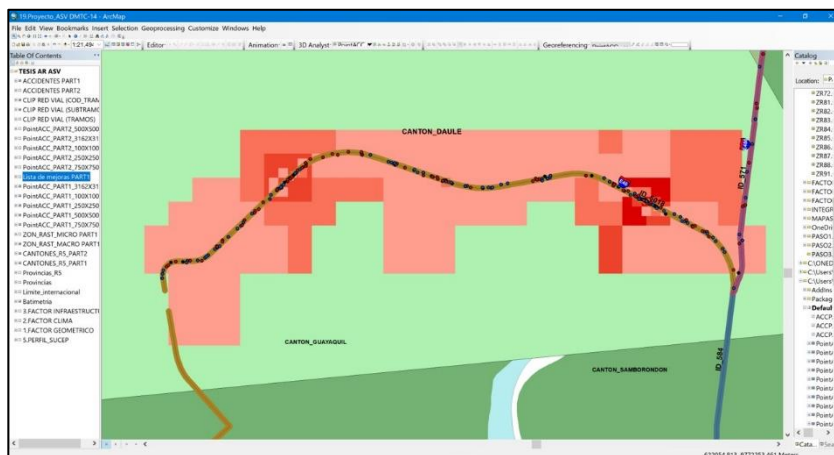


Figura 3.81 Punto negro preliminar 4.
Fuente: Torres, D., 2017.

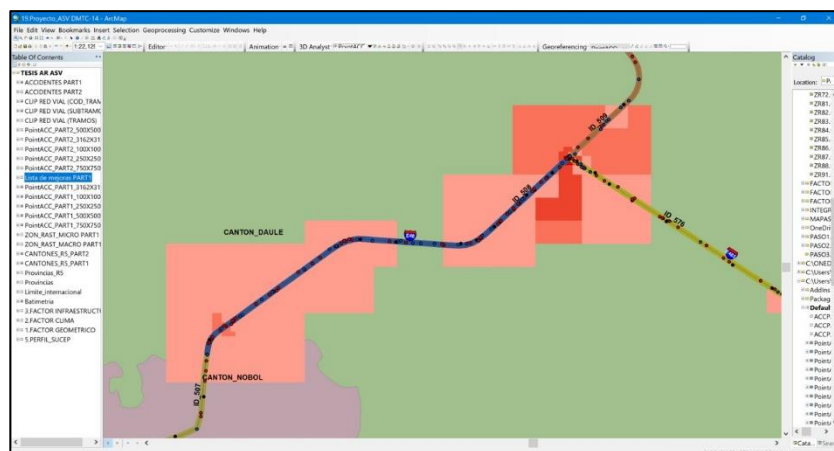


Figura 3.82 Punto negro preliminar 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

La siguiente zona de concentración resulto ser en el cantón de Naranjal.

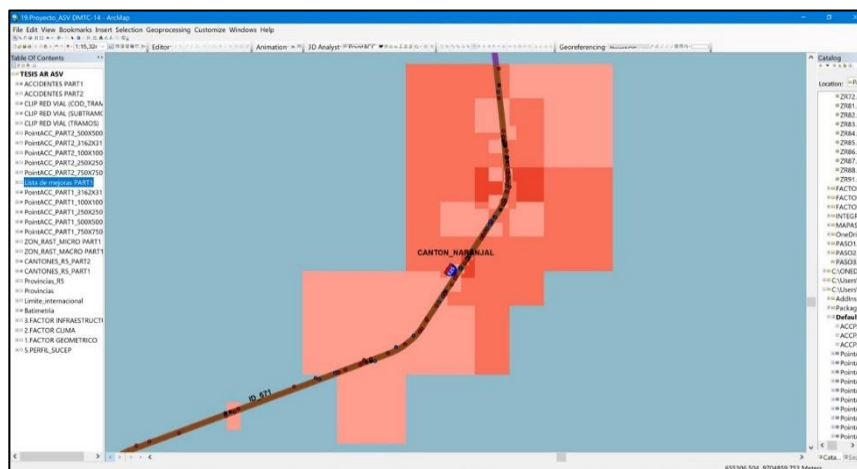


Figura 3.83 Punto negro preliminar 6.
Fuente: Torres, D., 2017.

La siguiente zona de concentración resulto ser en el cantón San Jacinto de Yaguachi.

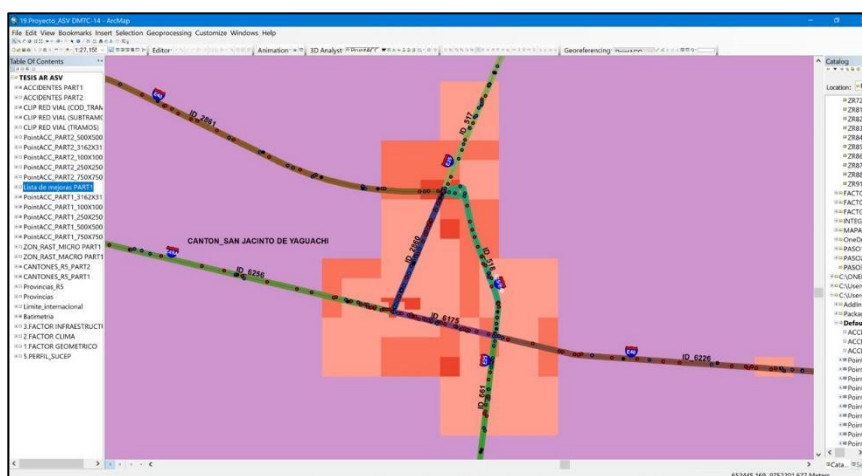


Figura 3.84 Punto negro preliminar 7.
Fuente: Torres, D., 2017.

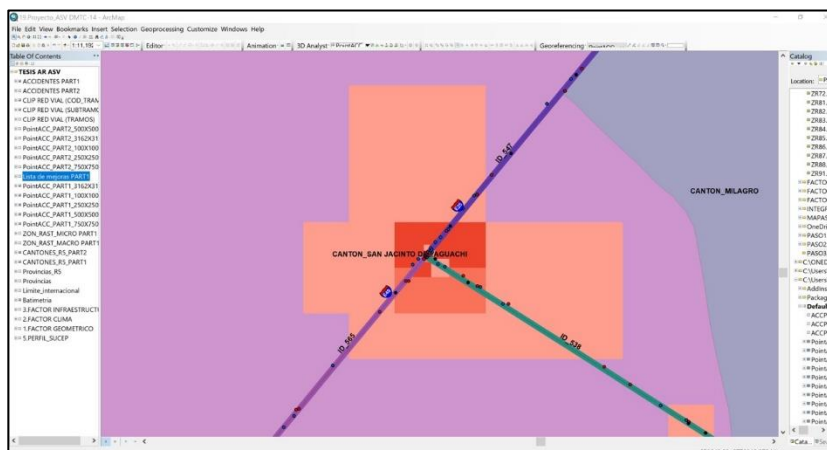


Figura 3.85 Punto negro preliminar 8.
Fuente: Torres, D., 2017.

La siguiente zona de concentración resulto ser en el cantón de Milagro

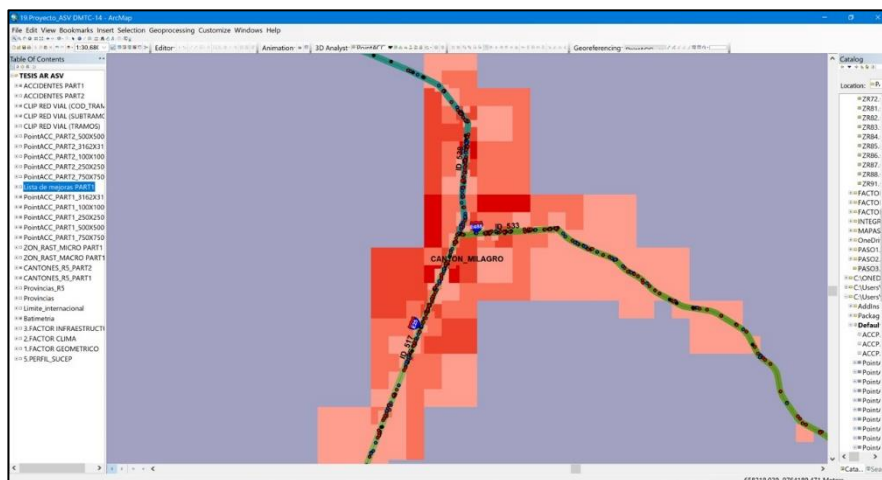


Figura 3.86 Punto negro preliminar 9.
Fuente: Torres, D., 2017.

La siguiente zona de concentración resulto ser entre el cantón de Babahoyo y Alfredo Baquerizo.

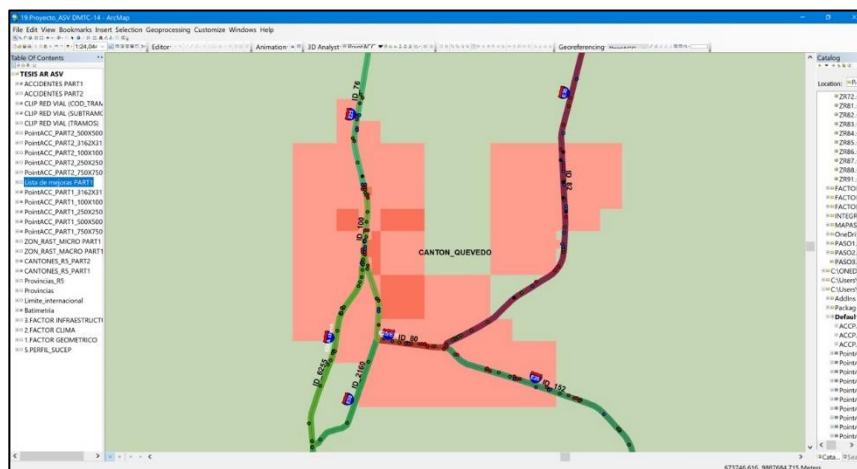


Figura 3.89 Punto negro preliminar 12.
Fuente: Torres, D., 2017.

La siguiente zona de concentración resulto ser en el cantón del
Triunfo.

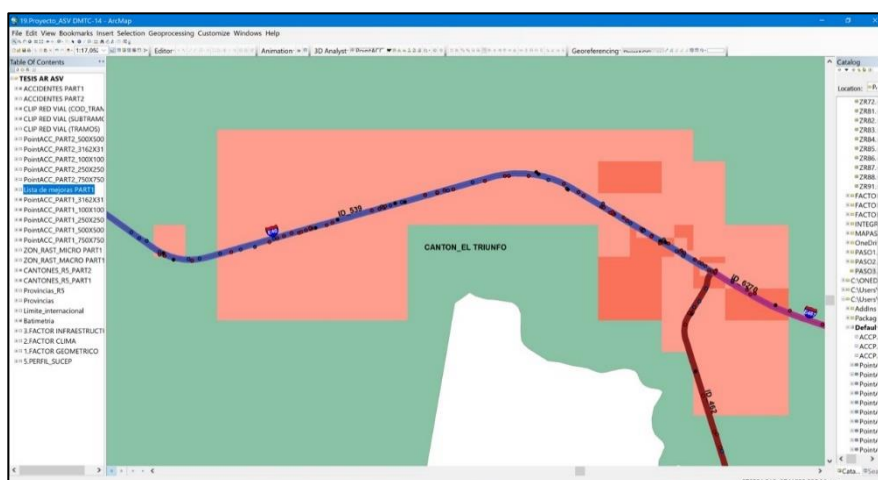


Figura 3.90 Punto negro preliminar 13.
Fuente: Torres, D., 2017.

Y finalmente la última zona de concentración de accidentes cerca
del cantón Guayaquil y Durán.

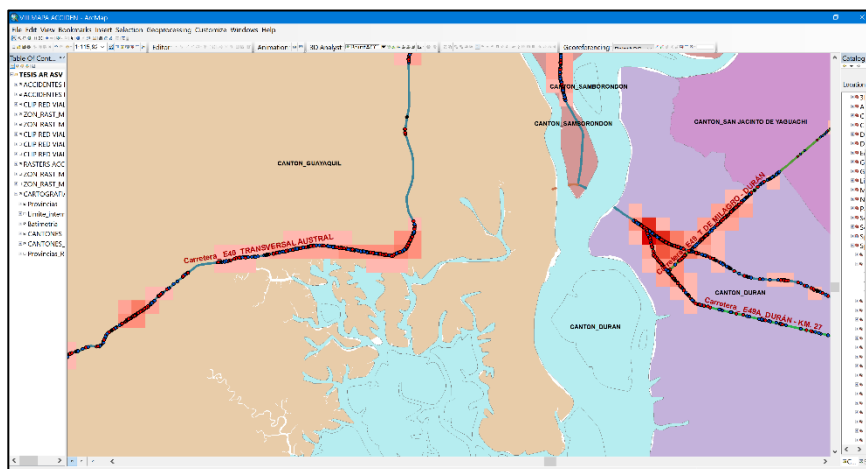


Figura 3.91 Punto negro preliminar 14.
Fuente: Torres, D., 2017.

Por lo que, de forma preliminar sin afinar el macro análisis, con ráster de celda 750x750, se obtienen 14 zonas dentro de la red vial estatal de la regional 5.

3.2.6. Paso 8: Superposición del perfil de susceptibilidad con los puntos negros preliminares de accidentes de tránsito rural.

