



**COMUNICACIONES**

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



# Software de codificación de atributos para aplicar la metodología iRAP

---

José Luis Gutiérrez Hernández  
María Cadengo Ramírez  
Emilio Abarca Pérez  
Manuel Eduardo Silva Rivera

Publicación Técnica No. 721  
**Querétaro, México**  
**2022**

ISSN 0188-7297



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por José Luis Gutiérrez Hernández, María Cadengo Ramírez, Emilio Abarca Pérez y Manuel Eduardo Silva Rivera.

Es el producto final del proyecto de investigación interna SI-15/22 Software de codificación de atributos para aplicar la metodología iRAP.

Se agradece la gran colaboración de los alumnos del Tecnológico de Monterrey campus Querétaro: Franco García Pedregal, Jesús Antonio Pérez Reyes, Eduardo García Rougon, Saraí Obregón y Einar Arvizu; así como a sus asesores Rick Leigh Swenson Durie y Pedro Nájera.



# Tabla de Contenido

---

	Página
Sinopsis.....	ix
Abstract.....	xi
Introducción.....	1
1. Metodología iRAP.....	7
1.1 Inspección de la vía y datos de respaldo.....	8
2. Desarrollo y uso del software TEF.....	13
2.1 Acerca de la aplicación.....	13
2.2 Abriendo la aplicación.....	14
2.2.1 Creación de un proyecto.....	15
2.2.2 Abriendo un proyecto.....	16
2.2.3 Lista de proyectos recientes.....	16
2.2.4 Cambiando el tema de la aplicación.....	17
2.2.5 Importando una plantilla.....	18
2.2.5.1 Gestión de plantillas.....	18
2.3 En la interfaz principal.....	23
2.3.1 Pestaña de “Archivo”.....	23
2.3.1.1 Salvar proyecto.....	24
2.3.1.2 Cerrar proyecto.....	24
2.3.2 Pestaña de “Vista”.....	24
2.3.2.1 Desacoplar ventanas de la interfaz.....	24
2.3.2.2 Traer ventana de eventos.....	27
2.3.3 Pestaña de “Ayuda”.....	27

2.3.3.1	Abrir manual de usuario .....	28
2.3.4	Salvando la codificación en archivo “.tef” .....	28
2.3.5	Moverse entre fotogramas .....	29
2.3.6	Uso de Grid.....	30
2.3.6.1	Interpretación de la cuadrícula (Grid) .....	31
2.3.7	Moverse entre intervalos de codificación.....	32
2.3.7.1	Cambiando pivotes de inicio y fin.....	33
2.3.8	Mostrar ventana de eventos .....	33
2.3.9	Información del mapa.....	34
2.3.9.1	Cambiar tipo de mapa .....	35
2.3.9.2	Abrir Street View en navegador .....	36
2.3.10	Codificando cuadros (frames) .....	36
2.3.10.1	Abrir manual de iRAP .....	37
2.3.10.2	Uso de la casilla de verificación (checkbox) .....	37
2.3.11	Exportando la codificación .....	38
2.3.11.1	Aviso de codificación incompleta .....	38
2.4	Cerrando un proyecto .....	39
2.4.1	Aviso de procesos pendientes.....	39
2.4.2	Salvar antes de cerrar (aviso).....	40
	Conclusiones.....	41
	Bibliografía .....	43
	Anexo 1.....	45

# Índice de figuras

---

	Página
Figura 1.1	Diagrama del proceso de la clasificación por estrellas y el plan de inversión para vías más seguras de iRAP .....7
Figura 2.1	Logo de la aplicación de escritorio.....14
Figura 2.2	Pantalla de inicio de aplicación 2.1 ..... 15
Figura 2.3	Interfaz para crear un proyecto de codificación.....16
Figura 2.4	Lista de proyectos recientes en pantalla de inicio ..... 17
Figura 2.5	Comparación de tema oscuro y tema claro .....17
Figura 2.6	Interfaz para importar una plantilla .....18
Figura 2.7	Ejemplo de una sección con un atributo de tipo “Combo” y sus valores asignados.....21
Figura 2.8	Efectos en los atributos de la sección de poner un valor u otro ..... 22
Figura 2.9	Interfaz principal de la aplicación ..... 23
Figura 2.10	Opciones dentro de la pestaña de “Archivo” .....24
Figura 2.11	Opciones dentro de la pestaña de “Vista” .....24
Figura 2.12	Ventana para personalizar la vista..... 25
Figura 2.13	Interfaz principal con vista del mapa en “Oculto” ..... 25
Figura 2.14	Interfaz principal con vista del mapa en “Ventana” .....26
Figura 2.15	Interfaz principal con vista de cámaras en “Ventana” .....26
Figura 2.16	Interfaz principal con vista de cámaras en “Ventanas” .....27
Figura 2.17	Opciones dentro de la pestaña “Ayuda” .....27
Figura 2.18	Botón para salvar proyecto en barra de herramientas principal.....28
Figura 2.19	Mensaje de proyecto guardado. ....28
Figura 2.20	Herramientas para mover cámaras entre fotogramas.....29
Figura 2.21	Botón para brincar a un fotograma .....29
Figura 2.22	Ventana de salto a fotogramas.....29
Figura 2.23	Ventana de una cámara con su barra de herramientas.....30
Figura 2.24	Herramienta para activar y desactivar el Grid.....30
Figura 2.25	Vista general de la cuadrícula (Grid) en las cuatro cámaras ..... 31
Figura 2.26	Interpretación del Grid..... 32
Figura 2.27	Herramientas para moverse entre intervalos de codificación .....32

Figura 2.28	Pestaña con intervalos definidos.....	32
Figura 2.29	Campos para cambiar pivotes de inicio y fin.....	33
Figura 2.30	Botón en barra de herramientas para traer ventana de eventos.....	33
Figura 2.31	Ventana de eventos recopilados .....	34
Figura 2.32	Ventana de mapa con datos GPS.....	35
Figura 2.33	Comparación de mapa de Google con mapa de satélite .....	35
Figura 2.34	Vista de calle en navegador web.....	36
Figura 2.35	Secciones con atributos a codificar .....	36
Figura 2.36	Botones de ayuda con atributos de iRAP .....	37
Figura 2.37	Casilla de verificación (checkbox) para mantener valores de los atributos.....	37
Figura 2.38	Botón de exportación en barra de herramientas.....	38
Figura 2.39	Mensaje de exportación exitosa.....	38
Figura 2.40	Mensaje de advertencia de codificación incompleta .....	39
Figura 2.41	Aviso de procesos pendientes en segundo plano .....	40
Figura 2.42	Aviso de guardar cambios antes de cerrar el proyecto.....	40

# Índice de tablas

---

	Página
Tabla 1.1 Atributos Viales .....	10
Tabla A.1 Atributos y valores de codificación .....	45



## Sinopsis

---

El presente trabajo describe brevemente la metodología iRAP, que es la versión general de los Programas de Evaluación de Carreteras en todo el mundo, consistente en una serie de procesos encaminados a clasificar una vía y a realizar un plan de inversión para aumentar su seguridad.

Dentro del proceso de la clasificación y el plan de inversión, la codificación de los atributos de la vía es una de las actividades desarrolladas en la primera etapa “Inspección de la vía y datos de respaldo”.

Actualmente, la codificación de atributos se realiza mediante el software “Hawkeye Processing Toolkit”. El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) cuenta solamente con una licencia del programa, por lo que su capacidad es muy limitada.

Debido al costo considerable para adquirir más licencias y para ampliar la capacidad técnica de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del IMT, se ha desarrollado la presente aplicación de escritorio para la codificación de los atributos requeridos en la clasificación por estrellas.



## Abstract

---

This paper briefly describes the iRAP methodology, which is the general version of Road Assessment Programs around the world, consisting on a series of processes aimed at classifying a road and carrying out an investment plan to increase its safety.

Within the classification process and the investment plan, the coding of the road attributes is one of the activities carried out in the first stage "Road Inspection and Support Data".

Currently, attributes coding is performed using the "Hawkeye Processing Toolkit" software. The Mexican Transport Institute (IMT) has only one program license, so its capacity is very limited.

Due to the considerable cost to acquire more licenses and to expand the technical capacity of the Transport Safety and Operation Coordination of the IMT, the present desktop application has been developed for the coding of the attributes required in the classification by stars.



# Introducción

---

Entre los múltiples esfuerzos internacionales para controlar las indeseables consecuencias de la siniestralidad vial, surgió la idea de clasificar las carreteras en función de su seguridad, con la finalidad de mantener estándares que permitan una movilidad segura. Esta categorización se planteó en términos de estrellas (de 1 a 5), donde 5 estrellas equivalen a infraestructura con las mejores condiciones de seguridad y una estrella a las peores; es decir, de una manera similar a como se categoriza la calidad y servicios en los hoteles. Es así como surgen los programas de evaluación de carreteras, RAP (Road Assessment Programme).

El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras, iRAP (International Road Assessment Programme) es la versión general de los Programas de Evaluación de Carreteras (RAP) en todo el mundo. Se trata de una organización sin fines de lucro que trabaja para eliminar vías de alto riesgo con el objetivo de salvar vidas. El iRAP se formó en el año 2006 y desde entonces se han ido incorporando mejoras en sus protocolos y recomendaciones, posicionándose como una herramienta para cuantificar la seguridad de la infraestructura vial con validez y reconocimiento internacional.

Con base en una fuerte alianza de los principales actores locales, expertos internacionales, clubes de movilidad, bancos de desarrollo, organizaciones no gubernamentales (ONG) y organizaciones de investigación, este programa ha desarrollado 4 protocolos avalados a nivel internacional para evaluar y mejorar la seguridad vial:

- i. Mapas de riesgos: Se elaboran con datos de colisiones detallados para ilustrar el número real de muertes y lesiones en una red vial.
- ii. Clasificación por estrellas: Proporciona una medida simple y objetiva del nivel de seguridad provisto por una vía.
- iii. Planes de inversión para vías más seguras: Se basan en medidas probadas de mejoramiento de carreteras para generar opciones de infraestructura asequible y económicamente sólida para salvar vidas.

- iv. Monitoreo del desempeño: Permite el uso de la clasificación por estrellas y los mapas de riesgos para monitorear el desempeño de la seguridad vial y establecer posiciones de política.

El programa iRAP no se ha limitado a categorizar las vialidades de acuerdo con su seguridad, sino que ha desarrollado técnicas para proponer planes de inversión económicamente rentables, dirigidos a mejorar la seguridad de la infraestructura y relacionar estos esfuerzos con la reducción de muertos y lesionados graves a consecuencia de la siniestralidad vial.

Actualmente la clasificación de la infraestructura vial de acuerdo con su seguridad estimada por iRAP (clasificación por estrellas) es uno de los indicadores de las “Metas mundiales de desempeño de carácter voluntario sobre los factores de riesgo y los mecanismos de prestación de servicios en la esfera de la seguridad vial”, desarrollados durante 2017 por los Estados Miembros de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuyo cumplimiento se contempla con un horizonte hacia el 2030. Estas metas de carácter voluntario buscan evaluar los progresos y el cumplimiento de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, basándose en los mismos 5 pilares en los que se fundamenta el *Segundo decenio de acciones por la seguridad vial 2021-2030*.

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) es un impulsor del desarrollo tecnológico y el conocimiento acerca de la infraestructura, la logística, los sistemas, la normativa y los materiales aplicados en el transporte. A través de su Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte (CSOT), el IMT ha trabajado en pro de la seguridad vial, manteniendo un registro de la siniestralidad vial en la Red Carretera Federal del país y divulgando las mejores prácticas a nivel internacional en la temática.

Entre otras actividades, la CSOT promovió las recomendaciones del *Decenio de acciones por la seguridad vial 2011-2020* promulgado por la OMS y trabaja en el impulso del *Segundo decenio de acciones por la seguridad vial 2021-2030*

En México, la primera participación de iRAP se realizó en 2010 con el proyecto “Corredor Mesoamericano”, en el cual se llevó a cabo la inspección de alrededor de 4 mil kilómetros de carreteras, específicamente el corredor que une la ciudad de Puebla con la ciudad de Panamá (en su distancia más corta).

En 2012 se inició el proyecto denominado iRAP-México, liderado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (en ese entonces SCT). Hasta el momento se integra de al menos 3 etapas.

En la fase I, se contempló la inspección de 46 mil kilómetros de la Red Carretera Federal (RCF). En la segunda fase del proyecto se adicionó la inspección de 20 mil kilómetros de la red secundaria, en esta fase se integraron algunos tramos de carreteras estatales susceptibles a altos índices de accidentalidad. Poco después, durante 2015, se llevó a cabo la tercera fase del proyecto iRAP-México, en cuyo marco se inspeccionaron aproximadamente 42 mil kilómetros de la RCF (mismos que fueron levantados 3 años antes durante la primera fase).

El IMT ha colaborado con iRAP desde su llegada a México. Inicialmente, se realizó la capacitación de codificadores y a continuación realizó la codificación del proyecto “Corredor Mesoamericano”, así como los controles de la calidad de la información de las tres fases de los proyectos, no sólo iRAP-México, sino que además en los proyectos de iRAP-Belice y iRAP-Colombia.

En el año 2013, a solicitud de la CSOT, el IMT adquirió el vehículo de inspección Hawkeye 2000 (ver Figura 1), con el cual se recopila la información necesaria para aplicar el protocolo de clasificación por estrellas del iRAP.



**Figura 1. Vehículo de inspección Hawkeye 2000 del IMT**

A lo largo de los casi 10 años en los que el IMT ha contado con este equipo, se han realizado proyectos, aplicando todos los procesos de la metodología iRAP, principalmente en varias carreteras concesionadas en México.

Desde 2015, el IMT es considerado por iRAP Centro de Excelencia y desde 2017 mantiene la acreditación en todos sus procesos: codificación, inspección, análisis y elaboración de informes.