Cargando al espacio de trabajo la capa del perfil de susceptibilidad y superponiendo la misma con los puntos negros preliminares antes obtenidos en una celda de área 750x750 kilómetros cuadrados, se obtuvieron cuatro zonas que reúnen las condiciones más críticas en cuanto a densidad de accidentes y vulnerabilidad hacia siniestros de tránsito, estas son:

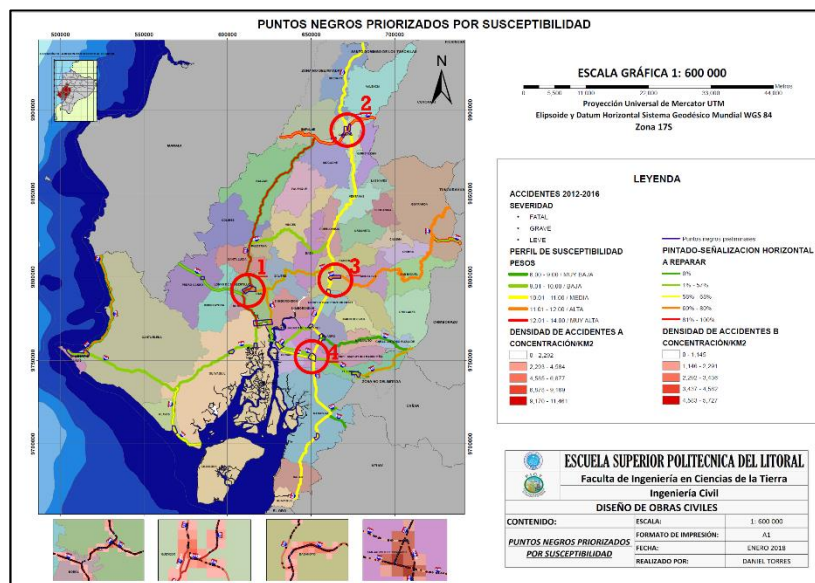


Figura 3.92 Zonas de alto riesgo y concentración de accidentes de tránsito.

Fuente: Torres, D., 2017.

A simple observación tomando en cuenta lo antes mencionado, se puede decir que de manera preliminar se podría poner más atención a los cantones de Quevedo, Babahoyo, Daule y San Jacinto de Yaguachi, ya que estos sobresalen ante los demás puntos negros preliminares restantes.

Haciendo una priorización preliminar, se puede decir que se tendría del más crítico al menos crítico el siguiente orden:

Daule, Quevedo, Babahoyo, y por último a San Jacinto de Yaguachi.

3.3. FASE DEFINITIVA

3.3.1. Paso 9: Selección definitiva de puntos negros

Debido a que en los pasos anteriores se pudo obtener de forma preliminar las zonas con mayor concentración en la densidad de accidentes, esta fue generada para una celda muy generalizada de 750x750 kilómetros cuadrados, por lo tanto, con el objetivo de afinar los resultados preliminares, se hicieron varias iteraciones en el análisis espacial para lograr obtener una densidad de accidentes en una celda de 1 km².

Para realizar las iteraciones, nuevamente se usaron las herramientas de análisis espacial del programa ArcGIS, el primer paso fue ir a la caja de herramientas del sistema, luego se cargaron las herramientas de análisis espacial, luego se cargaron las herramientas para análisis de densidad y finalmente el botón de densidad de puntos.

System toolboxes>Spatial Analyst Tools>Density>Point density

Como ya se mencionó antes, los accidentes fueron datos que se facilitaron en forma de puntos, por lo tanto, se usó análisis por densidad de puntos y estos fueron usados para la generación de los diferentes tipos de raster hasta lograr obtener la densidad en el área deseada.

Paso 9.1: Análisis por densidad de puntos (Point density)

Para obtener los puntos negros preliminares se hizo el primer análisis por densidad de puntos con celda en raster de 750x750 kilómetros cuadrados.

Iteración 1 RASTER 750x750

Tabla XXXVII: Uso de la función Point Density para celdas de 750x750 km²

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--------------------------------------|--|---|
| Input point features | Se ingresa accidentes tipo puntos | Se ingresaron los accidentes integrados desde el 2012 al 2016 |
| Population field | No ingresa valores | Campo Vacío |
| Output raster | Nombre del raster de salida | PointACC_750X750 |
| Output cell size | Tamaño de celda en el raster de salida | 750 |
| Neighborhood | Tipo de geometría donde se extraen los valores de la densidad de puntos | Circulo |
| Radio | Radio de búsqueda | 750 |
| Unidades | Están pueden ser tipo mapa o tipo celda | Tipo mapa |
| Unidades de área | Se refiere a las unidades de las celdas del raster resultado | Kilómetros cuadrados |
| Ambiente: coordenadas de salida | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |
| Ambiente: Extensión de procesamiento | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

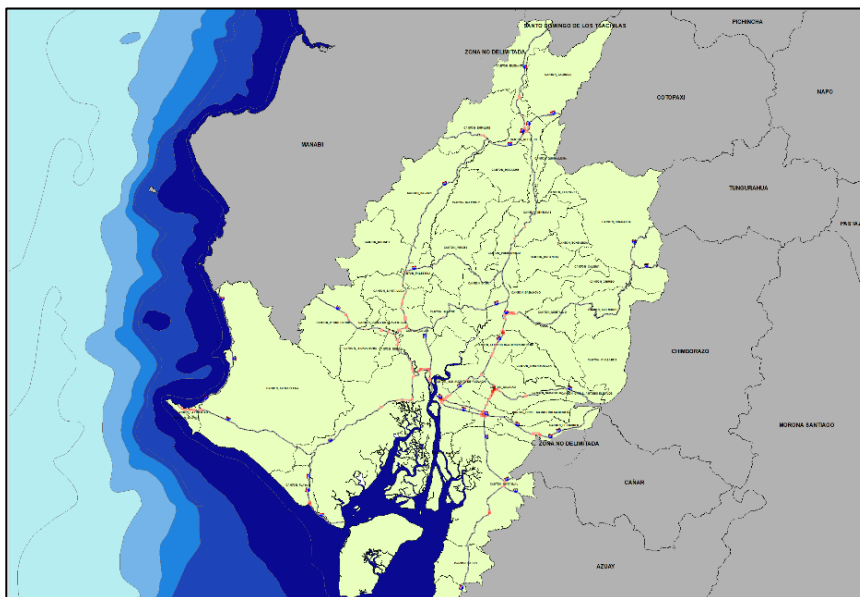


Figura 3.93 Concentración máxima de accidentes para celdas de 750x750 km².

Fuente: Torres, D., 2017.

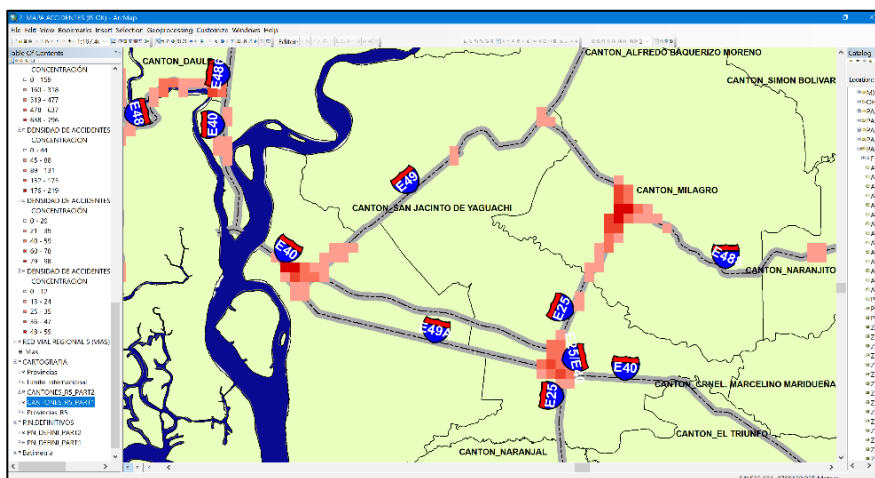


Figura 3.94 Densidad de accidentes en celda de 750x750 km².

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez realizado la primera iteración que dio a conocer los resultados preliminares, se afinó el análisis con 4 iteraciones adicionales

Iteración 2 RASTER 500x500

Tabla XXXVIII: Uso de la función Point Density para celdas de 500x500 km²

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--------------------------------------|--|---|
| Input point features | Se ingresa accidentes tipo puntos | Se ingresaron los accidentes integrados desde el 2012 al 2016 |
| Population field | No ingresa valores | Campo Vacío |
| Output raster | Nombre del raster de salida | PointACC_500X500 |
| Output cell size | Tamaño de celda en el raster de salida | 500 |
| Neighborhood | Tipo de geometría donde se extraen los valores de la densidad de puntos | Circulo |
| Radio | Radio de búsqueda | 500 |
| Unidades | Estas pueden ser tipo mapa o tipo celda | Tipo mapa |
| Unidades de área | Se refiere a las unidades de las celdas del raster resultado | Kilómetros cuadrados |
| Ambiente: coordenadas de salida | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |
| Ambiente: Extensión de procesamiento | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

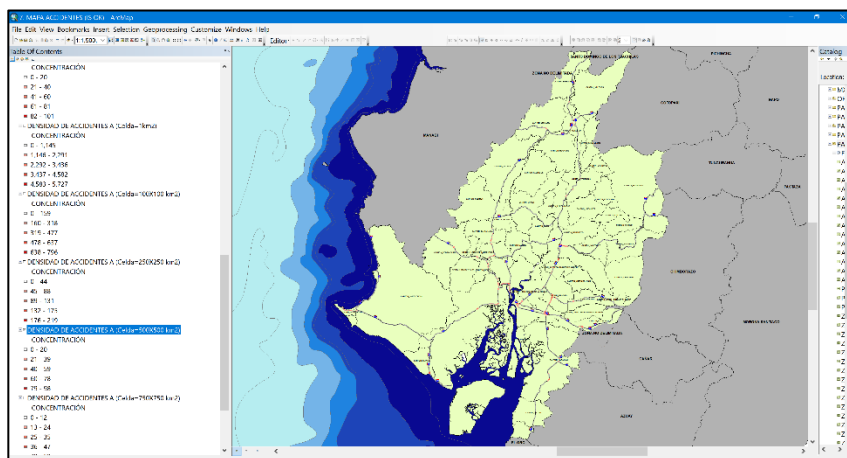


Figura 3.95 Concentración máxima de accidentes para celdas de 500x500 km².
Fuente: Torres, D., 2017.

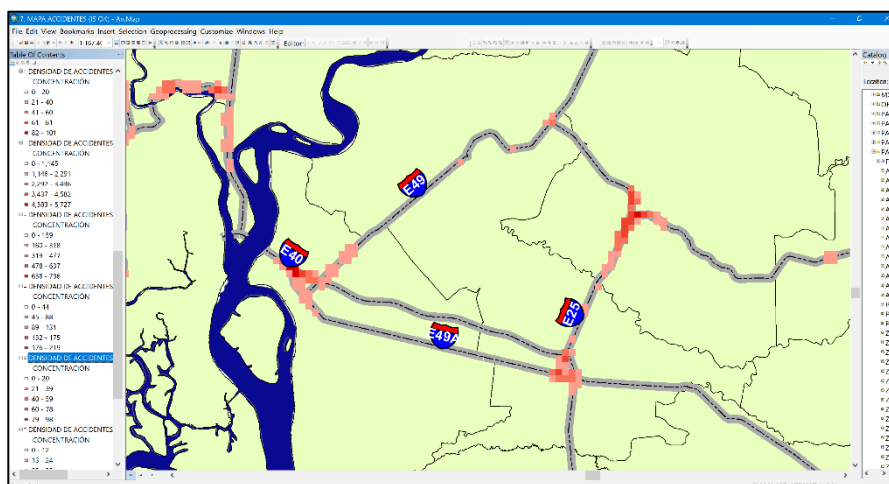


Figura 3.96 Densidad de accidentes en celda de 500x500 km².
Fuente: Torres, D., 2017.

Iteración 3 RASTER 250x250

Tabla XXXIX: Uso de la función Point Density para celdas de 250x250 km²

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--------------------------------------|--|---|
| Input point features | Se ingresa accidentes tipo puntos | Se ingresaron los accidentes integrados desde el 2012 al 2016 |
| Population field | No ingresa valores | Campo Vacío |
| Output raster | Nombre del raster de salida | PointACC_250X250 |
| Output cell size | Tamaño de celda en el raster de salida | 250 |
| Neighborhood | Tipo de geometría donde se extraen los valores de la densidad de puntos | Circulo |
| Radio | Radio de búsqueda | 250 |
| Unidades | Estas pueden ser tipo mapa o tipo celda | Tipo mapa |
| Unidades de área | Se refiere a las unidades de las celdas del raster resultado | Kilómetros cuadrados |
| Ambiente: coordenadas de salida | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |
| Ambiente: Extensión de procesamiento | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

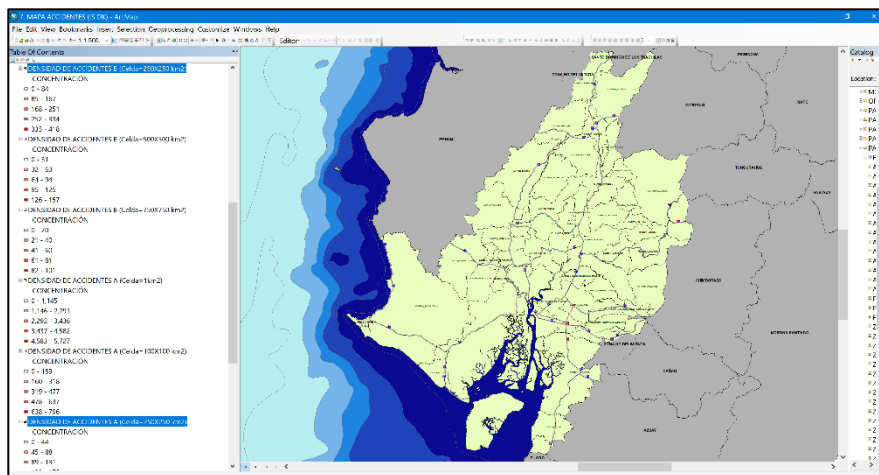


Figura 3.97 Concentración máxima de accidentes para celdas de 250x250 km².

Fuente: Torres, D., 2017.