Actualmente, el IMT cuenta solamente con una licencia del programa “Hawkeye Processing Toolkit”, mediante el cual se procesa la información recopilada en campo, es decir, se codifica para poder integrarla en la plataforma de iRAP y estimar las estrellas de cada tramo analizado. Lo anterior constituye un problema debido al limitado número de personas que pueden trabajar sobre un mismo estudio simultáneamente.

En el año 2020, a solicitud del IMT, la empresa distribuidora del software comercial presentó una cotización con un costo por licencia de 9 mil 900 dólares de EEUU (antes de impuestos), equivalentes a aproximadamente 230 mil pesos mexicanos (incluyendo el 16 % correspondiente al impuesto al valor agregado, IVA).

Con la finalidad de ampliar la capacidad técnica de la CSOT del IMT, para la ejecución de inspecciones aplicando la metodología iRAP, así como potenciar el aprovechamiento del equipo Hawkeye 2000, se propuso este proyecto para desarrollar una aplicación de escritorio propia para la codificación de los atributos requeridos en la clasificación por estrellas iRAP.

Esta investigación se alinea con el objetivo prioritario 1 del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024 *“Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”*, a su estrategia prioritaria 1.2 *“Mejorar la seguridad vial en la Red Carretera Federal para el bienestar de todos los usuarios”* y sus siete acciones puntuales, así como también a la acción puntual 1.5.5 *“Aumentar la investigación científica y capacidad tecnológica vinculadas a las necesidades del sector”*.

Asimismo, este estudio se alinea con el Eje III *“Economía en lo referente a Ciencia y Tecnología del Desarrollo”*, del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 del Gobierno de la República; además, se encuentra alineado con el Objetivo 3.6 *“Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional”*, con la Estrategia 3.6.1 *“Contar con una red carretera segura y eficiente que conecte centros de población, puertos, aeropuertos, centros logísticos y de intercambio modal, conservando su valor patrimonial”* y con la Estrategia 3.6.3 *“Desarrollar una infraestructura de transporte accesible, con enfoque multimodal (ferroviario, aeroportuario, transporte marítimo,*

*transporte masivo), sostenible, a costos competitivos y accesibles que amplíe la cobertura del transporte nacional y regional".*

## **Objetivo**

Desarrollar un software de escritorio que reciba la información recopilada a través del vehículo Hawkeye 2000 y así apoyar las evaluaciones de carreteras aplicando la metodología iRAP.

Este software sustituirá el programa comercial Hawkeye Processing Toolkit, su implementación no requiere licencia y puede ser instalado en múltiples equipos de cómputo.

## **Alcances**

Desarrollar una aplicación de escritorio con la cual se logren codificar los 78 atributos que requiere la metodología iRAP para la clasificación por estrellas de la infraestructura vial. Para usarla apropiadamente, también se ha elaborado su manual de usuario.

## **Metodología**

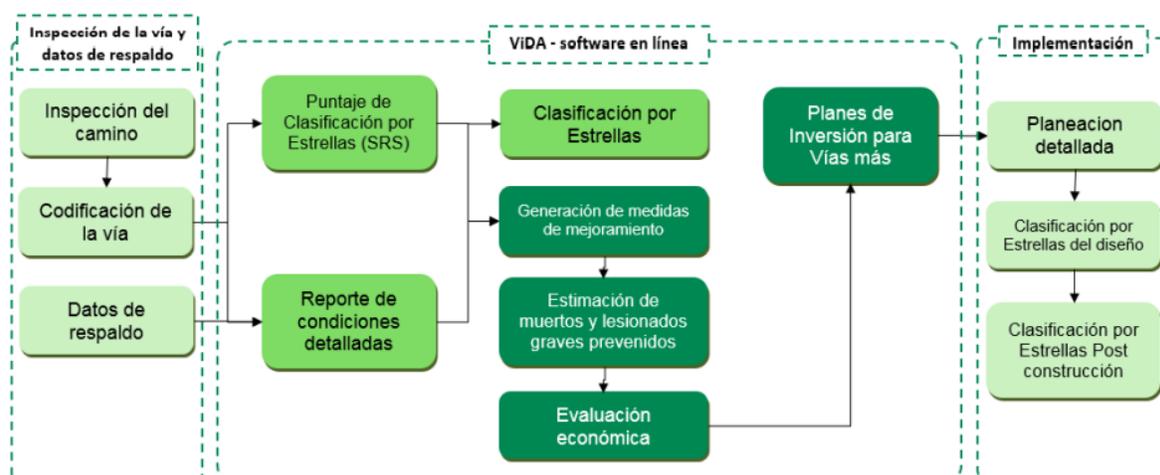
Para la realización de este proyecto, en primer lugar, se analizaron los archivos de salida obtenidos durante el recorrido de inspección con el vehículo Hawkeye 2000. Posteriormente, con el apoyo de estudiantes del área de programación, se desarrolló el software y su manual de usuario.



# 1. Metodología iRAP

Como se mencionó en la introducción, la metodología iRAP consiste en una serie de procesos encaminados a clasificar una vía y a realizar un plan de inversión para incrementar su seguridad. Con base en la evaluación de carreteras en varios países y la experiencia de organizaciones de seguridad vial, iRAP desarrolló los cuatro protocolos (mapas de riesgos, clasificación por estrellas, planes de inversión para vías más seguras y monitoreo del desempeño), para evaluar y mejorar la seguridad de las vías.

Con respecto a los protocolos de “clasificación por estrellas” y los “planes de inversión para vías más seguras”, en la Figura 1.1 se muestra el proceso seguido en dichos protocolos.



**Figura 1.1 Diagrama del proceso de la clasificación por estrellas y el plan de inversión para vías más seguras de iRAP**

En este trabajo, sólo se describe la primera parte del proceso que consisten en la inspección de la vialidad y datos de respaldo; es en esta parte que se realiza la codificación de los atributos viales.

Cuando una autoridad vial (federal, estatal o municipal) o el concesionario de una autopista detecta que una vialidad o red vial tiene un impacto en la probabilidad de ocurrencia de siniestros viales y su severidad, puede solicitar su inspección con base en la metodología iRAP.

## 1.1 Inspección de la vía y datos de respaldo

Cuando se solicita la inspección de una vía o red vial al IMT, una vez que se han realizado los trámites necesarios (elaboración y aceptación de la propuesta técnico-económica, entre otros), el líder del proyecto realiza la planeación de las actividades de inspección tomando en cuenta su ubicación y longitud, principalmente.

El equipo de inspección se conforma por los siguientes sistemas:

- *Sistema de adquisición de datos.* Consiste en una computadora a bordo del vehículo de inspección, con software sistematizado para el almacenamiento y procesamiento de datos levantados con las herramientas que posee el vehículo.
- *Sistema de imágenes digitales.* Tiene como base 4 cámaras digitales de alta resolución (3 de ellas orientadas hacia el frente y una hacia atrás), que se emplean para identificar y localizar visualmente las características de la carretera y su zona lateral con precisión, mediante la cual se producen cuadros de video de alta resolución. Las cámaras se activan en función de la longitud recorrida, donde el espaciamiento longitudinal de la captura se realiza cada 10 metros. El software usado para la recolección y procesamiento de las imágenes es el Toolkit de Hawkeye, con el que se puede visualizar el video. Mediante una configuración se pueden observar imágenes a determinada distancia para la revisión del señalamiento vertical, horizontal, derecho de vías, estructuras y demás atributos necesarios para la codificación de los datos.
- *Sistema de navegación por satélites GPS.* Proporciona datos recibidos por satélites, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición. Recopila las coordenadas geodésicas del recorrido con vínculo al cadenamamiento del camino y las almacena y procesa para obtener representaciones gráficas de los recorridos. Se puede acceder a visualizaciones a través de Google Maps debido a que el software Hawkeye cuenta con un modelo en el cual se puede visualizar el cadenamamiento con la imagen del sitio.
- *Instrumento de medición de distancias.* Calcula la distancia total o parcial recorrida. Se coloca en la rueda trasera y se programa junto con los demás sistemas para la recolección de datos.

- *Gipsi-Trac Road Mapping*. Sistema que utiliza sensores de navegación por un receptor GPS. Se basa en un microprocesador que registra y combina datos de inercia que recibe de los giroscopios, los acelerómetros y un sensor de distancia con posición GPS. Recopila información geométrica de la vía. La navegación por coordenadas integrada le permite registrar datos de posición incluso cuando se encuentre en túneles, bajo puentes y en otras zonas con poca o ninguna cobertura GPS. El sistema crea una base de datos topográfica de WGS84 y datos geométricos que se pueden exportar a otros sistemas o bases de datos.

Antes de iniciar los recorridos de inspección, se realiza la calibración del sistema de inspección acreditado (equipo y vehículo de inspección). Como se ha mencionado anteriormente, el IMT cuenta con el equipo acreditado Hawkeye 2000. Dicha calibración se realiza de acuerdo con los instructivos y procedimientos indicados por el fabricante y tiene el objetivo de comprobar que el odómetro y el giroscopio midan correctamente las longitudes y ángulos, respectivamente. También se verifica que sea posible realizar mediciones sobre las imágenes obtenidas.

Con base en la planeación, y una vez calibrado el equipo, se procede a realizar la inspección del camino. Para estos recorridos se recomienda el uso de otro vehículo de apoyo, circulando ambos de acuerdo con la velocidad establecida o autorizada. En la medida de lo posible, no se deben realizar variaciones de la velocidad.

Una vez que se ha realizado el levantamiento de la información (recolección de imágenes, datos de posicionamiento global e información de distancia), se procede a codificar los atributos viales mediante el uso del software Hawkeye Processing Toolkit.

Los atributos viales se pueden dividir en: i) descriptivos y ii) los que influyen en la probabilidad y severidad de los accidentes. Para los primeros se registran los datos de la vialidad, por ejemplo, su nombre. Los segundos se registran para cada segmento de 100 metros de la vía. Cuando se observa que dentro de un segmento alguno de los atributos presenta variación, se registra el peor de los escenarios para la seguridad vial.

En la Tabla 1.1 se muestra una lista de los atributos viales que se codifican para la metodología iRAP.

**Tabla 1.1 Atributos Viales**

<b>1</b> Nombre del codificador	<b>40</b> Puntos de acceso a propiedades
<b>2</b> Fecha de codificación	<b>41</b> Número de carriles
<b>3</b> Fecha de inspección de la vía	<b>42</b> Ancho del carril
<b>4</b> Referencia de imagen	<b>43</b> Curvatura
<b>5</b> Nombre de la vía	<b>44</b> Calidad de la curva
<b>6</b> Sección/Tramo	<b>45</b> Pendiente
<b>7</b> Distancia	<b>46</b> Condición de la vía
<b>8</b> Longitud	<b>47</b> Resistencia al deslizamiento/Agarre
<b>9</b> GPS Latitud	<b>48</b> Delineación
<b>10</b> GPS Longitud	<b>49</b> Alumbrado público
<b>11</b> Hito	<b>50</b> Cruce peatonal-vía inspeccionada
<b>12</b> Comentarios	<b>51</b> Calidad del cruce peatonal
<b>13</b> Calzada	<b>52</b> Infraestructura para cruce peatonal-vía lateral
<b>14</b> Costo de mejoras	<b>53</b> Vallas peatonales
<b>15</b> Flujo observado de motocicletas	<b>54</b> Gestión de la velocidad/calmantes de tráfico
<b>16</b> Flujo observado de bicicletas	<b>55</b> Estacionamiento de vehículos
<b>17</b> Flujo de peatones observado cruzando la vía	<b>56</b> Acera (lado del conductor)
<b>18</b> Flujo de peatones observado a lo largo de la vía (lado del conductor)	<b>57</b> Acera (lado del copiloto)
<b>19</b> Flujo de peatones observado a lo largo de la vía (lado del copiloto)	<b>58</b> Vía de servicio
<b>20</b> Uso del suelo (lado del conductor)	<b>59</b> Motovías
<b>21</b> Uso del suelo (lado del copiloto)	<b>60</b> Ciclovías
<b>22</b> Tipo de zona	<b>61</b> Obras viales
<b>23</b> Límite de velocidad	<b>62</b> Distancia visual
<b>24</b> Límite de velocidad para motocicletas	<b>63</b> Flujo vehicular (TDPA)
<b>25</b> Límite de velocidad para camiones	<b>64</b> Motocicleta %
<b>26</b> Velocidades diferenciales	<b>65</b> Hora pico de flujo peatonal cruzando la vía
<b>27</b> Tipo de separador central/mediana	<b>66</b> Hora pico de flujo peatonal a lo largo de la vía (lado del conductor)
<b>28</b> Banda alertadora central	<b>67</b> Hora pico de flujo peatonal a lo largo de la vía (lado del copiloto)
<b>29</b> Severidad lateral al costado de la vía-distancia al objeto (lado del conductor)	<b>68</b> Flujo hora pico de ciclistas
<b>30</b> Severidad lateral al costado de la vía-objeto (lado del conductor)	<b>69</b> Velocidad de operación (percentil 85)
<b>31</b> Severidad lateral al costado de la vía-distancia al objeto (lado del copiloto)	<b>70</b> Velocidad de operación (media)
<b>32</b> Severidad lateral al costado de la vía-objeto (lado del copiloto)	<b>71</b> Vías que los autos pueden leer
<b>33</b> Bandas alertadoras sobre berma/acotamiento	<b>72</b> Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para ocupantes de vehículos
<b>34</b> Berma/Acotamiento pavimentado (lado del conductor)	<b>73</b> Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para motocicletas
<b>35</b> Berma/Acotamiento pavimentado (lado del copiloto)	<b>74</b> Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para peatones
<b>36</b> Tipo de intersección	<b>75</b> Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para bicicletas
<b>37</b> Canalización de la intersección	<b>76</b> Multiplicador de crecimiento de mortalidad anual
<b>38</b> Volumen de la intersección vial	<b>77</b> Advertencia de zona escolar
<b>39</b> Calidad de la intersección	<b>78</b> Supervisor de cruce peatonal de zona escolar

En el Anexo 1 se muestra la lista completa con las opciones para cada atributo y su valor de codificación correspondiente.