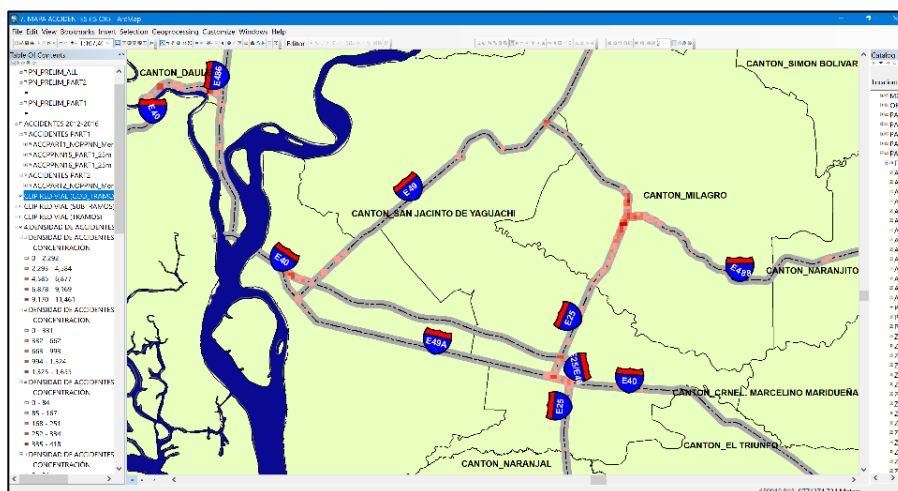


Figura 3.98 Densidad de accidentes en celda de 250x250 km².

Fuente: Torres, D., 2017.

Iteración 4 RASTER 100x100

Tabla XL: Uso de la función Point Density para celdas de 100x100 km²

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--------------------------------------|--|---|
| Input point features | Se ingresa accidentes tipo puntos | Se ingresaron los accidentes integrados desde el 2012 al 2016 |
| Population field | No ingresa valores | Campo Vacío |
| Output raster | Nombre del raster de salida | PointACC_100X100 |
| Output cell size | Tamaño de celda en el raster de salida | 100 |
| Neighborhood | Tipo de geometría donde se extraen los valores de la densidad de puntos | Circulo |
| Radio | Radio de búsqueda | 100 |
| Unidades | Estas pueden ser tipo mapa o tipo celda | Tipo mapa |
| Unidades de área | Se refiere a las unidades de las celdas del raster resultado | Kilómetros cuadrados |
| Ambiente: coordenadas de salida | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |
| Ambiente: Extensión de procesamiento | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

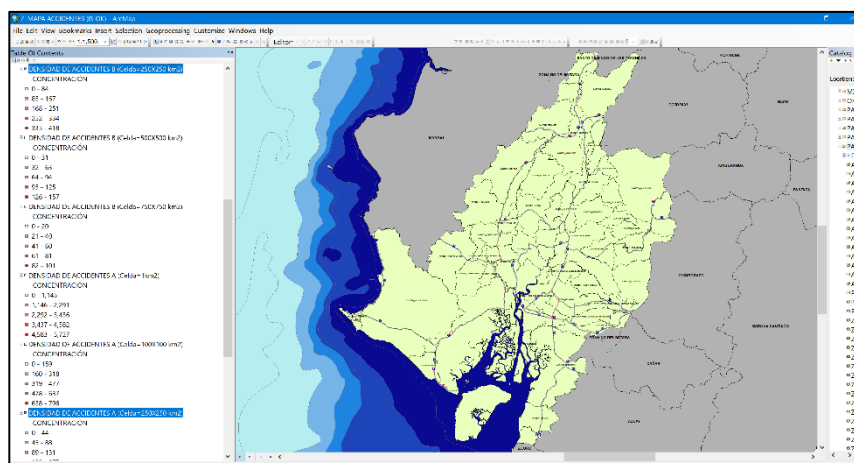


Figura 3.99 Concentración máxima de accidentes para celdas de 100x100 km².

Fuente: Torres, D., 2017.

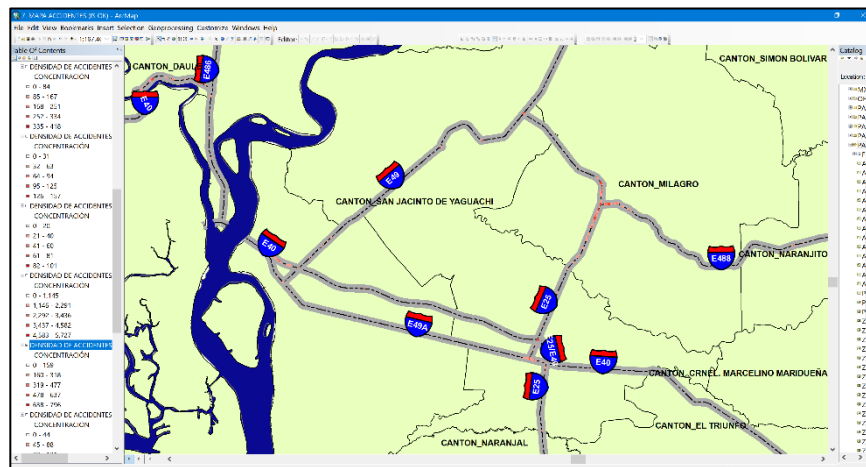
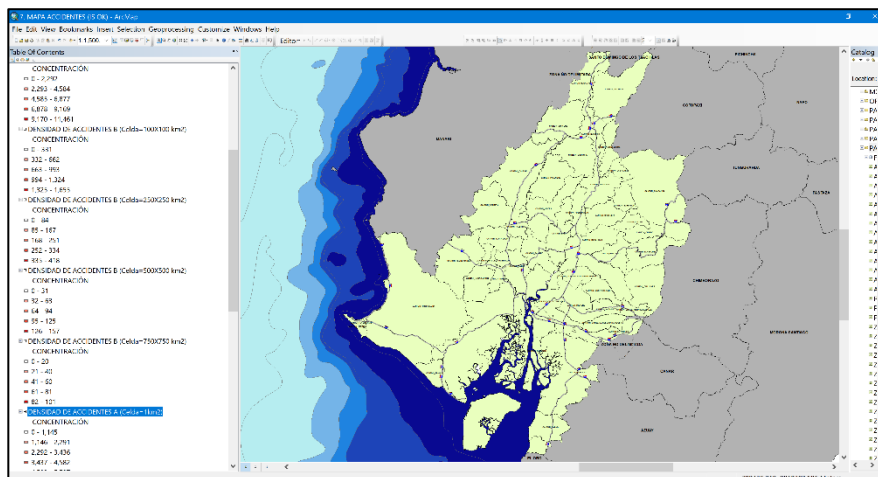


Tabla XLI: Uso de la función Point Density para celdas de 1 km².

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--------------------------------------|--|---|
| Input point features | Se ingresa accidentes tipo puntos | Se ingresaron los accidentes integrados desde el 2012 al 2016 |
| Population field | No ingresa valores | Campo Vacío |
| Output raster | Nombre del raster de salida | PointACC_3162X3162 |
| Output cell size | Tamaño de celda en el raster de salida | 31.62 |
| Neighborhood | Tipo de geometría donde se extraen los valores de la densidad de puntos | Circulo |
| Radio | Radio de búsqueda | 31.62 |
| Unidades | Estas pueden ser tipo mapa o tipo celda | Tipo mapa |
| Unidades de área | Se refiere a las unidades de las celdas del raster resultado | Kilómetros cuadrados |
| Ambiente: coordenadas de salida | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |
| Ambiente: Extensión de procesamiento | Se refiere a la acotación en donde se pretende generar el raster resultado | Se ingresó la capa que contenía las provincias pertenecientes a la regional 5 |

Fuente: Torres, D., 2017.

**Figura 3.101** Concentración máxima de accidentes para celdas de 1 km²

Fuente: Torres, D., 2017.

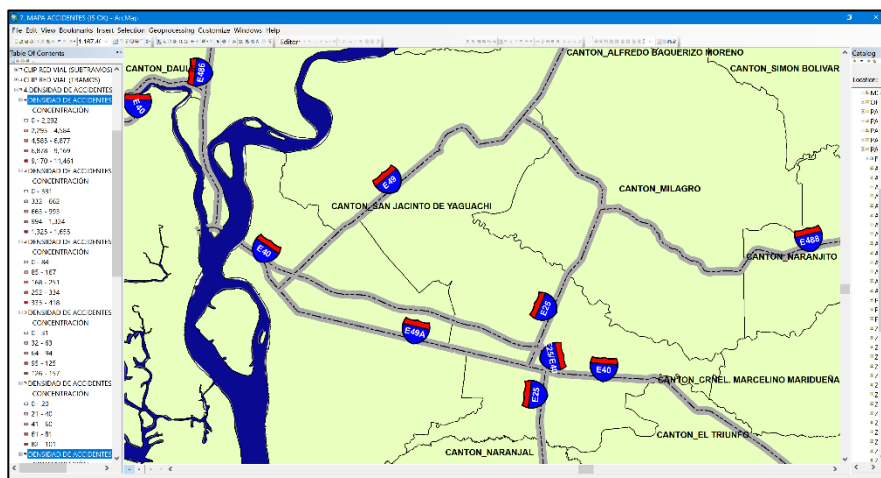


Figura 3.102 Densidad de accidentes en celda de 1 km².
Fuente: Torres, D., 2017.

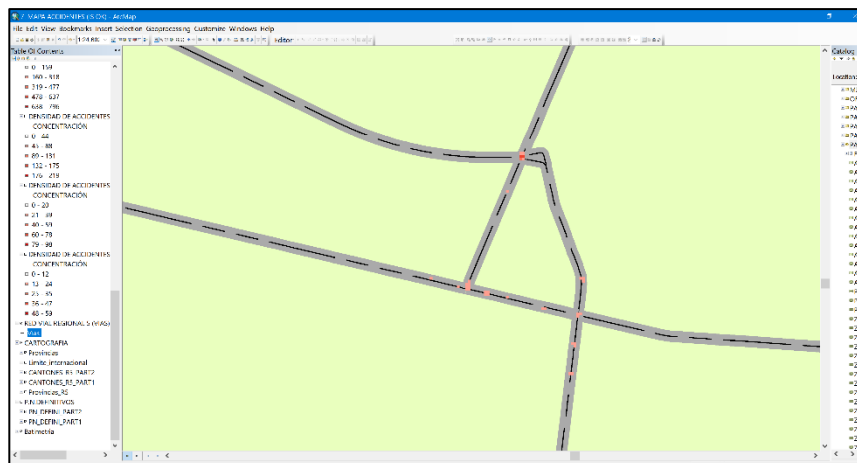


Figura 3.103 Ilustración detallada de concentración de accidentes en 1 km².
Fuente: Torres, D., 2017.

Finalmente, la última interacción nos da a conocer la densidad de accidentes por un kilómetro cuadrado y se lo escoge como el

análisis final para el cual se escogerán los puntos negros definitivos.

La selección de puntos negros definitivos se hizo de forma visual muy cuidadosa enfocándose en las zonas que tengan mayor concentración de accidentes contenidos en los puntos negros preliminares obtenidos del análisis previo.

Para demarcar dichas zonas, se tuvo que construir polígonos en cada uno de los puntos negros definitivos, en total se hicieron 31 polígonos de área aproximada de 1km².

Para el primer punto negro preliminar, ubicado en la provincia de Santa Elena se obtuvieron dos puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.

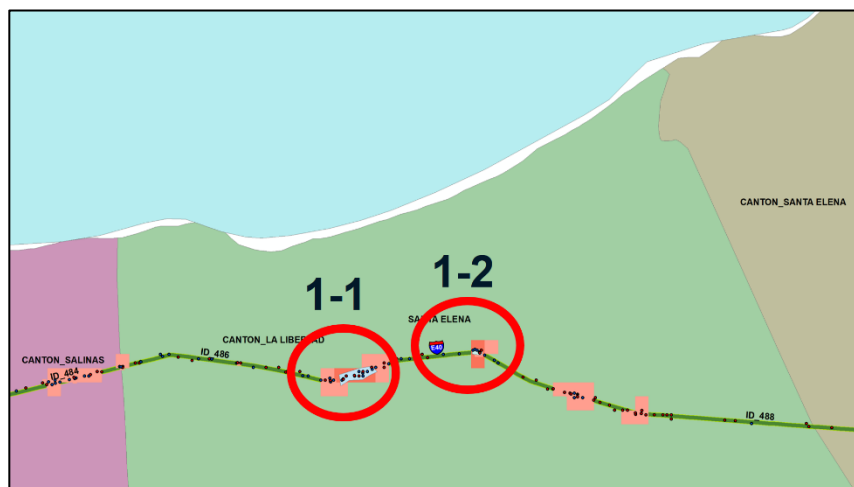


Figura 3.104 Puntos negros definitivos en la preliminar 1.

Fuente: Torres, D., 2017.

Para el segundo punto negro preliminar, en el cantón Playas se obtuvo un punto negro definitivo tal como se muestra en la siguiente figura.

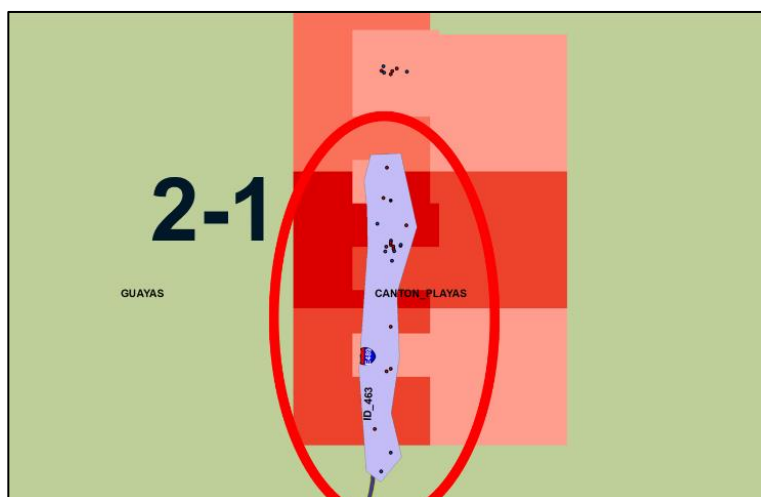


Figura 3.105 Punto negro definitivo en la preliminar 2.

Fuente: Torres, D., 2017.

Para el tercer punto negro preliminar, en el cantón Pedro Carbo se obtuvo un punto negro definitivo tal como se muestra en la siguiente figura.

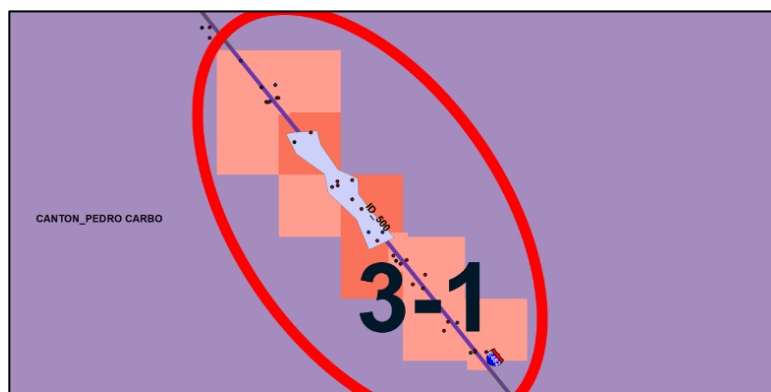


Figura 3.106 Punto negro definitivo en la preliminar 3.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para el cuarto punto negro preliminar, en el cantón Daule, se obtuvieron dos puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.

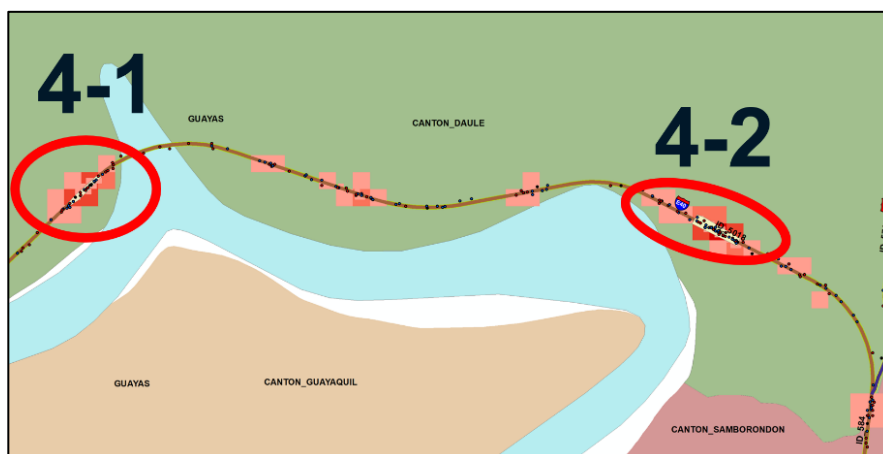


Figura 3.107 Puntos negros definitivos en la preliminar 4.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para el quinto punto negro preliminar, en el cantón Daule, se obtuvo un punto negro definitivo tal como se muestra en la siguiente figura.

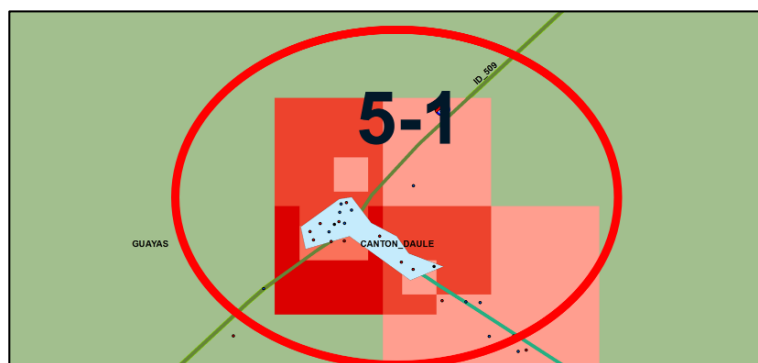


Figura 3.108 Punto negro definitivo en la preliminar 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para el sexto punto negro preliminar, en el cantón Naranjal, se obtuvieron dos puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura 3.109 Punto negro definitivo en la preliminar 5.

Fuente: Torres, D., 2017.

Para el séptimo punto negro preliminar, en el cantón San Jacinto de Yaguachi, se obtuvieron dos puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.

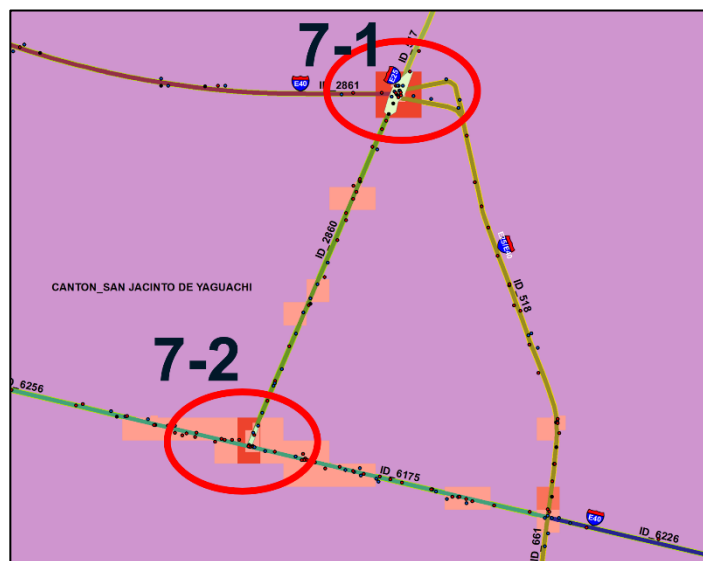


Figura 3.110 Puntos negros definitivos en la preliminar 7.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para el octavo punto negro preliminar, en el cantón de Milagro, se obtuvieron ocho puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.

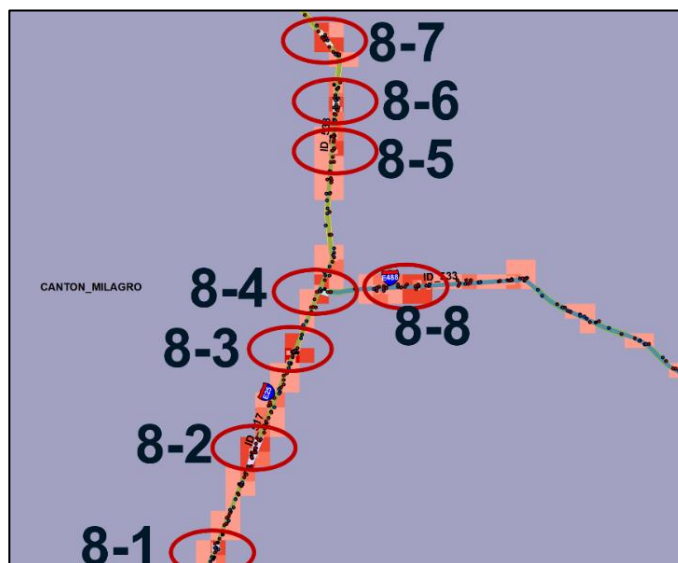


Figura 3.111 Puntos negros definitivos en la preliminar 8.

Fuente: Torres, D., 2017.

Para el noveno punto negro preliminar, en el cantón San Jacinto de Yaguachi, se obtuvo un punto negro definitivo tal como se muestra en la siguiente figura.

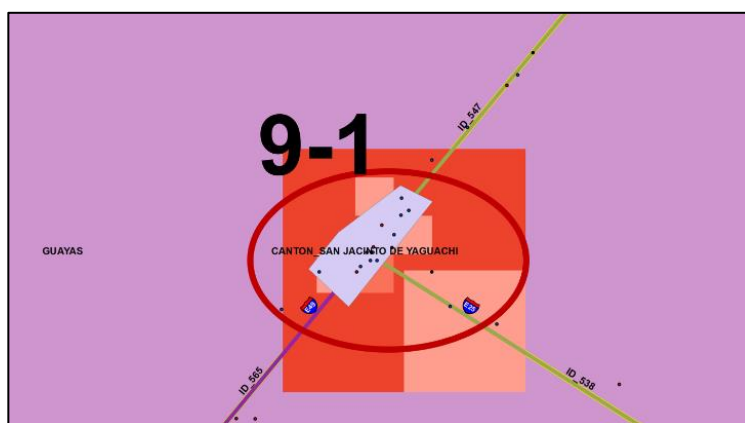


Figura 3.112 Punto negro definitivo en la preliminar 9.

Fuente: Torres, D., 2017.

Para el décimo punto negro preliminar, en el cantón Babahoyo, se obtuvieron tres puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.

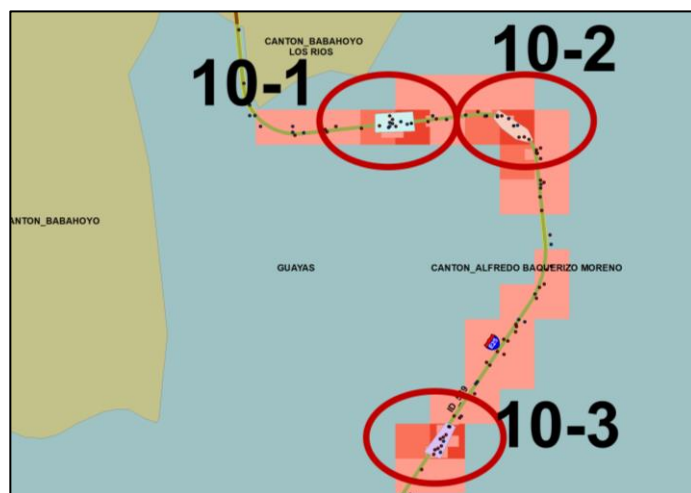


Figura 3.113 Puntos negros definitivos en la preliminar 10.

Fuente: Torres, D., 2017.

Para el décimo primer punto negro preliminar, en el cantón Babahoyo, se obtuvieron dos puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.

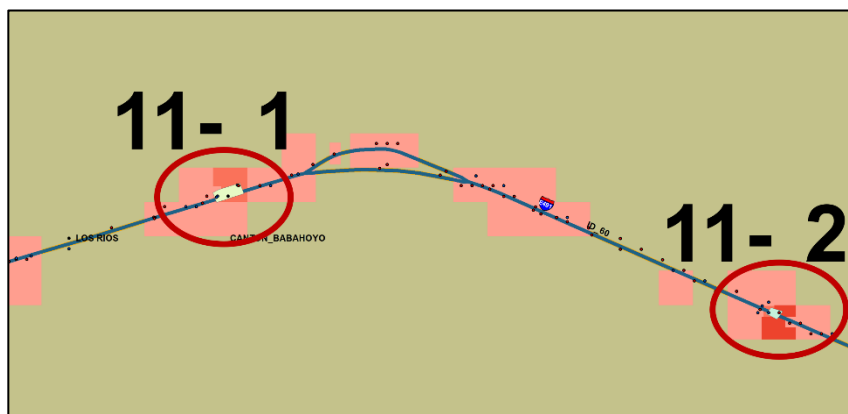


Figura 3.114 Puntos negros definitivos en la preliminar 11.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para el décimo segundo punto negro preliminar, en el cantón Quevedo, se obtuvieron dos puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura 3.115 Puntos negros definitivos en la preliminar 12.
Fuente: Torres, D., 2017.

Para el décimo tercer punto negro preliminar, en el cantón el Triunfo, se obtuvo un punto negro definitivo tal como se muestra en la siguiente figura.

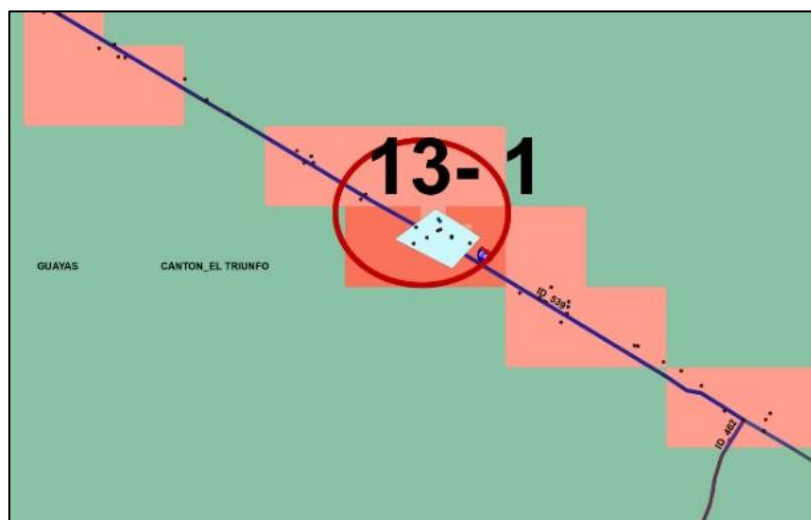


Figura 3.116 Punto negro definitivo en la preliminar 13.
Fuente: Torres, D., 2017.

Y finalmente para el décimo cuarto punto negro preliminar, en el cantón cercano a Guayaquil y Duran, se obtuvieron tres puntos negros definitivos tal como se muestra en la siguiente figura.