Para llevar a cabo la clasificación por estrellas y el plan de inversión para vías más seguras, los datos codificados no son suficientes, se requiere complementarlos con los “datos de respaldo”.

Los datos de respaldo son información adicional, que por su naturaleza no se obtienen directamente de las imágenes. Incluyen también datos de carácter económico y de accidentalidad. Ejemplos de datos de respaldo son:

- Velocidad: Se refiere a los límites de velocidad autorizados para la vialidad de acuerdo con su ubicación (áreas urbanas o interurbanas, por ejemplo) y el tipo de vehículo (autos, camiones y motociclistas).
- Flujos de tránsito.
- Accidentalidad. Número de muertes ocurridas en la carretera en estudio.
- Costo de las medidas de mejora.
- Costo de los fallecidos y lesionados graves.
- Tasa de descuento.
- Relación lesionados/muertos.

Una vez que se ha realizado la codificación, se utiliza el software en línea ViDA, mediante el cual se llevan a cabo todos los análisis de iRAP para la clasificación por estrellas y los planes de inversión para vías más seguras; incluye la propuesta de medidas de mejoramiento, la estimación de muertos y lesionados graves prevenidos, la evaluación económica y los planes de inversión. El proceso iRAP culmina con la “implementación”, la cual incluye la planeación detallada.



## **2. Desarrollo y uso del software TEF**

---

Como se mencionó, el IMT cuenta solamente con una licencia del programa “Hawkeye Processing Toolkit”. Mediante este programa se realiza el procesamiento de la información recopilada en campo mediante el uso del vehículo de inspección Hawkeye 2000. La información recopilada se codifica e integra a la plataforma de iRAP, la cual calcula las estrellas de cada tramo analizado.

Mediante un acuerdo, el IMT invitó al Instituto Tecnológico de Monterrey a participar para el desarrollo del software “TEF”. Mediante su creación se ampliará la capacidad del IMT en las tareas de codificación para la aplicación de la metodología iRAP.

A partir de las imágenes grabadas, mediante el software, se codifican los datos de identificación y atributos de la vialidad estudiada. La codificación se realiza de forma manual por una persona certificada. De acuerdo con la metodología iRAP, la codificación se realiza mediante fotogramas cada 100 metros. A partir del fotograma, se pueden recorrer 9 imágenes antes y 9 imágenes después (tienen intervalos de 10 metros).

El software desarrollado no modifica la etapa de recolección de video. Se ha realizado con base en el sistema operativo Windows 10, cuenta con un archivo ejecutable y código fuente.

En su desarrollo se trabajó sólo en la mejora de los atributos de la aplicación existente y en la simplificación de la interacción con el usuario. No se contempló rehacer el software ni crear ninguno adicional, sólo se manejan archivos del tipo generado en el levantamiento.

En los siguientes incisos se describe el uso del software desarrollado.

### **2.1 Acerca de la aplicación**

TEF Coder es una aplicación de escritorio desarrollada como un proyecto sin fines de lucro con el apoyo del Instituto Tecnológico de Monterrey para el IMT. Esta aplicación fue desarrollada debido a la creciente necesidad de acelerar y elevar la eficiencia de los procedimientos de codificación de atributos para utilizar la metodología iRAP sin depender de un software comercial.

TEF Coder cuenta con una interfaz que permite a los usuarios visualizar los fotogramas extraídos de un video grabado durante el recorrido de la vialidad a evaluar y, con esta información, se codifican los atributos de acuerdo al análisis de los usuarios para generar un archivo de valores separados por comas (.csv), que será utilizado para proporcionar una calificación para la seguridad del trayecto grabado.

La aplicación cuenta con diversas funciones para navegar entre los fotogramas recuperados y los eventos registrados durante la grabación del video; asimismo, la aplicación permite guardar las codificaciones como proyectos (.tef) en caso de que se decida continuar con la codificación de atributos posteriormente. Otra función es la de personalizar la vista para desacoplar, ocultar o embeber los elementos que componen a la interfaz principal, entre ellos, los cuadros con los fotogramas, el mapa con las coordenadas GPS y la plantilla de codificación de atributos.

En caso que de los usuarios tengan dudas en cuanto a los atributos que están codificando, la aplicación permite consultar la información pertinente del atributo en cuestión en el manual de iRAP para mayor eficiencia.

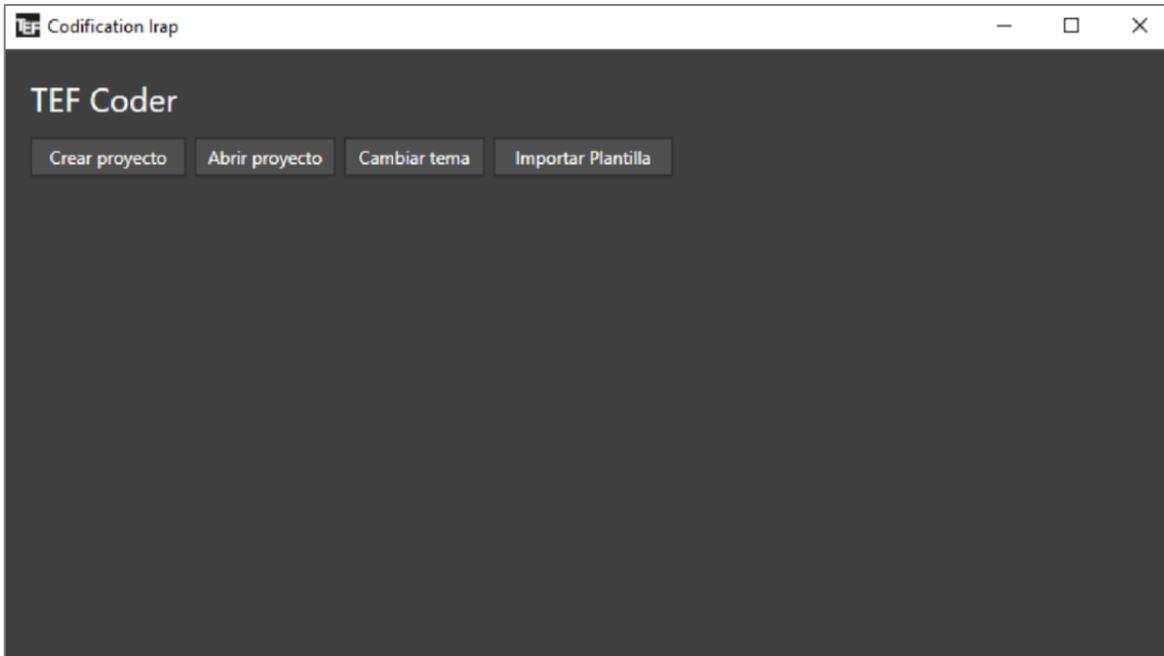
Esta es la primera versión del software. Dado que hay funciones que aún pueden ser agregadas, la aplicación puede estar sujeta a cambios en versiones futuras.



**Figura 2.1** Logo de la aplicación de escritorio

## **2.2 Abriendo la aplicación**

Cuando un usuario abre la aplicación, aparecerá una ventana que tiene un aspecto como el mostrado en la Figura 2.2, la cual contiene 4 botones principales: para crear proyectos (ver sección 2.2.1), abrirlos (ver sección 2.2.2), cambiar el tema de la aplicación o los colores utilizados (ver sección 2.2.4) o importar plantillas de codificación nuevas (ver sección 2.2.5).



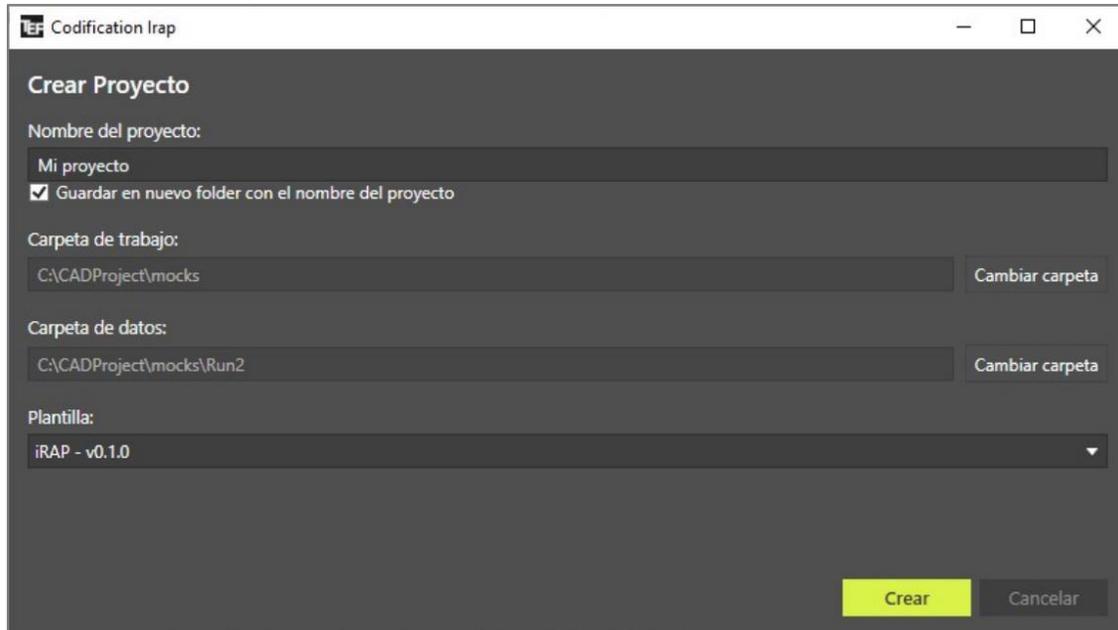
**Figura 2.2 Pantalla de inicio de aplicación 2.1**

## 2.2.1 Creación de un proyecto

Al seleccionar (oprimir o dar clic) el botón “Crear proyecto” en la ventana mostrada en la Figura 2.2, aparece otra ventana como la que se muestra en la Figura 2.3. En ésta, el usuario debe introducir 5 datos principales:

- Nombre del proyecto. Será escrito sin acentos, de lo contrario se arrojará un error y el proyecto no se creará.
- Indicar si se debe crear una carpeta con el nombre del proyecto dentro de la carpeta de trabajo, seleccionando (dando clic) la checkbox debajo del área para introducir el nombre del proyecto.
- Carpeta de trabajo. Para indicar en que directorio se va a guardar el proyecto de codificación con extensión “.tef”. El usuario debe oprimir el botón “Cambiar carpeta” para abrir un explorador de archivos y seleccionar el directorio deseado.
- Carpeta de datos. Esta carpeta tiene restricciones ya que obliga al usuario a seleccionar una que contenga todos los archivos generados en un levantamiento. En caso de seleccionar una carpeta inválida, se marcará un error y el proyecto no se creará. De manera similar a la carpeta de trabajo, el usuario debe oprimir el botón “Cambiar carpeta” para abrir un explorador de archivos y seleccionar la ruta del directorio deseado.
- Plantilla. Para indicar la plantilla de codificación que se utilizará en el proyecto a crear (para más detalles consultar la sección 2.2.5).

Una vez que el usuario haya llenado esos campos, podrá seleccionar (dar clic) el botón de crear para iniciar con su proyecto de codificación en la interfaz principal (ver sección 2.3). En caso de que falte algún dato, la aplicación no le permitirá continuar.



**Figura 2.3** Interfaz para crear un proyecto de codificación

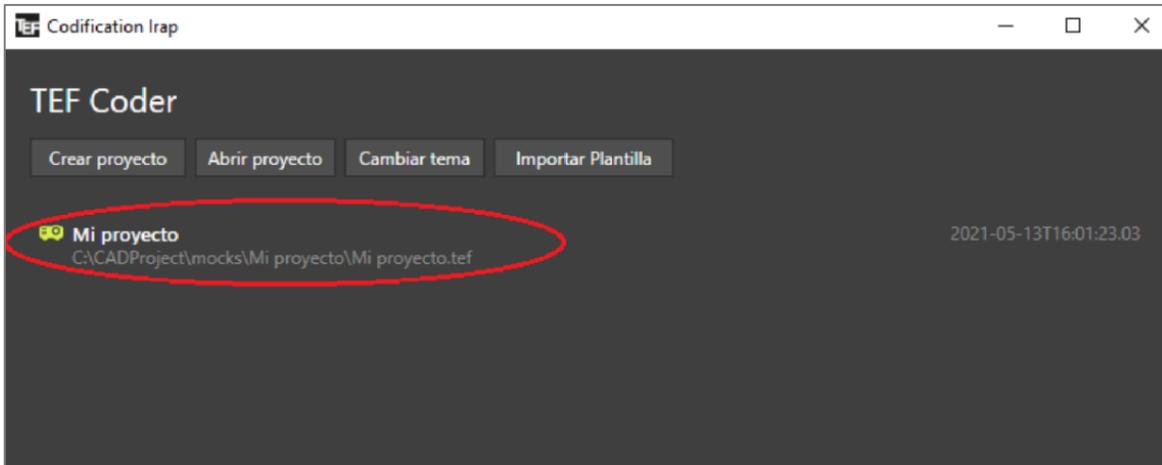
## 2.2.2 Abriendo un proyecto

Otra opción en la pantalla de inicio de la Figura 2.2 es abrir un proyecto existente que se tenga guardado en algún directorio y que no se encuentre dentro de la lista de proyectos recientes (ver sección 2.2.3).

Al seleccionar el botón “Abrir proyecto”, se abrirá un explorador de archivos que permitirá al usuario buscar cualquier archivo guardado previamente con extensión “.tef” y continuar con las modificaciones al proyecto. Al guardarlo y cerrarlo, el proyecto que se abrió será añadido a la lista de proyectos recientes. (Para más detalles acerca del proceso de guardado de proyectos, ver sección 2.3.4).

## 2.2.3 Lista de proyectos recientes

Cuando se tienen proyectos trabajados recientemente, éstos son acomodados en una lista localizada en la pantalla de inicio como se muestra en la figura 2.4. La lista provee un acceso rápido a los archivos de proyecto “.tef” que han sido modificados, en orden de fecha de última modificación. Si el usuario selecciona alguno de los proyectos en la lista, éste se abrirá en la interfaz principal para continuar con las modificaciones al archivo.

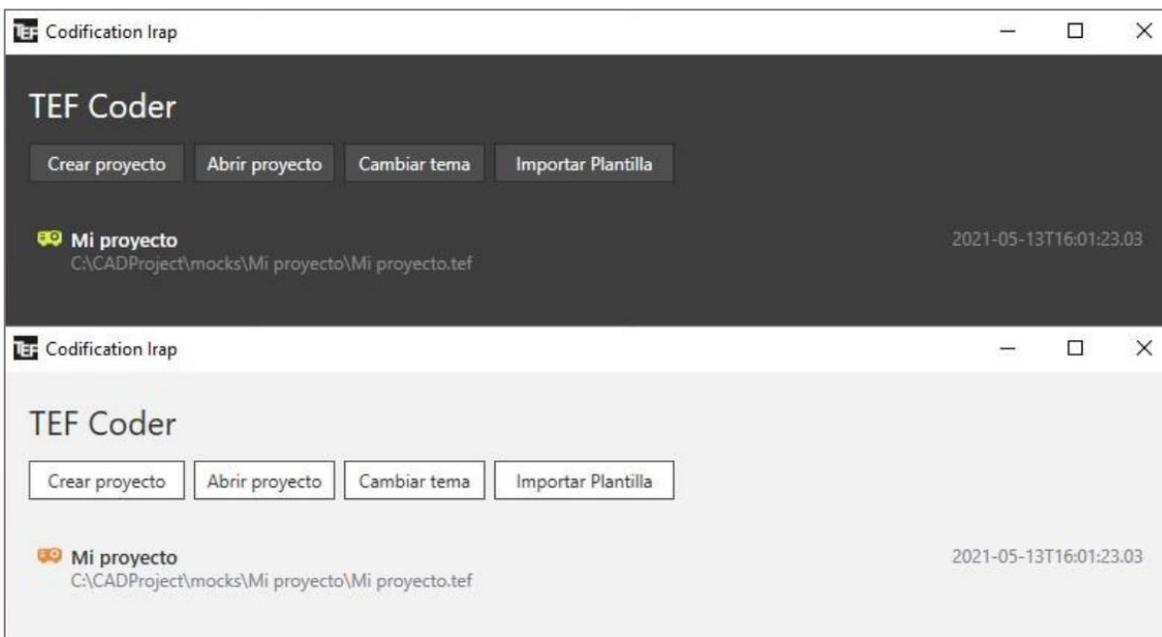


**Figura 2.4 Lista de proyectos recientes en pantalla de inicio**

Si un proyecto es borrado del disco duro del usuario, la aplicación notificará que el archivo ya no existe y procederá a borrar el acceso a dicho proyecto de la lista.

## 2.2.4 Cambiando el tema de la aplicación

Existe la opción, de acuerdo con las preferencias de cada usuario, para elegir el tema o colores con los cuales se desea trabajar la interfaz. Dentro de la pantalla de inicio (ver la Figura 2.2), hay un botón con el texto “Cambiar tema”, esta función le permite al usuario elegir la interfaz con un tema oscuro o con uno claro. La comparación entre ambos temas se puede apreciar en la Figura 2.5.



**Figura 2.5 Comparación de tema oscuro y tema claro**

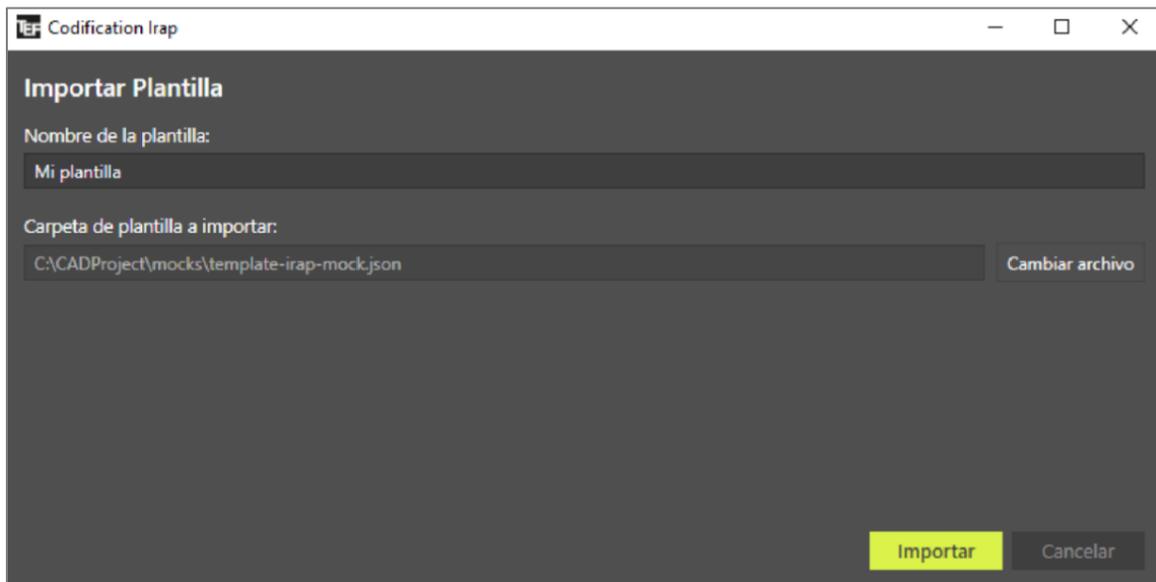
Esta función no afecta al rendimiento de la aplicación y el último estado del tema se guarda en memoria; de esta forma, el último tema que se quedó en la interfaz, antes de cerrar la aplicación, permanece cuando se abre nuevamente.

## 2.2.5 Importando una plantilla

Finalmente, en la pantalla de inicio existe un botón con texto “Importar Plantilla” que, al seleccionarlo, redirecciona al usuario a una pantalla como la que se muestra en la Figura 2.6.

Antes de poder importar una plantilla, el usuario debe llenar los siguientes campos en la interfaz:

- *Nombre de la plantilla.* Si el nombre contiene acentos, se arrojará un error y la plantilla no se importará.
- *Carpeta de la plantilla.* El usuario debe indicar el archivo en el que está guardada la plantilla. Los únicos archivos que podrán ser seleccionados para importar plantilla son de tipo JSON.



**Figura 2.6** Interfaz para importar una plantilla

Una vez que la plantilla se ha importado, ésta se agregará a la lista de plantillas disponibles y el usuario podrá seleccionarla para la codificación cuando inicie un nuevo proyecto (ver sección 2.2.1).

### 2.2.5.1 Gestión de plantillas

Las plantillas están guardadas en formato JSON, pero a su vez, si se desea importar una plantilla, ésta debe pasar por un proceso de validación en la

que se analiza su estructura. A continuación, se mostrará un fragmento de código válido para plantillas en formato JSON para analizar sus campos:

```
{
  "Name": "Local iRAP",
  "Version": "0.0.1",
  "DoMacros": {
    "5149fe97-43b9-45d6-a3ed-83d257a5afa8": {
      "AttributeType": "Combo",
      "AttributeValues": [
        "Ninguna",
        "1",
        "2 a 3",
        "4 a 5",
        "6 a 7",
        "más de 8"
      ]
    },
    "2016c805-4791-4b10-8ade-64ec8e584054": {
      "AttributeType": "Combo",
      "AttributeValues": [
        "Presente",
        "No Presente"
      ]
    },
    "11bec523-dabf-442f-ad23-0d2b18c2d22d": {
      "AttributeType": "Text"
    },
    ...
  },
  "Template": [
    {
      "SectionName": "FLUJO OBSERVADO",
      "Attributes": [
        {
          "AttributeName": "Flujo de MOTOCICLETAS observado (p. 25)",
          "DoMacro": "5149fe97-43b9-45d6-a3ed-83d257a5afa8"
        },
        ...
      ]
    },
    {
      "SectionName": "LÍMITES DE VELOCIDAD",
      "Attributes": [
        {
          "AttributeName": "Control de Velocidad (p.27)",
          "DoMacro": "2016c805-4791-4b10-8ade-64ec8e584054"
        }
      ]
    },
    {
      "SectionName": "DATOS",
      "Attributes": [
        {
          "AttributeName": "Nombre del Codificador",
          "DoMacro": "11bec523-dabf-442f-ad23-0d2b18c2d22d"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

```
    },  
    ...  
  ]  
  },  
  ...  
]  
}
```

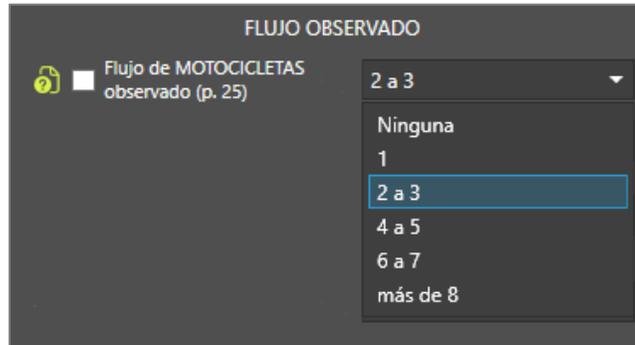
En el fragmento de código mostrado se pueden apreciar diversas características, por ejemplo, los archivos JSON empiezan con una llave ({} y terminan cerrando dicha llave (}). También, se puede observar que hay 4 campos principales en el fragmento de código, éstas son “Name”, “Version”, “DoMacros” y “Template”. Es importante notar que todos los textos están entrecomillados ya que el no hacerlo generaría conflictos con el formato JSON, el cual toma el siguiente patrón: **“Nombre del campo” : Valor del campo**. El nombre del campo es un texto que va entrecomillado, pero el valor del campo puede variar, es decir, puede ser un texto entrecomillado (como en el caso de “Name” y “Version”), puede ser un conjunto de textos o subcampos entre llaves separados por comas (como es el caso de “DoMacros”) o puede ser un grupo entre corchetes de conjuntos de subcampos (como es el caso de “Template”).

El campo “DoMacros” contiene un conjunto de identificadores únicos como subcampos que servirán como números de referencia para la implementación de la plantilla y, a su vez, a cada identificador se le asigna un tipo de atributo (“AttributeType”) y los valores del atributo (“AttributeValues”) en caso de necesitarlos. El valor de “AttributeType” con valor “Combo” implica que se utilizará una pestaña que despliega una serie de valores definidos como textos entrecomillados entre corchetes en el valor de “AttributeValues”.

El campo “Template” es el último de los 4 principales campos del formato JSON para plantillas válidas. Este campo contendrá una colección entre corchetes de conjuntos de subcampos; es decir, “Template” va a contener las secciones de la plantilla. Las secciones de la plantilla van a contener dos campos cada una, las cuales serían el nombre de la sección (“SectionName”) y los atributos a codificar dentro de esa sección (“Attributes”). De igual forma, “Attributes” tendrá dos campos; el primero es el nombre del atributo (“AttributeName”) junto con su tipo de campo a llenar, el cual se establece en el campo de “DoMacros”; el segundo campo del atributo es uno llamado “DoMacros”, en el que se va a escribir el identificador único definido previamente para aplicarle al atributo su tipo y sus valores a desplegar.

En la Figura 2.7 se puede observar un ejemplo de una sección con nombre “FLUJO OBSERVADO”, con un atributo llamado “Flujo de MOTOCICLETAS

observado (p. 25)”, con un atributo de tipo “Combo” y sus valores declarados, los cuales, si se retoma el fragmento de código JSON mostrado anteriormente, están declarados en “DoMacros” con un identificador de valor “5149fe97-43b9-45d6a3ed-83d257a5afa8”.



**Figura 2.7 Ejemplo de una sección con un atributo de tipo “Combo” y sus valores asignados**

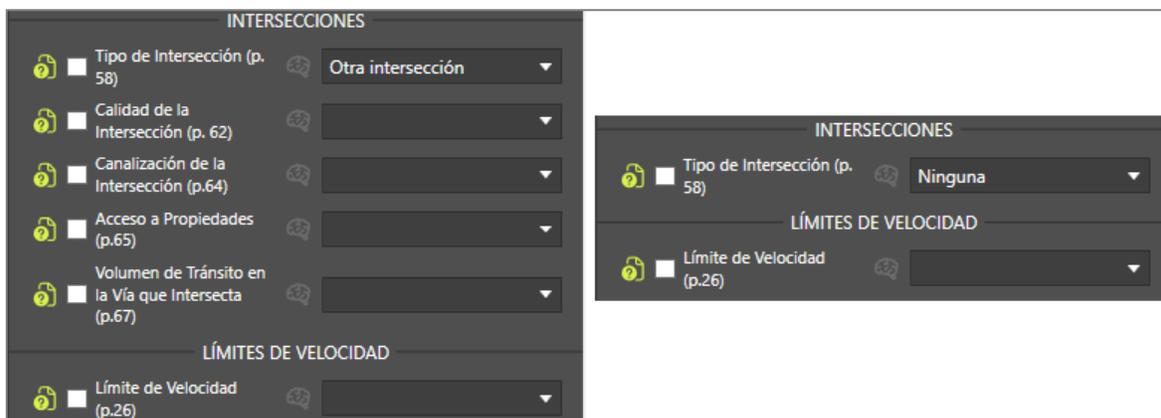
Otra forma de declarar secciones para la plantilla es como la que se muestra en el fragmento de código JSON a continuación:

```

Template: [
  {
    "SectionName": "INTERSECCIONES",
    "AttributeType": "Combo",
    "DoEnableWhenAll": [ "d1e96906-7d92-4077-a0a6-418cb8f1a3a5" ],
    "Attributes": [
      {
        "AttributeName": "Tipo de Intersección (p. 58)",
        "AttributeValues": [
          "Ninguna",
          "Otra intersección"
        ],
        "DoConditions": {
          "d1e96906-7d92-4077-a0a6-418cb8f1a3a5":
            { "NotEqual": "Ninguna" }
        },
        "DoIgnoreExternalEnables": true
      },
      {
        "AttributeName": "Calidad de la Intersección (p. 62)",
        "AttributeValues": [
          "Mala",
          "Adecuada",
          "No hay intersección"
        ],
        "DoDisabledValue": "No hay intersección"
      },
      ...
    ]
  },
  ...
]

```

En esta ocasión, en lugar de hacer referencia a un identificador en “DoMacros”, “AttributeType”, se define justo debajo de “SectionName” y los valores de los atributos “AttributeValues” se definen dentro de “Atributes”. Implementar la plantilla de esta forma permite tener acceso a otras funciones. Dentro de la sección, se agrega el campo de “DoEnableWhenAll”, el cual se encargará de habilitar atributos de la sección si es que la condición declarada en “DoCondition” se cumple, en caso contrario, los atributos serán ocultados. A “DoEnableWhenAll” se le debe asignar un identificador que será usado en el subcampo llamado “DoCondition” dentro de un atributo; dicho subcampo hace referencia al identificador mencionado y le establece una condición. En el último fragmento de código, la condición es que el valor de “Tipo de Intersección (p. 58)” sea diferente de “Ninguna”. Dentro de los atributos, hay dos subcampos más: “DoDisabledValue” y “DoIgnoreExternalEnables”, el primero recibe un texto entrecomillado como valor y se encarga de auto llenar los atributos deshabilitados por la condición con el texto estipulado, mientras que el segundo recibe un valor booleano (“true” o “false”) sin entrecomillar para indicar que se ignora (true) o no (false) la condición de deshabilitar ese atributo. En el fragmento anterior, el atributo “Tipo de intersección (p. 58)” posee “true” en “” para ignorar la condición, ya que éste siempre debe permanecer habilitado para poder cambiar la condición. En la Figura 2.8 se puede ver una demostración.



**Figura 2.8 Efectos en los atributos de la sección de poner un valor u otro**

Si no se desea implementar estas funciones adicionales de deshabilitar/habilitar atributos y solo se busca codificarlos, es recomendable quedarse con el estilo de implementación del primer fragmento de código JSON.

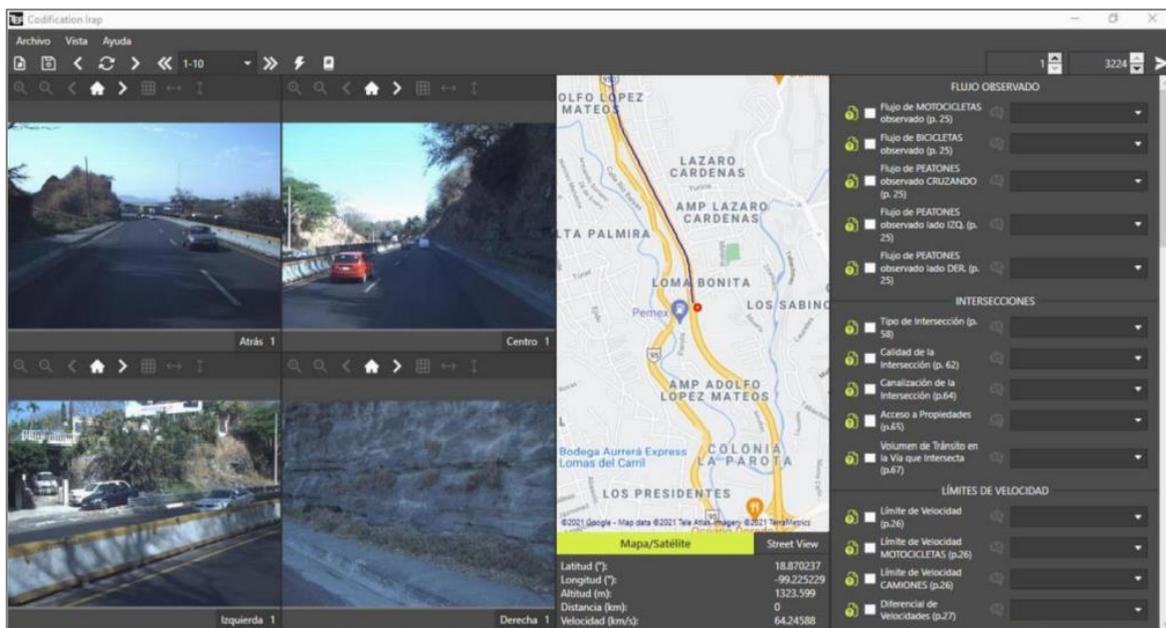
Es posible que, si se desea crear una plantilla a partir de la oficial que viene con la aplicación, se encuentren campos no mencionados (como “DoComment” y “DoImplements”). Para esta versión de la aplicación, esos

campos no tienen ningún efecto sobre el comportamiento de la plantilla y pueden ser omitidos en la implementación de una nueva plantilla.

Es importante hacer notar que la plantilla en la interfaz principal desplegará las secciones y los atributos a codificar en el orden en el que se hayan declarado dentro del archivo JSON, por lo que, si se desea un orden en específico, se tendrían que mover las secciones y/o atributos dentro del archivo JSON e importarlo como una nueva plantilla.

## 2.3 En la interfaz principal

Cuando el usuario ha creado o abierto un proyecto en la aplicación, el software se tardará un tiempo en procesar las imágenes extraídas de los videos “.avi” generados durante el levantamiento, en implementar la plantilla requerida (ver sección 2.2.5) y en cargar el mapa con las coordenadas GPS obtenidas durante el levantamiento. Cuando la aplicación terminó los procesamientos principales, la interfaz que se presentará ante el usuario se muestra en la Figura 2.9.



**Figura 2.9** Interfaz principal de la aplicación

Esta es la interfaz en la que los usuarios pueden generar la codificación que consecuentemente será exportada para la evaluación de iRAP.

### 2.3.1 Pestaña de “Archivo”

Se puede apreciar en la parte superior de la interfaz principal que existen muchos botones para interactuar con la aplicación. Estos botones se pueden ver con mayor nitidez en la Figura 2.10.



**Figura 2.10 Opciones dentro de la pestaña de “Archivo”**

Cuando el usuario selecciona la pestaña de archivo, se despliega un menú que le permite realizar dos funciones: guardar el proyecto y cerrar el proyecto.

### **2.3.1.1 Salvar proyecto**

Si el usuario selecciona la función de “Guardar Proyecto”, cualquier codificación que se haya hecho será guardada en el proyecto (para más detalles acerca del guardado, ver sección 2.3.4).

### **2.3.1.2 Cerrar proyecto**

La otra función presente en la pestaña de “Archivo” es la de “Cerrar Proyecto” como se muestra en la Figura 2.10. Esta función únicamente cerrará la interfaz principal y redireccionará al usuario a la pantalla de inicio luego de desplegar un par de confirmaciones y avisos (para más detalles acerca de estos avisos, revisar la sección 2.4).

## **2.3.2 Pestaña de “Vista”**

La segunda pestaña en la parte superior que se puede encontrar es la de “Vista” (ver Figura 2.11), la cual tiene dos funciones principales: cambiar la apariencia y traer la ventana de eventos.



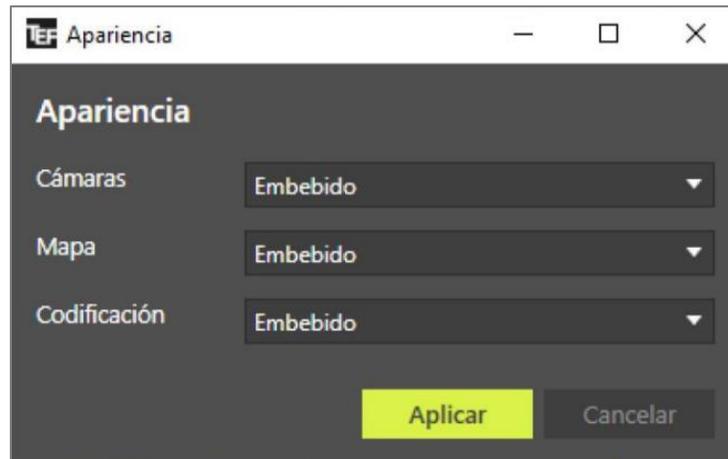
**Figura 2.11 Opciones dentro de la pestaña de “Vista”**

### **2.3.2.1 Desacoplar ventanas de la interfaz**

En la primera función dentro de la pestaña de “Vista” nombrada “Apariencia” aparece una ventana como la que se muestra en la Figura 2.12, la cual le permite al usuario personalizar el aspecto de la interfaz principal.

Las vistas principales pueden manipularse con las de las cámaras, la del mapa y la de la plantilla de codificación. Si una de las vistas es alterada,

aquel estado será guardado en memoria y seguirá presente cuando se reanude la codificación posteriormente.



**Figura 2.12 Ventana para personalizar la vista**

Si se desea que un elemento sea removido de la interfaz, el usuario debe cambiar el estado de ese elemento de “Embebido” a “Oculto”. En la Figura 2.13 se puede ver un ejemplo en el que se cambió el estado del mapa a “Oculto”, por lo que ya no aparece en la interfaz principal.



**Figura 2.13 Interfaz principal con vista del mapa en “Oculto”**

La otra opción para personalizar la interfaz es con el estado de “Ventana”, lo que le permite al usuario desacoplar las imágenes de los videos, la plantilla de codificación o el mapa de la interfaz principal. Se puede ver en la Figura 2.14 un ejemplo en el que el estado del mapa fue cambiado a “Ventana”.

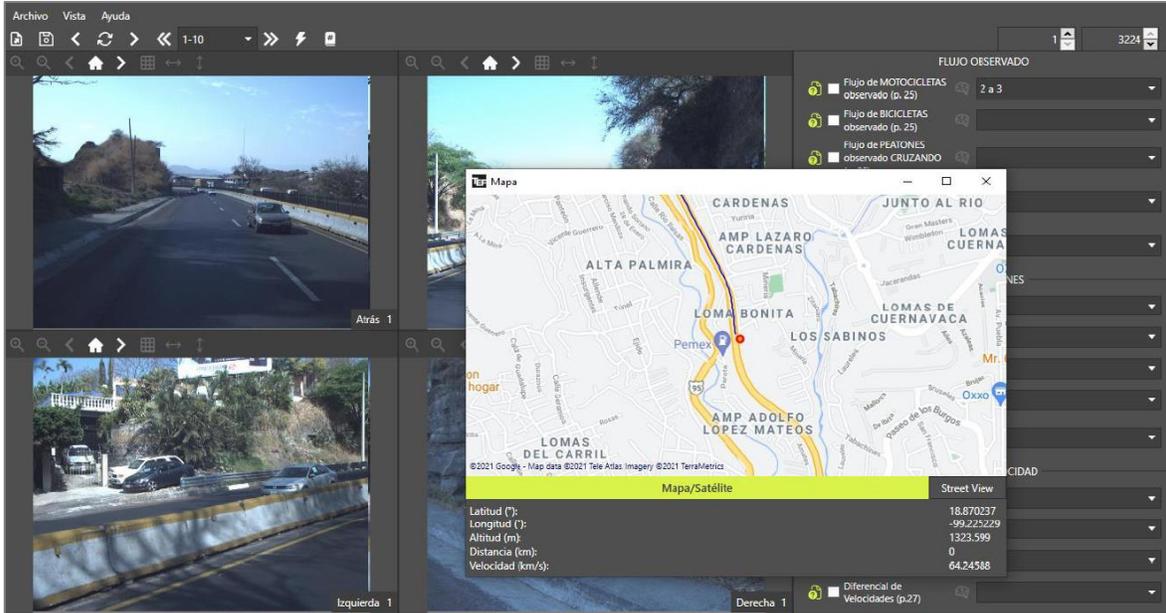


Figura 2.14 Interfaz principal con vista del mapa en “Ventana”

Además de los estados de “Embebido”, “Oculto” y “Ventana”, únicamente la vista de las cámaras tiene una cuarta opción llamada “Ventanas”, la cual permite desacoplar todas las imágenes en 4 ventanas diferentes. En las Figuras 2.15 y 2.16 se puede ver la diferencia entre utilizar el estado de “Ventana” y “Ventanas” para la vista de las cámaras.

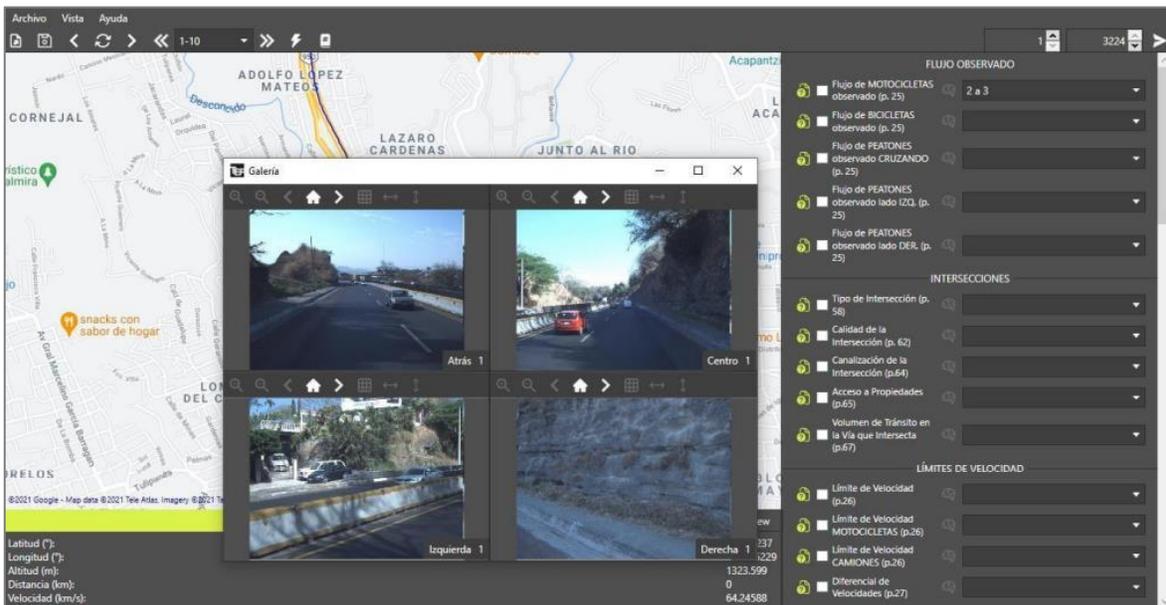


Figura 2.15 Interfaz principal con vista de cámaras en “Ventana”



**Figura 2.16 Interfaz principal con vista de cámaras en “Ventanas”**

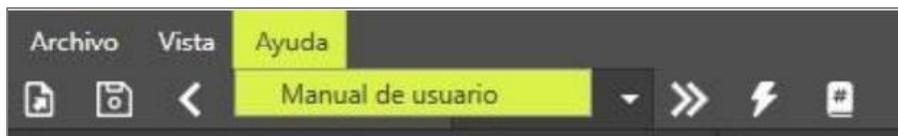
Si se desea volver a acoplar todos los elementos de vuelta en la interfaz como en la Figura 2.9, sólo se deben cambiar los estados de los tres elementos de vuelta a “Embebido”.

### 2.3.2.2 Traer ventana de eventos

La segunda función de la pestaña de “Vista” que tiene por nombre “Eventos” le permite al usuario traer una ventana que recopila todos los eventos registrados durante el levantamiento, facilitando la navegación entre todos los fotogramas recuperados de los videos generados (para más detalles en cuanto a la ventana de eventos, ver sección 2.3.7).

### 2.3.3 Pestaña de “Ayuda”

La última pestaña en la parte superior de la interfaz principal es la de “Ayuda”. La única función que es desplegada al seleccionar la pestaña es la de abrir el “Manual de usuario” de la aplicación como se muestra en la Figura 2.17.