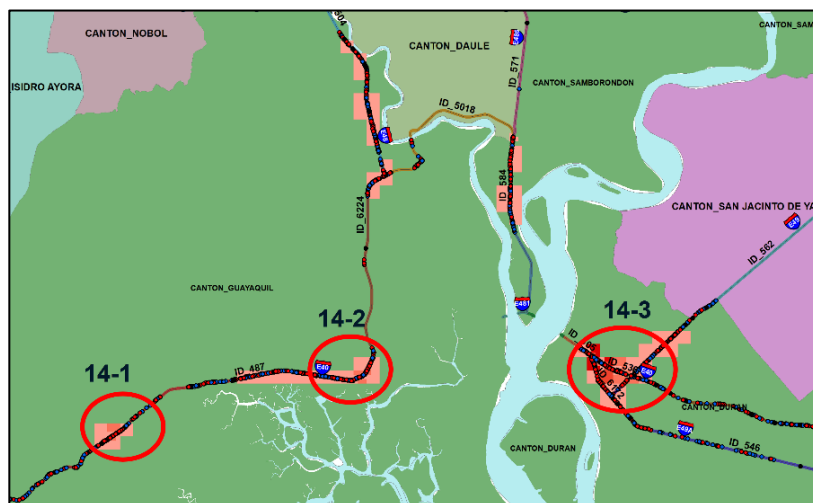


Figura 3.117 Puntos negros definitivos en la preliminar 14.
Fuente: Torres, D., 2017.

3.3.2. Paso 10: Priorización de siniestros contenidos en los puntos negros definitivos de acuerdo con su severidad

Para lograr extraer los datos de accidentes existentes en cada uno de los puntos negros definitivos, se usó nuevamente una selección por localidad, ingresando como dato fuente los accidentes integrados desde el 2012-2016 y como capa base cada uno de los polígonos pertenecientes a los puntos negros definitivos, en total se usaron como base 31 capas de tipo polígono.

Así entonces se pudo obtener el registro de siniestros en cada polígono creado para los puntos negros definitivos.

Una vez obtenidos los registros, se procedió a clasificar los mismos de acuerdo con su severidad, la severidad del accidente según los datos facilitados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas se desglosaron en Fatal, Grave y Leve.

Tabla XLII: Nivel de accidentalidad en puntos negros definitivos.

| ZONA PRELIMINAR | UNTO REGRO | SEVERIDAD 2012-2016 | | | | LONGITUD 3D (KM) | SEVERIDAD 2012-2016 | | | 3_2_1 PUNTO NEGRO | |
|--------------------|---------------|------------------------|-------|-----|-------|---------------------|---------------------|----------|---------|----------------------|--------|
| | | FATAL | GRAVE | VE | LEVE | | FATAL/KM | GRAVE/KM | LEVE/KM | N.A | N.A>15 |
| 8 | 3 | 1 | 6 | 9 | 0.031 | 32 | 194 | 291 | 775 | SÍ | |
| 8 | 8 | 0 | 10 | 3 | 0.040 | 0 | 251 | 75 | 577 | SÍ | |
| 8 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0.032 | 0 | 154 | 0 | 309 | SÍ | |
| 13 | 1 | 2 | 5 | 4 | 0.074 | 27 | 68 | 54 | 271 | SÍ | |
| 5 | 1 | 2 | 10 | 6 | 0.122 | 16 | 82 | 49 | 263 | SÍ | |
| 6 | 2 | 0 | 8 | 2 | 0.075 | 0 | 107 | 27 | 241 | SÍ | |
| 1 | 2 | 0 | 6 | 5 | 0.072 | 0 | 83 | 69 | 236 | SÍ | |
| 10 | 3 | 1 | 8 | 3 | 0.106 | 9 | 76 | 28 | 208 | SÍ | |
| 8 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0.111 | 18 | 54 | 27 | 190 | SÍ | |
| 2 | 1 | 1 | 15 | 10 | 0.235 | 4 | 64 | 43 | 183 | SÍ | |
| 8 | 7 | 0 | 10 | 6 | 0.146 | 0 | 69 | 41 | 178 | SÍ | |
| 4 | 2 | 1 | 14 | 20 | 0.292 | 3 | 48 | 69 | 175 | SÍ | |
| 6 | 1 | 1 | 7 | 3 | 0.115 | 9 | 61 | 26 | 174 | SÍ | |
| 8 | 6 | 0 | 6 | 6 | 0.103 | 0 | 58 | 58 | 174 | SÍ | |
| 8 | 1 | 2 | 3 | 2 | 0.082 | 25 | 37 | 25 | 172 | SÍ | |
| 9 | 1 | 0 | 6 | 9 | 0.122 | 0 | 49 | 73 | 171 | SÍ | |
| 4 | 1 | 3 | 12 | 7 | 0.245 | 12 | 49 | 29 | 163 | SÍ | |
| 10 | 1 | 1 | 5 | 5 | 0.113 | 9 | 44 | 44 | 159 | SÍ | |
| 8 | 2 | 0 | 15 | 5 | 0.223 | 0 | 67 | 22 | 157 | SÍ | |
| 7 | 2 | 0 | 9 | 3 | 0.136 | 0 | 66 | 22 | 155 | SÍ | |
| 10 | 2 | 1 | 5 | 3 | 0.131 | 8 | 38 | 23 | 123 | SÍ | |
| 14 | 1 | 4 | 42 | 15 | 0.959 | 4 | 44 | 16 | 116 | SÍ | |
| 14 | 3 | 15 | 107 | 112 | 3.270 | 5 | 33 | 34 | 113 | SÍ | |
| 11 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0.035 | 0 | 28 | 56 | 113 | SÍ | |
| 3 | 1 | 1 | 9 | 2 | 0.226 | 4 | 40 | 9 | 102 | SÍ | |
| 7 | 1 | 3 | 6 | 10 | 0.305 | 10 | 20 | 33 | 102 | SÍ | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | 9 | 0.266 | 4 | 26 | 34 | 98 | SÍ | |
| 14 | 2 | 4 | 27 | 28 | 0.975 | 4 | 28 | 29 | 96 | SÍ | |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0.084 | 12 | 12 | 24 | 84 | SÍ | |

| | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|-------|---|----|----|----|----|
| 12 | 1 | 0 | 6 | 3 | 0.209 | 0 | 29 | 14 | 72 | SÍ |
| 12 | 2 | 0 | 6 | 7 | 0.467 | 0 | 13 | 15 | 41 | SÍ |
| PROMEDIO | | | | | 0.303 | | | | | |

Fuente: Torres, D., 2017.

Se realizó una priorización de acuerdo con el criterio 1-2-3 establecido por la CONASET de Chile, este multiplica un número de accidentes equivalentes para obtener un nivel de accidentalidad y de acuerdo de acuerdo con eso verificar si cumple con ser o no un punto negro, para que un punto sea calificado como negro debe considerarse longitudes de vía no mayores a 300 metros y que la suma ponderada sea mayor a 15, entonces, con los resultados mostrados en la tabla anterior, se puede verificar que, en este caso, todas las 31 zonas de alta siniestralidad son consideradas puntos negros definitivos.

3.3.3. Paso 11: Extracción de los tramos de vías contenidos en los puntos negros definitivos.

Con el fin de obtener los tramos contenidos en los puntos negros definitivos y en capítulos posteriores, ubicar las actuaciones de seguridad vial con su respectivo costo, se usaron herramientas de geoprocesamiento del programa ArcGIS, para hacer la selección por localidad en cada una de las zonas previamente mencionadas.

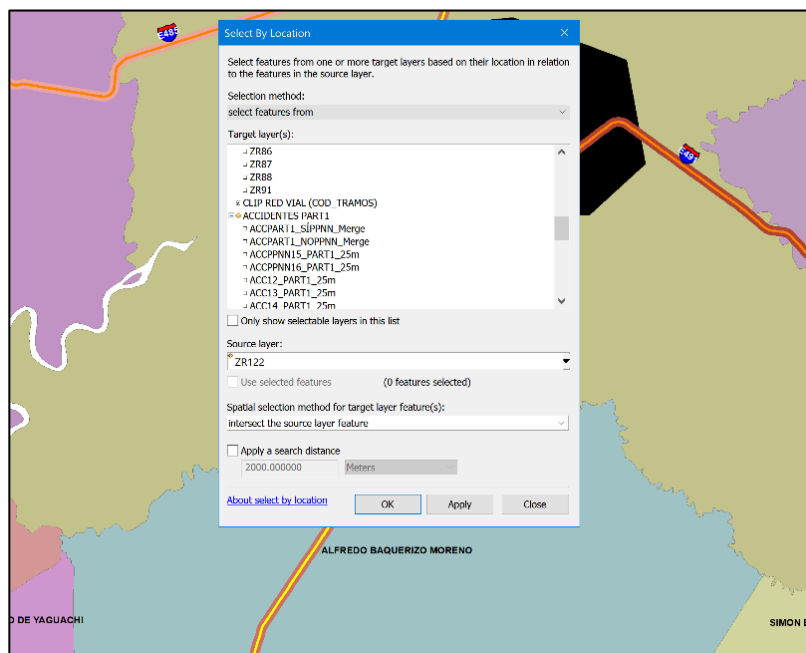


Figura 3.118 Selección por localidad para zonas de alta concentración de accidentes.

Fuente: Torres, D., 2017.

Se ingresó dato de función la de red vial de tramos- subtramos y se colocó como capa fuente las capas pertenecientes a los puntos negros definitivos tal como se detalla a continuación:

Tabla XLIII: Datos ingresados a la función Select by location.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--|---|---|
| Selection method | Elige el método de selección | Se usó "Select features from" |
| Target layers | Da una lista de las capas que contienen el dato a seleccionar | Se escogió la capa llamada CLIP RED VIAL (COD_TRAMOS) |
| Source layer | Se escoge la capa base donde se acota la selección | Se escogieron las capas tipo polígono creadas para identificar los puntos negros definitivos, en total se realizaron 31 selecciones |
| Spatial selection method for target layer features | Da a elegir el método de selección espacial, existen 15 métodos | Se usó la opción "Intersect the source layer feature" |
| Apply a search distance | Indica una distancia de búsqueda de selección | No se habilitó la opción |

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez realizadas las 31 identificaciones de tramos de vías, se hizo un registro para cada selección contenidos en los puntos negros mencionados previamente, los registros se los presenta a continuación:

Tabla XLIV: Tramos y subtramos contenidos en los puntos negros definitivos.

| Punto negro preliminar | Punto negro definitivo | Código de vía | Tramo | Subtramos |
|------------------------|------------------------|---------------|---|---|
| | 1 | E40 | Salinas - Libertad - Santa Elena | La Libertad - La Libertad/Plaza La Libertad |
| 1 | 2 | E40 | Salinas - Libertad - Santa Elena | La Libertad - La Libertad/Plaza La Libertad |
| | 2 | E40 | Salinas - Libertad - Santa Elena | La Libertad/Plaza La Libertad - Santa Elena (Final By Pass) |
| 2 | 1 | E489 | Playas - Posorja | General Villamil (Playas) - Posorja |
| 3 | 1 | E482 | Límite Provincial Manabí/Guayas (La Cadena) - Narcisca de Jesús (Nobol) | Pedro Carbo - Sabanilla |

| Punto negro preliminar | Punto negro definitivo | Código de vía | Tramo | Subtramos |
|------------------------|------------------------|---------------|--|---|
| 4 | 1 | E40 | Vía a Daule/Loop Nor Occidental - Perimetral de Guayaquil (Vía a Daule/La Aurora/Loop Norte y Loop Oriental)/La Puntilla | Ingreso de Perimetral a Vía Guayaquil/Daule - Perimetral de Guayaquil (Vía a La Costa/Vía a Daule/Loop Noroccidental) |
| | 2 | E40 | Vía a Daule/Loop Nor Occidental - Perimetral De Guayaquil (Vía a Daule/La Aurora/Loop Norte y Loop Oriental)/La Puntilla | Ingreso de Perimetral a Vía Guayaquil/Daule - Perimetral de Guayaquil (Vía A La Costa/Vía a Daule/Loop Noroccidental) |
| | | E48 | El Empalme - Narcisa de Jesús (Nobol) - Pascuales | Entronque Vía Palestina/Salitre - Entrada a Daule |
| 5 | 1 | E48 | El Empalme - Narcisa de Jesús (Nobol) - Pascuales | Salida de Daule - Entronque Vía Palestina/Salitre |
| | | E485 | Salitre - Daule | Entronque Vía A Laurel - Daule |
| | 1 | E25 | Naranjal - Entrada Esperanza - Límite Provincial Guayas/Azuay | Naranjal - San Carlos |
| 6 | 2 | E25 | Naranjal - Entrada Esperanza - Límite Provincial Guayas/Azuay | Naranjal - San Carlos |
| | | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | Intersección Milagro - Intersección Boliche/Babahoyo |
| 7 | 1 | E25/E40 | Boliche - Redondel (Guayaquil, Milagro, Machala) (Km. 27) - Taura - Puerto Inca - Entronque Vía Naranjal | Intersección Boliche/Babahoyo - Redondel a (Guayaquil/Milagro/Machala)/ (Km 27) |
| | | E49A | Intersección De Virgen De Fátima (Km. 26) - Boliche | Intersección De Virgen De Fátima (Km. 26) - Intersección Boliche/Babahoyo |

| Punto negro preliminar | Punto negro definitivo | Código de vía | Tramo | Subtramos |
|------------------------|------------------------|---------------|---|--|
| | | E40 | Durán (Puente Rma) - Boliche | Intersección (Durán/Boliche/Tambo)/Intersección (Durán/Boliche/Yaguachi) - Intersección Boliche/Babahoyo |
| | | E49A | Intersección de Virgen de Fátima (Km. 26) - Boliche | Intersección de Virgen de Fátima (Km. 26) - Intersección Boliche/Babahoyo |
| | 2 | E49A | Durán/Redondel (Guayaquil/Milagro/Machala)/(Km. 27) - Virgen de Fátima (Km. 26) | Intersección de Virgen de Fátima (Km. 26) - Redondel A (Guayaquil/Milagro/Machala)/(Km 27) |
| | | E49A | Durán/Redondel (Guayaquil/Milagro/Machala)/(Km. 27) - Virgen De Fátima (Km. 26) | T de Taura - Intersección de Virgen De Fátima (Km. 26) |
| | 1 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | Intersección Milagro - Intersección Boliche/Babahoyo |
| | 2 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | Intersección Milagro - Intersección Boliche/Babahoyo |
| | 3 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | Intersección Milagro - Intersección Boliche/Babahoyo |
| 8 | | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | Intersección Milagro - Intersección Boliche/Babahoyo |
| | 4 | E488 | Milagro - Naranjito | Intersección Milagro - Naranjito |
| | | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | T de Milagro - Intersección Milagro |
| | 5 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | T de Milagro - Intersección Milagro |