**Figura 2.17 Opciones dentro de la pestaña “Ayuda”**

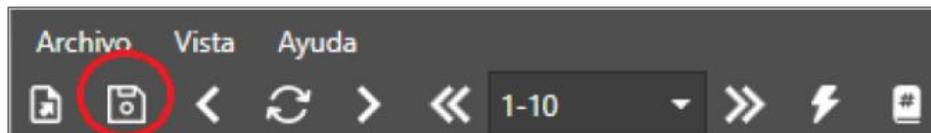
### 2.3.3.1 Abrir manual de usuario

Esta función simplemente abre el manual de usuario presente, creando un acceso directo al archivo .pdf y eliminando la necesidad de buscar el manual dentro del explorador de archivos del usuario.

### 2.3.4 Salvando la codificación en archivo “.tef”

Si un usuario desea guardar su proyecto en disco local, tiene dos opciones para ello:

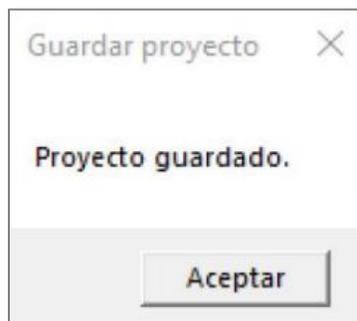
- Seleccionar la pestaña de “Archivo” y “Guardar Proyecto” (ver sección 2.3.1.1).
- Seleccionar el botón con ícono de disco en la barra de herramientas principal como se muestra en la Figura 2.18.



**Figura 2.18 Botón para salvar proyecto en barra de herramientas principal**

El proyecto se guarda en un archivo con extensión “.tef”, el cual se crea en el directorio que el usuario definió cuando creó un nuevo proyecto (ver sección 2.2.1). La información que se guarda en el archivo del proyecto incluye a los fotogramas recuperados, la plantilla de codificación utilizada, los atributos codificados en cada intervalo definido y los pivotes definidos de inicio y fin para las codificaciones.

Una vez que se haya terminado el proceso de actualizar el archivo “.tef”, aparecerá un mensaje en pantalla como el que se muestra en la Figura 2.19, indicando que el proyecto ya se guardó.



**Figura 2.19 Mensaje de proyecto guardado.**

## 2.3.5 Moverse entre fotogramas

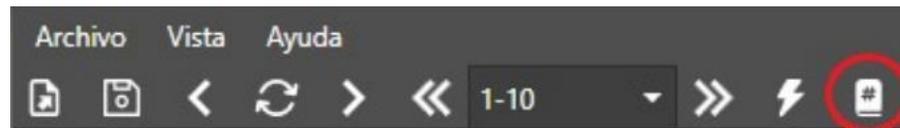
La barra de herramientas principal contiene más funciones para interactuar con la aplicación. Las funciones marcadas con un círculo rojo en la Figura 2.20 le permiten al usuario mover todas las cámaras a distintos fotogramas.



**Figura 2.20 Herramientas para mover cámaras entre fotogramas**

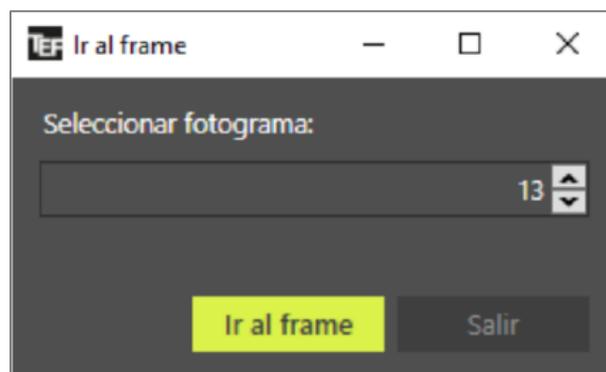
Las flechas hacia la izquierda y derecha permiten al usuario mover las 4 cámaras un fotograma hacia adelante y hacia atrás. Las flechas en círculo mueven las 4 cámaras al primer fotograma del intervalo definido para codificar (ver sección 2.3.5).

Si el usuario desea brincar a un número de fotograma específico, puede seleccionar el botón del libro con un numeral como el que se muestra en la Figura 2.21.



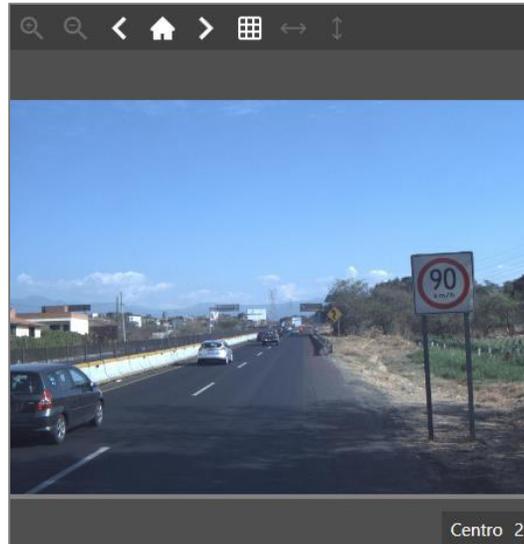
**Figura 2.21 Botón para brincar a un fotograma**

Seleccionar aquel botón abre una ventana como la que se muestra en la Figura 2.22, la cual permite al usuario introducir un número de fotograma y mueve las 4 cámaras al fotograma indicado en cuanto se selecciona el botón "Ir al frame".



**Figura 2.22 Ventana de salto a fotogramas**

Cada cámara cuenta con su propia barra de herramientas (como se muestra en la Figura 2.23) y se indica el número de fotograma y la cámara de la cual se tiene la imagen. En esta versión de la aplicación, los únicos botones que tienen una función implementada son los de las flechas, la casa y el grid.



**Figura 2.23 Ventana de una cámara con su barra de herramientas**

La flecha hacia la izquierda y a la derecha le permiten al usuario mover esa sola cámara un fotograma hacia atrás y hacia adelante, respectivamente. El botón de la casa mueve esa cámara al primer fotograma del intervalo definido para codificar en el que se encuentra el usuario (ver sección 2.3.7).

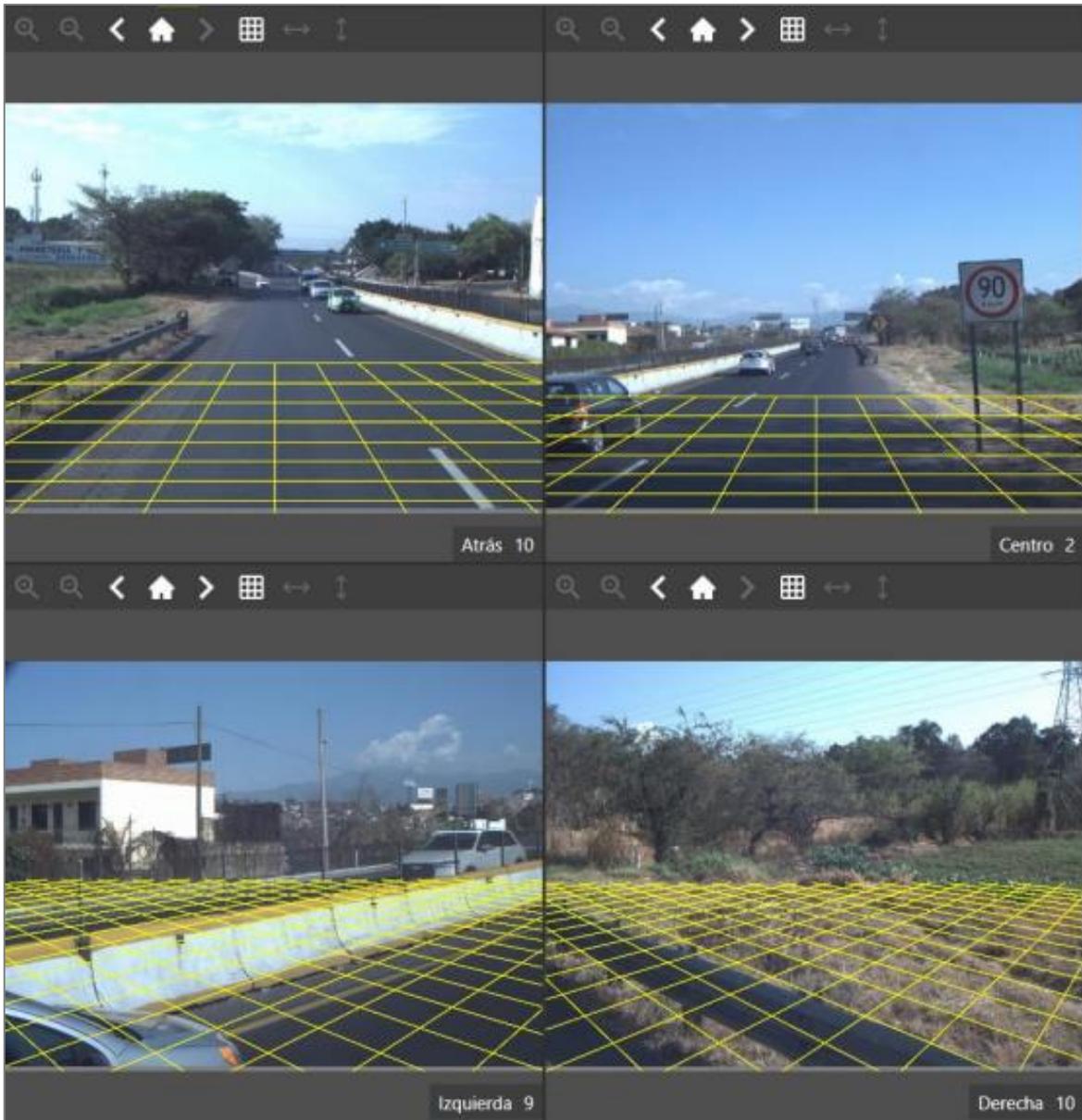
### 2.3.6 Uso de Grid

La barra de herramientas de cada cámara cuenta con un botón en forma de cuadrícula que al ser presionado activa o desactiva la función de cuadrícula (Grid). Cuando está encendido, se mantiene visible al navegar entre los diferentes cuadros (frames) de la cámara. El botón se señala en la Figura 2.24.



**Figura 2.24 Herramienta para activar y desactivar el Grid**

La cuadrícula (el Grid) se dibuja con base en los datos de calibración de las cámaras que se generan con los puntos cercanos y lejanos medidos al comienzo del levantamiento. Es por eso que es diferente en cada cámara y en las laterales hay una inclinación con respecto al eje Y. Estas inclinaciones se aprecian en la Figura 2.25.



**Figura 2.25 Vista general de la cuadrícula (Grid) en las cuatro cámaras**

### 2.3.6.1 Interpretación de la cuadrícula (Grid)

Es posible obtener medidas reales aproximadas de los fotogramas del proyecto con la cuadrícula (Grid). La distancia real en el espacio entre las líneas verticales es de 1 metro, como se muestra en la Figura 2.26. Esa medida es generada con los datos de calibración que se encuentran en el archivo del levantamiento. Se puede utilizar esa referencia para obtener la dimensión de interés del operador del codificador.



Figura 2.26 Interpretación del Grid

### 2.3.7 Moverse entre intervalos de codificación

La barra de tareas principal permite al usuario moverse entre cuadros (frames o intervalos) de codificación. Dichas herramientas se encuentran circuladas en la Figura 2.27.



Figura 2.27 Herramientas para moverse entre intervalos de codificación

Las dobles flechas hacia la izquierda y derecha permiten al usuario moverse un intervalo hacia atrás y hacia adelante, respectivamente. La pestaña despliega una lista con todos los intervalos encontrados y le permiten al usuario saltar al intervalo que seleccione de aquella lista. La vista del despliegue de la pestaña de intervalos se aprecia en la Figura 2.28.



Figura 2.28 Pestaña con intervalos definidos

### 2.3.7.1 Cambiando pivotes de inicio y fin

A la derecha de la barra de herramientas principal se encuentran un par de números y un botón de flecha como los que se muestra en la Figura 2.29. Esos campos sirven para cambiar el pivote de inicio y fin de la codificación. El primer campo fija el pivote de inicio, el segundo campo fija el pivote de fin y el botón de la derecha aplica los cambios a la interfaz.



**Figura 2.29 Campos para cambiar pivotes de inicio y fin**

En caso de que se quiera llevar a cabo una entrada de pivotes inválida (como poner un pivote de inicio mayor al de salida), los cambios no se aplicarán. En caso de que el pivote de salida sea mayor al número de fotogramas recuperados de los videos, la cifra será dividida entre 10 hasta que la cifra sea menor al número de fotogramas recuperados. Si se hace una entrada en el pivote de fin y el número se altera, significa que el límite se está sobrepasando, en este caso, es mejor revisar bien el número de fotogramas que fueron obtenidos durante el levantamiento.

Nótese en la Figura 2.29 que, al cambiar los pivotes de inicio y fin, se ven reflejados los cambios en la pestaña de intervalos definidos. Es importante mencionar también que los intervalos contienen 10 fotogramas, si se desean establecer puros intervalos de 10 fotogramas cada uno, se debe fijar un número para el pivote de inicio y a continuación el pivote de fin debe tener en sus unidades una cifra menor a las unidades del pivote de inicio. Por ejemplo, si se fija un pivote de inicio con el número 23, el pivote de fin debe ser un número que termine en 2, como 3602. En caso de no seguirse esta regla, el último intervalo de codificación será de un tamaño diferente de 10.

### 2.3.8 Mostrar ventana de eventos

Dentro de la barra de herramientas principal existe un botón con un relámpago como en la Figura 2.30. Esta función es una réplica de lo que hace la función de “Eventos” dentro de la pestaña de “Vista” (ver sección 2.3.2.2).



**Figura 2.30 Botón en barra de herramientas para traer ventana de eventos**

Al seleccionar dicho botón se traerá una ventana como la que se muestra en la Figura 2.31, con todos los eventos registrados durante el levantamiento y el número de fotograma al cual se relaciona cada uno de los eventos.



**Figura 2.31 Ventana de eventos recopilados**

Si el usuario selecciona uno de los eventos, las 4 cámaras se moverán al fotograma que corresponde al evento seleccionado y el intervalo de codificación se ajustará para que el fotograma al que se navegó concuerde con el intervalo.