| Punto negro preliminar | Punto negro definitivo | Código de vía | Tramo | Subtramos |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|
| | 6 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | T de Milagro - Intersección Milagro |
| | 7 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | T de Milagro - Intersección Milagro |
| | 8 | E488 | Milagro - Naranjito | Intersección Milagro - Naranjito |
| | | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | T de Milagro - Intersección Milagro |
| 9 | 1 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | 3 Postes - T De Milagro |
| | | E49 | Empate E25 - Yaguachi - Durán | T de Milagro - Yaguachi |
| | 1 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | Límite Provincial Guayas/Los Ríos (Jujan) - 3 Postes |
| 10 | 2 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T De Milagro - Milagro - Boliche | Límite Provincial Guayas/Los Ríos (Jujan) - 3 Postes |
| | 3 | E25 | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | Límite Provincial Guayas/Los Ríos (Jujan) - 3 Postes |
| | 1 | E491 | Límite Provincial Bolívar/Los Ríos (El Limón) - Montalvo - Babahoyo | Palmar/A Beldaco - Babahoyo |
| 11 | 2 | E491 | Límite Provincial Bolívar/Los Ríos (El Limón) - Montalvo - Babahoyo | Palmar/A Beldaco - Babahoyo |

| Punto negro preliminar | Punto negro definitivo | Código de vía | Tramo | Subtramos |
|------------------------|------------------------|---------------|--|---|
| | | E25 | Límite Provincial Santo Domingo de Los Tsáchilas/Los Ríos (Patricia Pilar) - Quevedo | Buena Fe - Universidad De Quevedo |
| | 1 | | | |
| 12 | | E25 | Límite Provincial Santo Domingo de Los Tsáchilas/Los Ríos (Patricia Pilar) - Quevedo | Universidad de Quevedo - Quevedo |
| | 2 | E25 | Límite Provincial Santo Domingo de Los Tsáchilas/Los Ríos (Patricia Pilar) - Quevedo | Universidad de Quevedo - Quevedo |
| | | E30A | Variante Quevedo | Variante Quevedo |
| 13 | 1 | E40 | Boliche - Redondel (Guayaquil, Milagro, Machala) (Km. 27) - El Triunfo (Manuel J. Calle) | Intersección Vía a Naranjito - El Triunfo |
| | 1 | E40 | Progreso - Guayaquil (Intercambiador Vía a la Costa) | Y A Playas/Salinas - Guayaquil (Intersección Perimetral/Vía La Costa) |
| | 2 | E40 | Guayaquil (Intercambiador Vía A La Costa) - Vía A Daule/Loop Nor Occidental | Guayaquil (Intersección Perimetral/Vía La Costa) - Ingreso de Perimetral a Vía Guayaquil/Daule |
| 14 | | E40 | Durán (Puente Rma) - Boliche | Durán - Intersección Autopista Durán/Boliche, y Babahoyo Durán |
| | 3 | E40 | Durán (Puente Rma) - Boliche | Intersección Autopista Durán/Boliche, y Babahoyo Durán - Intersección (Durán/Boliche/Tambo)/Intersección (Durán/Boliche/Yaguachi) |
| | | E49A | Durán/Redondel (Guayaquil/Milagro/Machala)/(Km. 27) - Virgen de Fátima (Km. 26) | Intersección Autopista Durán/Boliche, y Babahoyo Durán - T de Brisas |

Fuente: Torres, D., 2017.

3.3.4. Paso 12: Obtención de listas de mejoras a partir de los tramos contenidos en los puntos negros definitivos

Una vez identificados los tramos de red vial con su respectivo código y nombre, se procedió a identificar las listas de mejoras de acuerdo con el nombre y código de carretera, esto se hizo debido a que cada una de las actuaciones o soluciones proporcionadas por la auditoría de seguridad vial fueron dadas en función del código y nombre del tramo escogido dentro de los puntos negros definitivos.

Tabla XLV: Listas de mejoras de acuerdo con códigos de vías.

| Código de Carretera | Nombre del Tramo | Identificación de Lista de Mejora |
|---------------------|---|-----------------------------------|
| | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T de Milagro - Milagro - Boliche | G01 |
| E25 | Boliche - Redondel (Guayaquil, Milagro, Machala) (Km. 27) - Taura - Puerto Inca - Entronque Vía Naranjal | G02 |
| | Naranjal - Entrada Esperanza - Límite Provincial Guayas/Azuay | G03 |
| E30A | Límite Provincial Santo Domingo de Los Tsáchilas/Los Ríos (Patricia Pilar) - Quevedo Variante De Quevedo | R01 R06 |
| E40 | Vía A Daule/Loop Nor Occidental - Perimetral de Guayaquil (Vía a | G08 |

| | | |
|------|--|-----|
| | Daule/La Aurora/Loop Norte y Loop Oriental)/La Puntilla | |
| | Durán (Puente Rma) - Boliche | G10 |
| | Boliche - Redondel (Guayaquil, Milagro, Machala) (Km. 27) - El Triunfo (Manuel J. Calle) | G11 |
| | Salinas - Libertad - Santa Elena | S01 |
| | Guayaquil (Intercambiador Vía a La Costa) - Vía a Daule/Loop Nor Occidental | G07 |
| E48 | El Empalme - Narcisa De Jesús (Nobol) - Pascuales | G13 |
| E49 | Empalme E25 - Yaguachi - Durán | G14 |
| E482 | Límite Provincial Manabí/Guayas (La Cadena) - Narcisa de Jesús (Nobol) | G18 |
| E485 | Salitre-Daule | G20 |
| E488 | Milagro-Naranjito | G24 |
| E489 | Playas-Posorja | G28 |
| E491 | Límite Provincial Bolívar/Los Ríos (El Limón) - Montalvo - Babahoyo | R11 |

Fuente: Torres, D., 2017.

3.3.5. Paso 13: Identificación de las actuaciones y costos de inversión para los puntos negros definitivos

Entonces teniendo identificadas las listas de mejoras en formato pdf para cada tramo obtenido del geoprocesamiento, se procedió a convertir los archivos hacia formato xls, esto con el fin de poder cargar las listas de mejoras al espacio de trabajo del programa ArcGIS y con eso poder visualizar que tipos de actuaciones caen

en los polígonos que fueron identificados como puntos negros definitivos.

Una vez realizadas las conversiones y antes de cargar las listas de mejoras al programa, se cuantificó el costo de inversión que requiere toda la red vial de la regional 5, en la siguiente tabla se presenta el costo por cada lista de mejora.

Tabla XLVI: Costo de inversión de las listas de mejoras para toda la regional 5.

| Código De Carretera | Nombre Del Tramo | Identificación De Lista De Mejora | Costo De Inversión |
|----------------------------|--|--|---------------------------|
| | Límite Provincial Los Ríos/Guayas (Jujan) - T De Milagro - Milagro - Boliche | G01 | \$ 7,325,759 |
| | Boliche - Redondel (Guayaquil, Milagro, Machala) (Km. 27) - Taura | G02 | |
| E25 | - Puerto Inca - Entronque Vía Naranjal | | \$ 2,765,565 |
| | Naranjal - Entrada Esperanza - Límite Provincial Guayas/Azuay | G03 | \$ 6,082,554 |
| | Límite Provincial Santo Domingo De Los Tsáchilas/Los Ríos (Patricia Pilar) - Quevedo | R01 | \$ 5,225,449 |
| E30a | Variante De Quevedo | R06 | \$ 1,266,172 |
| | Vía A Daule/Loop Nor Occidental - Perimetral De Guayaquil (Vía A Daule/La Aurora/Loop Norte Y Loop | G08 | |
| E40 | Oriental)/La Puntilla Durán (Puente Rma) - Boliche | G10 | \$ 3,088,273 |
| | Boliche - Redondel (Guayaquil, Milagro, | G11 | \$ 2,122,033 |
| | | | \$ 5,005,507 |

| | | | |
|-------------|---|-----|-----------------------|
| | Machala) (Km. 27) - El Triunfo (Manuel J. Calle) | | |
| | Salinas - Libertad - Santa Elena | S01 | \$ 5,179,326 |
| | Guayaquil (Intercambiador Vía A La Costa) - Vía A Daule/Loop Nor Occidental | G07 | \$ 5,972,303 |
| E48 | El Empalme - Narcisca De Jesús (Nobol) - Pascuales | G13 | \$ 30,476,617 |
| E49 | Empalme E25 - Yaguachi - Durán | G14 | \$ 9,352,396 |
| E482 | Límite Provincial Manabí/Guayas (La Cadena) - Narcisca De Jesús (Nobol) | G18 | \$ 4,127,128 |
| E485 | Salitre-Daule | G20 | \$ 3,642,622 |
| E488 | Milagro-Naranjito | G24 | \$ 3,585,067 |
| E489 | Playas-Posorja | G28 | \$ 2,166,008 |
| E491 | Límite Provincial Bolívar/Los Ríos (El Limón) - Montalvo - Babahoyo | R11 | \$ 8,907,164 |
| | Costo Total En Regional 5 | | \$ 106,289,943 |

Fuente: Torres, D., 2017.

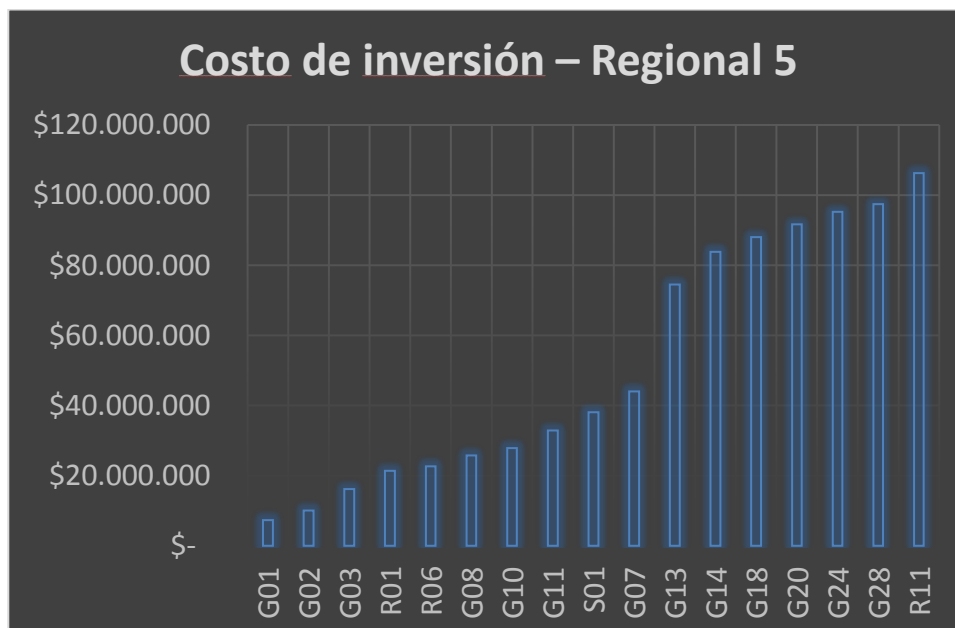


Figura 3.119 Costos de inversión para toda la regional 5.

Fuente: Torres, D., 2017.

Luego de conocer el costo que requiere toda la red vial de la regional 5, se importaron los datos de las listas de mejoras hacia el programa ArcGIS, para conseguirlo cada lista de mejora en formato xls se transformó en una capa shapefile de tipo punto.

A continuación, se presenta lo descrito anteriormente.

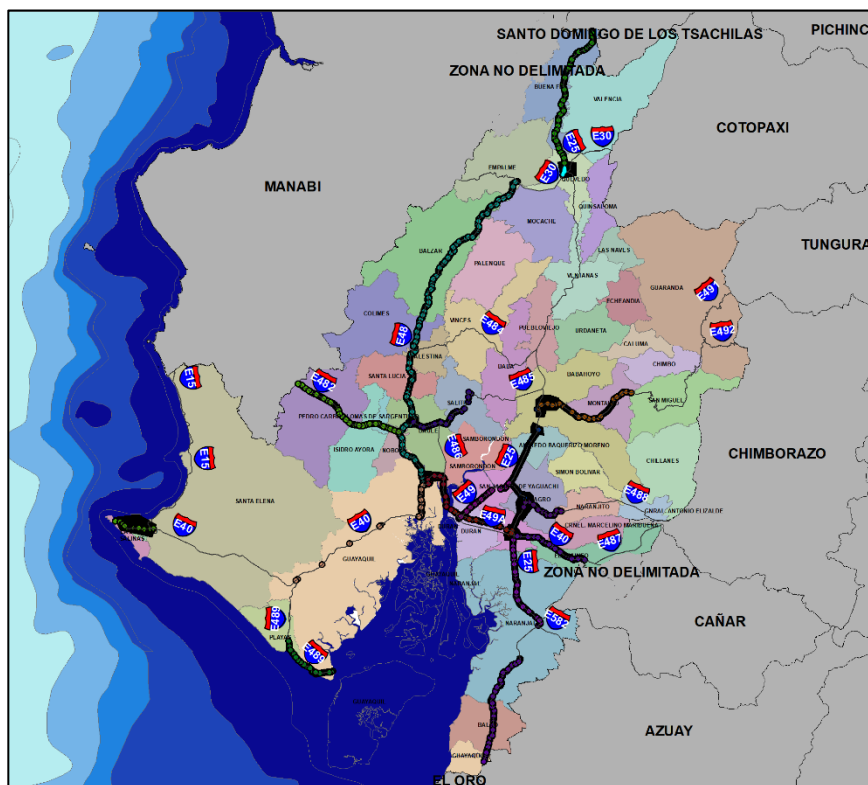


Figura 3.120 Actuaciones contenidas en las vías seleccionadas para los puntos negros definitivos.