### 2.3.9 Información del mapa

Uno de los elementos principales de la interfaz es el mapa que extrae directamente la información de GPS generada en el levantamiento, el cual despliega latitud, longitud, altitud, distancia recorrida y velocidad del vehículo en momentos precisos del levantamiento. Se recupera la información del primer fotograma del intervalo definido para desplegarla en la parte inferior de la ventana del mapa, la ruta completa del levantamiento es desplegada como una trayectoria azul y el círculo rojo con naranja muestra la ubicación del primer fotograma del intervalo. En la Figura 2.32 se demuestran todos los aspectos mencionados en esta sección.

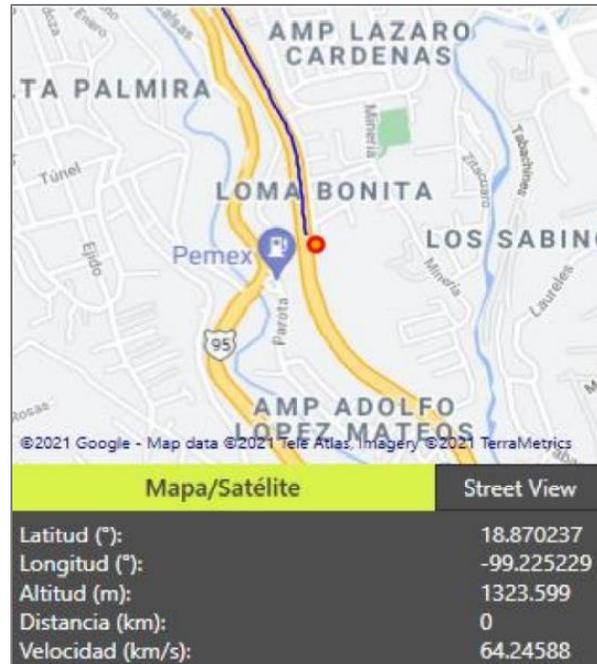


Figura 2.32 Ventana de mapa con datos GPS

### 2.3.9.1 Cambiar tipo de mapa

Entre la ventana del mapa y la ventana con los datos GPS se encuentran un par de botones con funciones adicionales. El primer botón que dice “Mapa/Satélite” hace que el aspecto del mapa cambie, pasando de ser un mapa con vista de Google a ser un mapa con vista de satélite como se muestra en la Figura 2.33.



Figura 2.33 Comparación de mapa de Google con mapa de satélite

Nótese que la posición del primer fotograma del intervalo y su información GPS y la ruta permanecen igual, es sólo la vista del mapa lo que cambia con esta función.

### 2.3.9.2 Abrir Street View en navegador

El segundo botón lleva como nombre “Street View”. Este botón abrirá la vista de calle en las coordenadas GPS que aparecen en la vista debajo del mapa de la interfaz principal de la aplicación. La vista de calle se abrirá en el navegador de la preferencia del usuario como se muestra en la Figura 2.34.

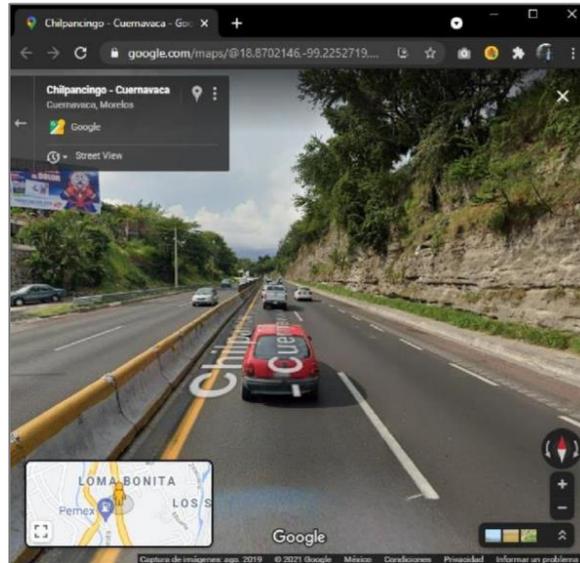


Figura 2.34 Vista de calle en navegador web

Cabe mencionar que, para acceder a la vista de calle, el usuario requiere de una conexión a Internet para abrir la vista en el navegador web.

### 2.3.10 Codificando cuadros (frames)

El tercer elemento principal de la aplicación es la ventana para codificar con la plantilla elegida al crear el proyecto (ver sección 2.2.1). Esta plantilla está dividida en secciones con atributos a codificar con diferentes entradas, ya sean de texto o de opciones (para más detalles acerca de las plantillas, revisar la sección 2.2.5.1). En la Figura 2.35 se muestran algunas secciones con distintos atributos a codificar.

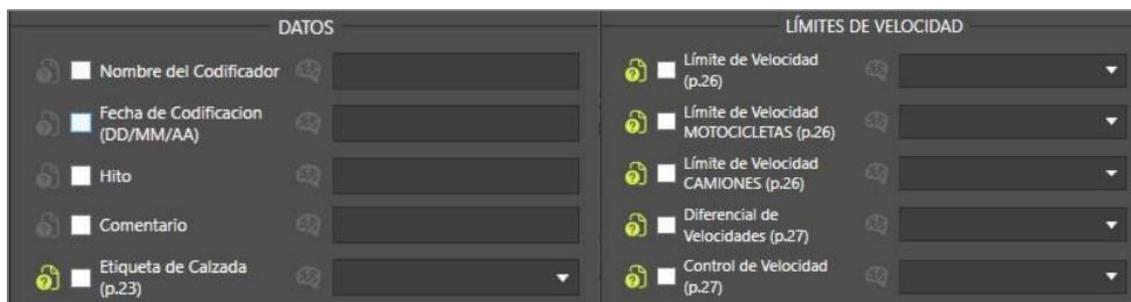
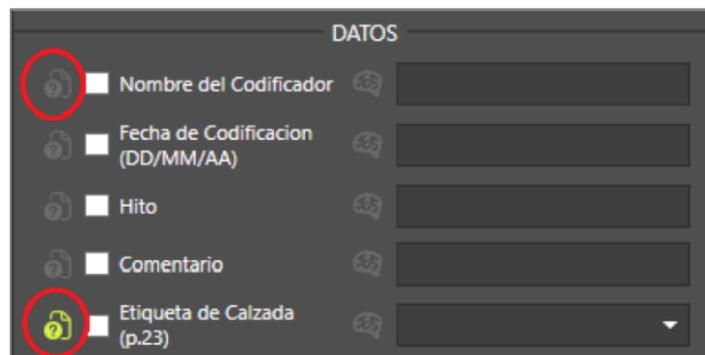


Figura 2.35 Secciones con atributos a codificar

Estos atributos deben ser codificados en cada intervalo de fotogramas definido en la pestaña de intervalos de la barra de herramientas principal (ver sección 2.3.7) para poder exportar una codificación completa del proyecto (ver sección 2.3.11).

### 2.3.10.1 Abrir manual de iRAP

Algunos atributos de la plantilla tendrán habilitado un botón a la izquierda de su nombre, como se muestra en la Figura 2.36. Estos atributos poseen un número entre paréntesis al final de su nombre, indicando el número de página en el que se encuentra el detalle de dicho atributo dentro del manual de iRAP. Dicho número es muy importante dentro del nombre, ya que, sin él, el botón no se habilitaría, lo que es importante de considerar cuando se quiera construir una plantilla (para más detalles de la gestión de plantillas, ver sección 2.2.5.1).

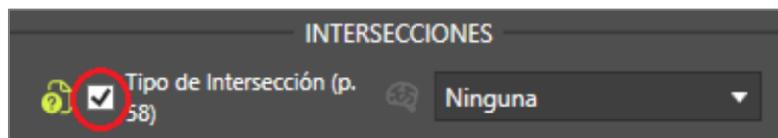


**Figura 2.36 Botones de ayuda con atributos de iRAP**

Si el usuario selecciona alguno de esos botones habilitados, se abrirá una ventana con el manual de iRAP en la página en la que se encuentra el detalle del atributo que corresponde al botón presionado.

### 2.3.10.2 Uso de la casilla de verificación (checkbox)

Junto a cada atributo está presente una casilla de verificación (checkbox), como se muestra en la Figura 2.37. Su función es mantener el valor que se asignó a un atributo en determinado intervalo para que sea asignado al siguiente.



**Figura 2.37 Casilla de verificación (checkbox) para mantener valores de los atributos**

Es importante mencionar que las casillas de verificación (checkbox) sólo se mantienen seleccionadas cuando el usuario se mueve al siguiente intervalo de codificación usando la doble flecha hacia la derecha de la barra de herramientas principal para avanzar de intervalo (ver sección 2.3.7). Si se utiliza la doble flecha hacia la izquierda para regresar, la navegación por evento (ver sección 2.3.8), la navegación a través de la pestaña de intervalos o la navegación por el botón del libro (ver sección 2.3.5), la casilla de verificación se deselecciona con el fin de evitar que se recorran errores no deseados a través de todos los intervalos por los que el usuario navegue.

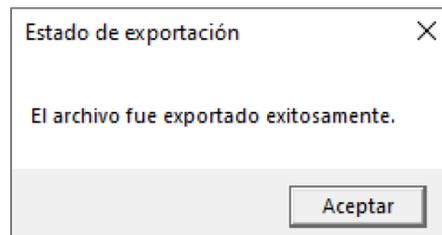
## 2.3.11 Exportando la codificación

Dentro de la barra de herramientas principal, hay un botón a la izquierda con forma de una hoja con flecha como se muestra en la Figura 2.38, el cual sirve para exportar la codificación que se realizó para el proyecto a un archivo “.csv”, con los atributos de la plantilla y otros datos que son recuperados de los archivos generados durante el levantamiento.



**Figura 2.38 Botón de exportación en barra de herramientas**

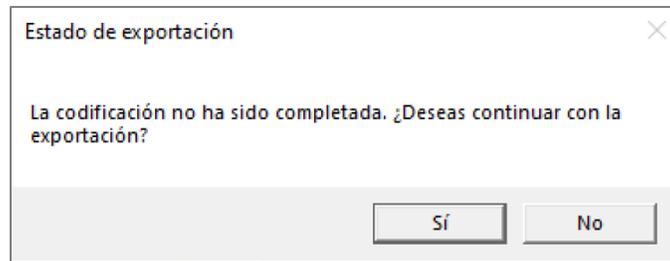
Cuando se intente exportar una codificación a un archivo “.csv”, se abrirá un explorador de archivos para que el usuario tenga la opción de guardar la exportación en el directorio que desee. Una vez que la exportación se realice exitosamente, aparecerá en pantalla un mensaje como el que se muestra en la Figura 2.39.



**Figura 2.39 Mensaje de exportación exitosa**

### 2.3.11.1 Aviso de codificación incompleta

En caso de que un usuario desee exportar a un archivo “.csv” una codificación incompleta, aparecerá en pantalla un mensaje como el que se muestra en la Figura 2.40, notificando que el proyecto tiene atributos que no han sido codificados. Si la codificación está completa, el mensaje no aparecerá.



**Figura 2.40 Mensaje de advertencia de codificación incompleta**

Nótese que el mensaje pregunta al usuario si desea continuar, lo que significa que, a pesar de que la codificación no esté completa, aún está permitido exportar la codificación que se tenga. Esta es una buena estrategia para verificar que todos los atributos a codificar en todos los intervalos definidos estén completos, ya que el mensaje de la Figura 2.40 aparecerá si hay un solo atributo en la plantilla que no esté codificado.

## 2.4 Cerrando un proyecto

Un usuario tiene dos formas de cerrar un proyecto. Una forma es a través de la pestaña de “Archivo” y la función de “Cerrar Proyecto”, para regresar a la pantalla de inicio y abrir o crear otro proyecto. La otra forma es cerrando la aplicación directamente con la ‘X’ de la esquina superior derecha. A pesar de que son dos formas diferentes de cerrar un proyecto, la aplicación pasa por los mismos procedimientos y despliega los mismos avisos dependiendo de la condición de la aplicación.

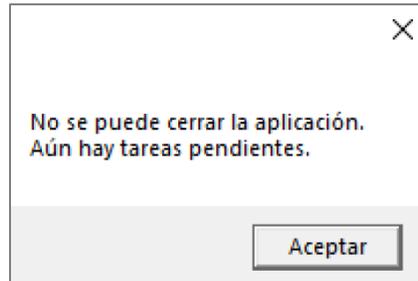
### 2.4.1 Aviso de procesos pendientes

Cuando se crea un nuevo proyecto, existen muchos procesos que corren en primer plano, pero también hay muchos que corren en segundo plano. Si todos los procesos corrieran en primer plano, empezar a trabajar en un proyecto tomaría mucho tiempo y no se podrían utilizar los recursos principales para empezar a codificar hasta que se terminen de ejecutar. Para evitar este retraso, muchos procesos corren en segundo plano, con la finalidad de que las funciones principales de la aplicación estén disponibles para el usuario más pronto.

Sin embargo, tener procesos corriendo en segundo plano impide que se pueda cerrar un proyecto. Si un usuario intenta cerrar la aplicación o el proyecto mientras se sigan corriendo procesos, la petición será anulada y aparecerá un mensaje como el que se muestra en la Figura 2.41.

La razón de desplegar este mensaje es para evitar que ocurran conflictos al momento de guardar proyectos, que se pueden generar si su creación no concluye todos los procesamientos necesarios. En este escenario, no se

le da la opción al usuario de proceder con la petición de cierre para mantener la integridad del proyecto en buen estado.

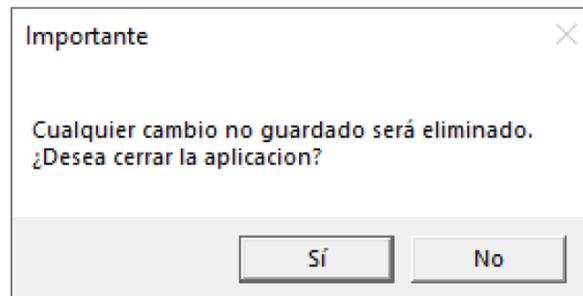


**Figura 2.41 Aviso de procesos pendientes en segundo plano**

Para poder cerrar el proyecto o la aplicación, el usuario debe esperar un periodo de tiempo, con el fin de darle oportunidad de terminar todos los procesos pendientes.