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez cargadas las soluciones al espacio de trabajo del programa, se procedió a extraer por medio de una selección por localidad las soluciones existentes en cada punto negro definitivo, cabe mencionar que cada punto solución tiene incluido su costo respectivo.

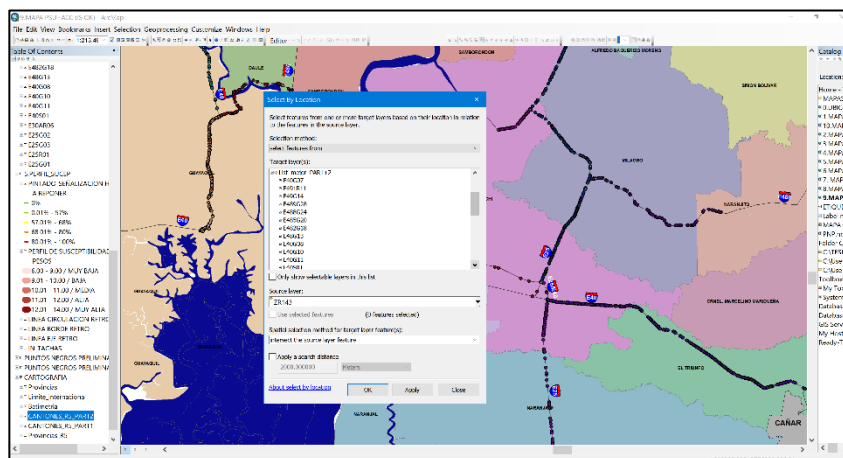


Figura 3.121 Aplicación de “selección por localidad” para la selección de listas de mejoras.

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XLVII: Valores usados en la función Select by location.

| Campo | Descripción | Valores Ingresados |
|--|---|---|
| Selection method | Elige el método de selección | Se usó “Select features from” |
| Target layers | Da una lista de las capas que contienen el dato a seleccionar | Se escogieron las listas de mejoras transformadas a capas tipo punto |
| Source layer | Se escoge la capa base donde se acota la selección | Se escogieron las capas tipo polígono creadas para identificar los puntos negros definitivos, en total se realizaron 17 selecciones |
| Spatial selection method for target layer features | Da a elegir el método de selección espacial, existen 15 métodos | Se usó la opción “Intersect the source layer feature” |
| Apply a search distance | Indica una distancia de búsqueda de selección | No se habilitó la opción |

Fuente: Torres, D., 2017.

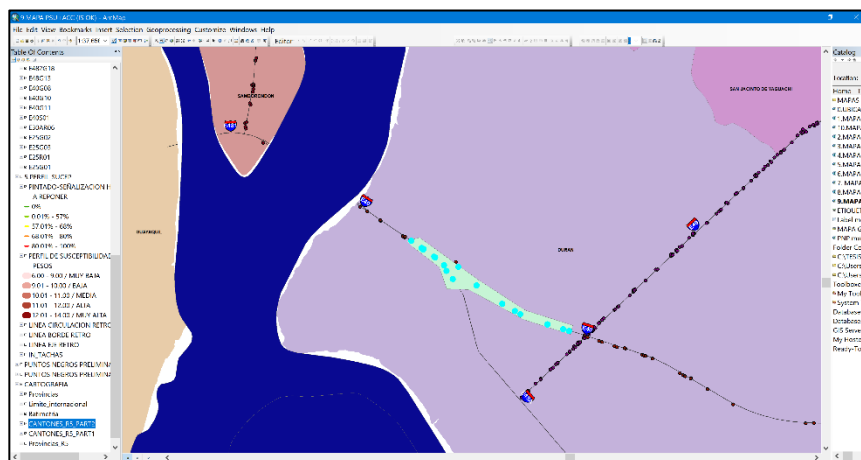


Figura 3.122 Aplicación de “selección por localidad” para la selección de listas de mejoras.

Fuente: Torres, D., 2017.

Una vez escogidas las actuaciones en cada punto negro definitivo, estas fueron organizadas de manera cuidadosa y a continuación se las presenta en la siguiente tabla:

Tabla XLVIII: Actuaciones para todos los puntos negros definitivos.

| ZONA PRELIMINAR | PUNTO NEGRO | ACTUACIÓN | COSTE |
|-----------------|-------------|--|--------------|
| 8 | 3 | Pavimentación de acceso | \$ 2,625.00 |
| 8 | 3 | Pintado de paso de peatones | \$ 28.00 |
| 8 | 8 | Implantación o mejora de marcas viales y señalización vertical | \$ 68,000.00 |
| 8 | 8 | Pintado de paso de peatones | \$ 28.00 |
| 8 | 5 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 13 | 1 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 5 | 1 | Tratamiento del tránsito peatonal (aceras y pasos de peatones) | \$ 3,579.60 |
| 5 | 1 | Instalación de paso de peatones sobre elevado | \$ 63,893.00 |
| 6 | 2 | Instalación de señales para la transición de trazado | \$ 706.92 |
| 1 | 2 | Repintado de marcas viales | \$ 5,908.49 |
| 1 | 2 | Instalación de señal de "Límite máximo de velocidad" | \$ 260.00 |
| 10 | 3 | Repintado de marcas viales | \$ 280.00 |

| | | | |
|----|---|--|---------------|
| 10 | 3 | Pintado de paso de peatones | \$ 28.00 |
| 10 | 3 | Implantación o mejora de marcas viales y señalización vertical | \$ 68,000.00 |
| 10 | 3 | Construcción de carriles diferenciados para cada movimiento | \$ 300,000.00 |
| 10 | 3 | Repintado de marcas viales | \$ 280.00 |
| 8 | 4 | Control de velocidad en travesías y tratamiento del tránsito peatonal | \$ 1,336.93 |
| 8 | 4 | Tratamiento del tránsito peatonal (aceras y pasos de peatones) | \$ 2,386.40 |
| 2 | 1 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 8 | 7 | Construcción de carriles diferenciados para cada movimiento | \$ 300,000.00 |
| 8 | 7 | Implantación o mejora de marcas viales y señalización vertical | \$ 68,000.00 |
| 8 | 7 | Pintado de paso de peatones | \$ 28.00 |
| 4 | 2 | Instalar barrera de hormigón a doble cara | \$ 124,625.64 |
| 6 | 1 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 8 | 6 | Pintado de paso de peatones | \$ 28.00 |
| 8 | 6 | Repintado de marcas viales | \$ 280.00 |
| 8 | 6 | Construcción de carriles diferenciados para cada movimiento | \$ 300,000.00 |
| 8 | 6 | Implantación o mejora de marcas viales y señalización vertical | \$ 68,000.00 |
| 8 | 1 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 9 | 1 | Señalización y balizamiento de obras de acuerdo con el INEN | \$ 6,308.84 |
| 4 | 1 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 10 | 1 | Instalación de señal de "Peatones en la vía" | \$ 115.00 |
| 8 | 2 | Pintado de paso de peatones | \$ 14.00 |
| 8 | 2 | Pintado de paso de peatones | \$ 14.00 |
| 7 | 2 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 10 | 2 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 10 | 2 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 10 | 2 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 10 | 2 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 10 | 2 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 10 | 2 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 14 | 1 | NO HAY SOLUCIONES CONTENIDAS DEBIDO A QUE NO SE TIENE UNA LISTA DE MEJORA PARA DICHA SECCIÓN | \$ - |
| 14 | 3 | Adecuación de transición entre barandal y barrera | \$ 100.00 |
| 14 | 3 | Instalación de señal de "Límite máximo de velocidad" | \$ 130.00 |
| 14 | 3 | Repintado de marcas viales | \$ 280.00 |

| | | | |
|----|---|--|---------------|
| 14 | 3 | Instalación de señal de "Peatones en la vía" | \$ 115.00 |
| 14 | 3 | Instalación de señal de "Incorporación" | \$ 115.00 |
| 14 | 3 | Repintado de marcas viales | \$ 14.00 |
| 14 | 3 | Instalación de señal de "Peatones en la vía" | \$ 115.00 |
| 14 | 3 | Instalación de señales para la transición de trazado | \$ 706.92 |
| 14 | 3 | Instalación de señal de "Parada de bus" | \$ 80.00 |
| 14 | 3 | Construcción de aceras y pintado de pasos de peatones | \$ 6,969.00 |
| 14 | 3 | Sustitución de cartel de preaviso de destinos | \$ 1,800.00 |
| 14 | 3 | Construcción de carriles diferenciados para cada movimiento | \$ 300,000.00 |
| 14 | 3 | Instalar barrera metálica doble | \$ 5,771.42 |
| 14 | 3 | Instalar barrera metálica doble | \$ 3,785.02 |
| 14 | 3 | Instalar barrera metálica doble | \$ 8,601.95 |
| 14 | 3 | Reconstrucción de pavimento | \$ 157,419.57 |
| 14 | 3 | Pavimentado de espaldón | \$ 61,400.52 |
| 14 | 3 | Repintado de marcas viales | \$ 1,764.34 |
| 11 | 2 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 3 | 1 | Construcción de carriles diferenciados para cada movimiento | \$ 300,000.00 |
| 7 | 1 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 7 | 1 | Pintado de ceda el paso | \$ 21.00 |
| 7 | 1 | Instalar barrera metálica doble | \$ 6,059.57 |
| 7 | 1 | Instalación de paso de peatones sobre elevado | \$ 63,893.00 |
| 7 | 1 | Instalación de señal de "Límite máximo de velocidad" | \$ 130.00 |
| 7 | 1 | Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ 335.00 |
| 7 | 1 | Tratamiento del tránsito peatonal (aceras y pasos de peatones) | \$ 3,579.60 |
| 1 | 1 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 14 | 2 | Instalación de señal de "Parada de bus" | \$ 80.00 |
| 14 | 2 | Prolongar barrera metálica | \$ 2,464.00 |
| 14 | 2 | Instalación de señal de "Parada de bus" | \$ 80.00 |
| 14 | 2 | Instalar barrera metálica | \$ 4,480.00 |
| 14 | 2 | Instalación de señal de "Parada de bus" | \$ 80.00 |
| 14 | 2 | Saneo y reconstrucción localizada del firme | \$ 7,605.00 |
| 14 | 2 | Instalar barrera metálica doble | \$ 67,818.99 |
| 14 | 2 | Instalar barrera de hormigón | \$ 2,289.61 |
| 14 | 2 | Instalar barrera metálica doble | \$ 123,363.56 |

| | | | |
|--------------------|---|---|-----------------|
| 14 | 2 | Instalar barrera metálica doble | \$ 13,560.05 |
| 14 | 2 | Instalar barrera metálica simple | \$ 16,348.03 |
| 14 | 2 | Pavimentado de espaldón | \$ 64,853.83 |
| 14 | 2 | Pavimentado de espaldón | \$ 6,921.60 |
| 14 | 2 | Eliminación de cambios de desnivel entre el carril y el espaldón | \$ 20,860.48 |
| 11 | 1 | NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ - |
| 12 | 1 | Instalación de paso de peatones sobre elevado | \$ 63,893.00 |
| 12 | 1 | Nuevo diseño de señalización en aproximación a redondel (según RTE. INEN 004) | \$ 14,000.00 |
| 12 | 2 | Instalación de señal de "Peatones en la vía" | \$ 115.00 |
| 12 | 2 | Instalación de señal de "Peatones en la vía" | \$ 115.00 |
| 12 | 2 | Repintado de marcas viales | \$ 93,922.99 |
| 12 | 2 | Construcción de carriles diferenciados para cada movimiento | \$ 300,000.00 |
| | | | \$ 0 |
| COSTO DE INVERSIÓN | | | \$ 3,113,135.87 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tabla XLIX: Costos de solución para todos los puntos negros definitivos.

| Zona/Punto Negro | Costo |
|------------------|------------|
| 14/3 | \$ 549,168 |
| 12/2 | \$ 394,153 |
| 10/3 | \$ 368,588 |
| 8/6 | \$ 368,308 |
| 8/7 | \$ 368,028 |
| 14/2 | \$ 330,805 |
| 3/1 | \$ 300,000 |
| 4/2 | \$ 124,626 |
| 12/1 | \$ 77,893 |
| 7/1 | \$ 74,353 |
| 8/8 | \$ 68,028 |
| 5/1 | \$ 67,473 |
| 9/1 | \$ 6,309 |
| 1/2 | \$ 6,168 |
| 8/4 | \$ 3,723 |

| | | |
|------|----|-----------|
| 8/3 | \$ | 2,653 |
| 10/2 | \$ | 2,010 |
| 6/2 | \$ | 707 |
| 10/1 | \$ | 115 |
| 8/2 | \$ | 28 |
| 1/1 | | - |
| 2/1 | | - |
| 4/1 | | - |
| 6/1 | | - |
| 7/2 | | - |
| 8/1 | | - |
| 8/5 | | - |
| 11/1 | | - |
| 11/2 | | - |
| 13/1 | | - |
| 14/1 | | - |
| | \$ | 3,113,136 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Obtenidos los costos puntuales para cada punto negro definitivo, se suman los costos para cada uno, y se obtienen los costos para las zonas de mayor densidad de accidentes, las cuales son:

Tabla L: Costos de solución para todos los puntos negros preliminares.

| Zona Preliminar | Costo |
|-----------------|------------|
| 14 | \$ 879,973 |
| 8 | \$ 810,768 |
| 12 | \$ 472,046 |
| 10 | \$ 370,713 |
| 3 | \$ 300,000 |
| 4 | \$ 124,626 |
| 7 | \$ 74,353 |
| 5 | \$ 67,473 |
| 9 | \$ 6,309 |
| 1 | \$ 6,168 |
| 6 | \$ 707 |

| | | |
|----|----|---------------------|
| 2 | \$ | - |
| 11 | \$ | - |
| 13 | \$ | - |
| | \$ | 3,113,135.87 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tal como se observa en los resultados, el costo de inversión necesario para los puntos negros es de \$ 3,113,135.87 y el costo total para todas las actuaciones en la red vial de la regional 5 es de \$ 106,289,943, por lo tanto, el costo de inversión para las zonas de mayor siniestralidad en aproximadamente 1 km² representa tan solo el 3% del costo total requerido en toda la regional mencionada.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez completado el análisis definitivo y obtenido los resultados, se presenta un mapa de información para el análisis de resultados

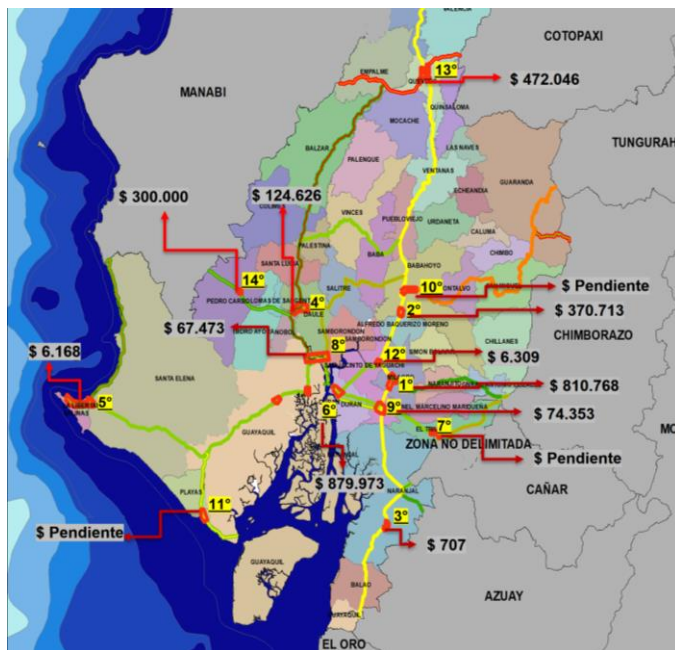


Figura 4.1 Priorización de los puntos negros obtenidos en la regional 5.
Fuente: Torres, D., 2017.

Haciendo un análisis detallado para los resultados de la regional 5, se presentan las siguientes observaciones:

1. De acuerdo con la figura 4.1 se puede observar que el punto negro con mayor nivel de accidentalidad es de la zona preliminar número 8, aplicando los criterios de priorización de la CONASET de Chile se encontró que 3 puntos de los 31 obtenidos en toda la regional 5 tienen el máximo nivel de accidentalidad.

Los tramos y subtramos para el punto negro más crítico de todos los 31 obtenidos son:

- TRAMO:

E25: LÍMITE PROVINCIAL LOS RÍOS/GUAYAS

(JUJAN) - T DE MILAGRO - MILAGRO - BOLICHE

- SUBTRAMO:

INTERSECCIÓN MILAGRO – INTERSECCIÓN
BOLICHE/BABAHOYO



Figura 4.2 Vista en planta de la zona de mayor prioridad en Milagro E25.

Fuente: Torres, D., 2017.



Figura 4.3 Vista en 3D de la zona de mayor prioridad en Milagro E25.

Fuente: Torres, D., 2017.

2. Las actuaciones para solucionar problemas de infraestructura vial en los 31 puntos negros definitivos fueron:

Tabla LI: Costos de las actuaciones contenidas en los puntos negros definitivos.

| Actuación | Costo |
|---|-----------------|
| Adecuación de transición entre barandal y barrera | \$ 100.00 |
| Construcción de aceras y pintado de pasos de peatones | \$ 6,969.00 |
| Construcción de carriles diferenciados para cada movimiento | \$ 1,800,000.00 |
| Control de velocidad en travesías y tratamiento del tránsito peatonal | \$ 1,336.93 |
| Eliminación de cambios de desnivel entre el carril y el espaldón | \$ 20,860.48 |
| Implantación o mejora de marcas viales y señalización vertical | \$ 272,000.00 |
| Instalación de paso de peatones sobre elevado | \$ 191,679.00 |
| Instalación de señal de "Incorporación" | \$ 115.00 |

| | | |
|---|----|------------|
| Instalación de señal de "Límite máximo de velocidad" | \$ | 520.00 |
| Instalación de señal de "Parada de bus" | \$ | 320.00 |
| Instalación de señal de "Peatones en la vía" | \$ | 575.00 |
| Instalación de señales para la transición de trazado | \$ | 1,413.84 |
| Instalación de terminales a tierra de barrera metálica | \$ | 2,680.00 |
| Instalar barrera de hormigón | \$ | 2,289.61 |
| Instalar barrera de hormigón a doble cara | \$ | 124,625.64 |
| Instalar barrera metálica | \$ | 4,480.00 |
| Instalar barrera metálica doble | \$ | 228,960.56 |
| Instalar barrera metálica simple | \$ | 16,348.03 |
| NINGUNA SOLUCIÓN ESTUVO CONTENIDA EN EL DEL POLÍGONO | \$ | - |
| Nuevo diseño de señalización en aproximación a redondel (según RTE. INEN 004) | \$ | 14,000.00 |
| Pavimentación de acceso | \$ | 2,625.00 |
| Pavimentado de espaldón | \$ | 133,175.95 |
| Pintado de ceda el paso | \$ | 21.00 |
| Pintado de paso de peatones | \$ | 168.00 |
| Prolongar barrera metálica | \$ | 2,464.00 |
| Reconstrucción de pavimento | \$ | 157,419.57 |
| Repintado de marcas viales | \$ | 102,729.82 |
| Saneo y reconstrucción localizada del firme | \$ | 7,605.00 |
| Señalización y balizamiento de obras de acuerdo con el INEN | \$ | 6,308.84 |
| Sustitución de cartel de preaviso de destinos | \$ | 1,800.00 |
| Tratamiento del tránsito peatonal (aceras y pasos de peatones) | \$ | 9,545.60 |

Fuente: Torres, D., 2017.

Estas actuaciones ofrecieron un costo de \$ 3,113,136 de un total de \$ 106,289,943 requeridos para solucionar los problemas de infraestructura y señalización vial en toda la red vial de la regional 5.

3. Los puntos negros definitivos sin soluciones de infraestructura vial:
De la tabla LII se observa que en los puntos negros definitivos

1/1,2/1,4/1,6/1,7/2,8/1,8/5,11/1,11/2,13/1,14/1 no se tienen actuaciones por parte de la auditoria de seguridad vial, pero analizando la severidad de los mismos se identificó lo siguiente:

Tabla LII: Puntos negros sin actuaciones por parte de la ASV.

| Punto negro definitivo | Zona preliminar | Severidad del accidente | | | TOTAL | Porcentaje del total de siniestros en la regional 5 |
|------------------------|-----------------|-------------------------|-------|------|-------|---|
| | | Fatal | Grave | Leve | | |
| 1 | 1 | 1 | 7 | 9 | 17 | 2% |
| 2 | 1 | 1 | 15 | 10 | 26 | 4% |
| 4 | 1 | 3 | 12 | 7 | 22 | 3% |
| 6 | 1 | 1 | 7 | 3 | 11 | 1% |
| 7 | 2 | 0 | 9 | 3 | 12 | 2% |
| 8 | 1 | 2 | 3 | 2 | 7 | 1% |
| 8 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 1% |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1% |
| 11 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0% |
| 13 | 1 | 2 | 5 | 4 | 11 | 1% |
| 14 | 1 | 4 | 42 | 15 | 61 | 8% |

Fuente: Torres, D., 2017.

Tal como se puede verificar en la tabla, la mayoría de puntos que no presentan actuaciones tienen entre un promedio de 2% con respecto al total de 734 accidentes registrados en todos los puntos negros de la regional 5, esto indica que, existe una muy alta desviación en la muestra de puntos definitivos que no tienen actuación por infraestructura vial, el punto 1 de la zona 14 presenta 8% y este sobresale ante el resto de los que se presentan en la tabla LV.

- Se observa que el punto 2 de la zona 11, con 3 accidentes es indiferente en comparación con el total de 734 registros registrados desde el 2012 al 2016, pero a pesar de presentar casi 0% con

respecto al total, este no se puede descartar del análisis debido a que existe una alta desviación en la muestra.

5. De acuerdo con el presupuesto que maneja el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para la reparación de vías y problemáticas de seguridad vial, el costo de solución que se obtuvo como resultado dio certeza a la hipótesis inicialmente planteada.
6. Se puede observar según las figuras del paso 9.1 que no todos los siniestros se originan en intersecciones, a continuación, los siguientes ejemplos:

Para la zona 14, absolutamente todos los puntos negros se dan en carretera y estas a su vez no presentan malas condiciones topográficas, otro caso es la zona 8 que su orden de prioridad por severidad es la máxima, se verifica que 7 de los 8 puntos negros contenidos en la misma son en carretera lineal, para la zona 4 que ocupa el cuarto puesto en el orden de priorización antes analizado se observa que todos los puntos negros contenidos en el mismo no son en grandes intersecciones.

Haciendo una cuantificación según las figuras antes mencionadas, se obtuvo que de todos los 31 puntos negros 13 se originan en intersecciones urbanas-rurales, 13 en carretera lineal, uno en Y de

carretera lineal y 4 en redondeles grandes. Por lo que también se puede dar certeza a la hipótesis planteada a inicios de este trabajo.

7. Como antes se mencionó, el punto negro de mayor prioridad es el 3 de la zona 8, haciendo un enfoque para dicha zona, las vías Troncal de la Costa y Milagro-Bucay están contenidas en el top ten de vías con mayores accidentes por kilómetro con valores de 9 y 6 accidentes/kilómetro respectivamente registrados desde el 2012 al 2016. Así mismo se menciona que la vía Duran Km27 y T Milagro-Duran son las dos que tienen el más alto índice de accidentes por km y estas a su vez están contenidas entre las diez priorizaciones más críticas con sexta y novena posición.
8. A pesar de que el punto 3 de la zona 8 es el más crítico, según el perfil de susceptibilidad dicho punto presenta un nivel entre medio y bajo riesgo hacia accidentes de tránsito, esto nos indica con claridad que el problema de accidentalidad se enfoca directamente hacia infraestructura vial.
9. Analizando las 4 zonas que fueron obtenidas de la superposición del perfil de susceptibilidad con la concentración máxima de accidentes, el 75% entran dentro de las diez priorizaciones más severas descritas en la figura 3.95, se puede observar que las zonas preliminares ubicadas en Daule, Quevedo, Babahoyo y San Jacinto

de Yaguachi ocupan las priorizaciones número 4,13,10 y 9 respectivamente.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El punto negro ubicada en la vía E25: LÍMITE PROVINCIAL LOS RÍOS/GUAYAS

(JUJAN) - T DE MILAGRO - MILAGRO – BOLICHE presentan el mayor nivel de accidentalidad, y en dicho tramo se tiene el mayor costo de inversión para toda la regional 5.

Las vías Duran-Km27, T de Milagro-Duran, Guayaquil El Empalme y la Transversal Austral fueron los 4 Tramos de concentración de accidentes que se encontraron en toda la red vial de la regional 5, siendo las dos primeras con el máximo de 13 accidentes/km.

Tres de las cuatro zonas con alta condición de susceptibilidad-nivel de accidentalidad entran entre las diez más críticas de acuerdo con la priorización realizada.

Once de treinta y uno zonas de alto nivel de accidentalidad no dispone de soluciones por parte de la auditoria de seguridad vial, esto debido a que la misma no cubrió toda la red vial de la regional 5.

Cerca de la mitad de todos los puntos negros obtenidos ocurren en carretera estatal y no en intersecciones.

El costo de inversión para los 31 puntos negros identificados representa de manera beneficiosa el 3% del costo total de actuaciones que se necesitan para toda la red vial de la regional 5.

RECOMENDACIONES

Optimizar el geoprocesamiento por medio de técnicas avanzadas de programación, con el fin de poder obtener de manera más rápida priorizaciones para regionales con mayor longitud de red vial.

Aplicar criterios de selección (como el de la CONASET) en los Departamento de Operación y Control de Tránsito (CTE y PN) para priorizar zonas con alto nivel de accidentalidad.

Siempre definir un nivel de frecuencia de accidentes y elegir un radio de búsqueda entre 100 y 300 metros.

Unificar bases de datos de accidentes de CTE y Policía Nacional con el fin de facilitar las metodologías de priorización.

Completar la auditoria de seguridad vial para los tramos de vías que no cuentan con actuaciones.

Concientizar y educar a la sociedad sobre la importancia de la seguridad vial en las carreteras.

ANEXOS

Anexo A

1. Mapa Clima – DLL
2. Mapa Clima – PRECIP
3. Mapa Geom – CURVASxKM
4. Mapa Geom - TIPO TERRENO
5. Mapa Infra - FRICC
6. Mapa Infra - REFLEC
7. Mapa Accidentes
8. Mapa Psu
9. Mapa Psu+Acc
10. Mapa Pnp - PRIORI

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio, F., & Arenas, B. (2017). An integrated methodology for the scientific research of road accidents. General overview Una metodología integrada de investigación científica de accidentes de tráfico.

Planteamiento general. *Securitas Vialis*, 9(1-3), 57-67.

Barrantes-Jiménez, R., Sanabria-Sandino, J., Aguiar-Moya, J. P., & Loría-Salazar, L. G. (2013). METHODOLOGY FOR DETERMINING TRAFFIC ACCIDENT RISK ZONES.

Betancourt, A. (2007). Abordando la seguridad vial desde una visión integral en Chile (Internacional).

Gazmuri, P., Muñoz, J. C., Rizzi, L. I., Fresard, F., & Cumsille, S. (2006). Reducción de la mortalidad por accidentes del tránsito en Chile: 10 medidas prioritarias.

GEURTS, K., & WETS, G. (2003). Black spot analysis methods: Literature review.

Geurts, K. A. R. O. L. I. E. N., Wets, G. E. E. R. T., Brijs, T., & Vanhoof, K. O. E. N. (2004). Identifying and ranking dangerous accident locations:

Overview sensitivity analysis. In Forthcoming in Proceedings of 17th
ICTCT Workshop in Tartu, Estonia.