## 2.4.2 Salvar antes de cerrar (aviso)

Si ya no hay procesos corriendo en segundo plano y el usuario desea cerrar la aplicación o el proyecto, aparecerá un mensaje como el que se muestra en la Figura 2.42, en el que el usuario tendrá la oportunidad de proceder con la petición o cancelarla. Este aviso siempre aparecerá como recordatorio de que es conveniente salvar el proyecto antes de cerrarlo independientemente de que se haya guardado o no previo a la petición de cierre.



**Figura 2.42 Aviso de guardar cambios antes de cerrar el proyecto**

## Conclusiones

---

La metodología iRAP es la versión general de los Programas de Evaluación de Carreteras en todo el mundo, consiste en una serie de procesos encaminados a clasificar una vía y a realizar un plan de inversión para aumentar su seguridad.

El Instituto Mexicano del Transporte ha colaborado con iRAP desde su llegada a México, donde para el proceso de captura de los atributos de la vía utiliza el software “Hawkeye Processing Toolkit”. Debido al costo considerable para adquirir más licencias y con el fin de ampliar la capacidad técnica de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, se desarrolló la presente aplicación de escritorio para la codificación de los atributos requeridos en la clasificación por estrellas iRAP.



## Bibliografía

---

Arrb Systems. (30 de 11 de 2022). *Hawkeye 2000 Series General Specification*. Obtenido de <https://arrbsystems.com/fact-sheet/hawkeye-2000/>

International Road Assessment Programme [iRAP]. (2013). *iRAP Methodology, Star Rating Bands*. Basingstoke, Hampshire: iRAP.

International Road Assessment Programme [iRAP]. (2019). *Manual de codificación del iRAP, edición para la conducción sobre la derecha*. Basingstoke, Hampshire: iRAP. Obtenido de <https://irap.org/specifications/>.

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (30 de 11 de 2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>



# Anexo 1

**Tabla A.1 Atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID	Categoría
1	Nombre del codificador	NA	NA
2	Fecha de codificación	NA	NA
3	Fecha de inspección de la vía	NA	NA
4	Referencia de imagen	NA	NA
5	Nombre de la vía	NA	NA
6	Sección/Tramo	NA	NA
7	Distancia	NA	NA
8	Longitud	NA	NA
9	GPS Latitud	NA	NA
10	GPS Longitud	NA	NA
11	Hito	NA	NA
12	Comentarios	NA	NA
13	Calzada	1	Calzada A de una vía dividida
		2	Calzada B de una vía dividida
		3	Calzada no dividida
		4	Calzada A de una instalación para motocicletas
		5	Calzada B de una instalación para motocicletas
14	Costo de mejoras	3	Alto
		2	Medio
		1	Bajo
15	Flujo observado de motocicletas	1	Ninguno
		2	1 Motocicleta
		3	2 a 3 motocicletas
		4	4 a 5 motocicletas
		5	6 a 7 motocicletas
		6	Más de 8 motocicletas
16	Flujo observado de bicicletas	6	Más de 8 bicicletas
		5	6 a 7 bicicletas
		4	4 a 5 bicicletas
		3	2 a 3 bicicletas
		2	1 bicicleta
		1	Ninguno
17	Flujo de peatones observado cruzando la vía	6	Más de 8 peatones cruzando la vía
		5	6 a 7 peatones cruzando la vía
		4	4 a 5 peatones cruzando la vía
		3	2 a 3 peatones cruzando la vía
		2	1 peatón cruzando la vía
		1	Ninguno

**(continuación)**  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
18	Flujo de peatones observado a lo largo de la vía-lado del conductor	6	Más de 8 peatones a lo largo de la vía-lado del conductor
		5	6 a 7 peatones a lo largo de la vía-lado del conductor
		4	4 a 5 peatones a lo largo de la vía-lado del conductor
		3	2 a 3 peatones a lo largo de la vía-lado del conductor
		2	1 peatón a lo largo de la vía-lado del conductor
		1	Ninguno
19	Flujo de peatones observado a lo largo de la vía-lado del copiloto	6	Más de 8 peatones a lo largo de la vía-lado del copiloto
		5	6 a 7 peatones a lo largo de la vía-lado del copiloto
		4	4 a 5 peatones a lo largo de la vía-lado del copiloto
		3	2 a 3 peatones a lo largo de la vía-lado del copiloto
		2	1 peatón a lo largo de la vía-lado del copiloto
		1	Ninguno
20	Uso del suelo – lado del conductor	6	Educativo
		4	Comercial
		7	Industrial y manufactura
		3	Residencial
		2	Agricultura y Ganadería
		1	Áreas no desarrolladas
21	Uso del suelo – lado del copiloto	6	Educativo
		4	Comercial
		7	Industrial y manufactura
		3	Residencial
		2	Agricultura y Ganadería
		1	Áreas no desarrolladas
22	Tipo de zona	2	Urbana
		1	Rural
23	Límite de velocidad	25	≥ 150 km/h
		23	140 km/h
		21	130 km/h
		19	120 km/h
		17	110 km/h
		15	100 km/h
		13	90 km/h
		11	80 km/h
		9	70 km/h
		7	60 km/h
		5	50 km/h
		3	40 km/h
		1	< 30 km/h
		45	≥ 90 mph
		43	80 mph
41	70 mph		
39	60 mph		
37	50 mph		

(continuación)  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
		35	40 mph
		33	30 mph
		31	< 20 mph
24	Límite de velocidad para motocicletas	25	≥ 150 km/h
		23	140 km/h
		21	130 km/h
		19	120 km/h
		17	110 km/h
		15	100 km/h
		13	90 km/h
		11	80 km/h
		9	70 km/h
		7	60 km/h
		5	50 km/h
		3	40 km/h
		1	<30 km/h
		45	≥ 90 mph
		43	80 mph
		41	70 mph
		39	60 mph
37	50 mph		
35	40 mph		
33	30 mph		
31	< 20 mph		
25	Límite de velocidad para camiones	25	≥ 150 km/h
		23	140 km/h
		21	130 km/h
		19	120 km/h
		17	110 km/h
		15	100 km/h
		13	90 km/h
		11	80 km/h
		9	70 km/h
		7	60 km/h
		5	50 km/h
		3	40 km/h
		1	<30 km/h
		45	≥ 90 mph
		43	80 mph
		41	70 mph
		39	60 mph
37	50 mph		
35	40 mph		
33	30 mph		
31	< 20 mph		

(continuación)  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
26	Velocidades diferenciales	2	Presente
		1	No presente
27	Tipo de separador central/mediana	11	Línea central
		14	Línea central ancha (0.3 m a 1 m)
		10	Achurado central (> 1m)
		8	Carril central de giro continuo
		9	Postes flexibles
		7	Ancho físico de la mediana 0 a < 1m
		6	Ancho físico de la mediana 1a < 5 m
		5	Ancho físico de la mediana a 5 a < 10 m
		2	Barrera de seguridad - concreto
		1	Barrera de seguridad - metálica
		12	Barrera de seguridad - apta para motocicletas
		15	Barrera de seguridad - cable de acero
		4	Ancho físico de la mediana 10 a < 20 m
		3	Ancho físico de la mediana ≥ 20 m
		13	Un sentido
28	Banda alertadora central	1	No presente
		2	Presente
29	Severidad lateral al costado de la vía - distancia al objeto - lado del conductor	1	0 a < 1m
		2	1a < 5 m
		3	5 a < 10 m
		4	≥ 10 m
30	Severidad lateral al costado de la vía - objeto - lado del conductor	10	Precipicio
		11	Árbol ≥ 10 cm diámetro.
		12	Poste, señal, mástil ≥ 10cm diámetro.
		15	Extremo de barrera de seguridad sin protección
		5	Cara vertical agresiva
		6	Talud de corte con pendiente ascendente (15° a 75°)
		8	Zanja de drenaje profundo
		9	Terraplén (> -15°)
		16	Rocas grandes ≥ 20 cm de alto
		13	Estructura rígida/pila de puente o edificio
		14	Estructura semi rígida o edificio
		2	Barrera de seguridad - concreto
		1	Barrera de seguridad - metálica
		4	Barrera de seguridad - cable de acero
		3	Barrera de seguridad - apta para motocicletas
		7	Talud de corte con pendiente ascendente (≥ 75°)
			No hay objetos
31	Severidad lateral al costado de la vía - distancia al objeto - lado del copiloto	1	0 a < 1m
		2	1 a < 5 m
		3	5 a < 10 m
		4	≥ 10 m

**(continuación)**  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
32	Severidad lateral al costado de la vía - objeto -lado del copiloto	10	Precipicio
		11	Árbol $\geq 10$ cm diámetro
		12	Poste, señal, mástil $\geq 10$ cm diámetro
		15	Extremo de barrera de seguridad sin protección
		5	Cara vertical agresiva
		6	Talud de corte con pendiente ascendente ( $15^\circ$ a $75^\circ$ )
		8	Zanja de drenaje profundo
		9	Terraplén ( $> -15^\circ$ )
		16	Rocas grandes $\geq 20$ cm de alto
		13	Estructura rígida/pila de puente o edificio
		14	Estructura semi rígida o edificio
		2	Barrera de seguridad - concreto
		1	Barrera de seguridad - metálica
		4	Barrera de seguridad - cable de acero
		3	Barrera de seguridad - apta para motocicletas
		7	Talud de corte con pendiente ascendente ( $\geq 75^\circ$ )
		17	No hay objetos
33	Bandas alertadoras sobre berma/acotamiento	1	No presente
		2	Presente
34	Berma/Acotamiento pavimentado – lado del conductor	4	Ninguna
		3	Angosto ( $\geq 0$ m a $< 1.0$ m)
		2	Mediano ( $\geq 1.0$ m a $< 2.4$ m)
		1	Ancho ( $\geq 2.4$ m)
35	Berma/Acotamiento pavimentado – lado del copiloto	4	Ninguna
		3	Angosto ( $\geq 0$ m a $< 1.0$ m)
		2	Mediano ( $\geq 1.0$ m a $< 2.4$ m)
		1	Ancho ( $\geq 2.4$ m)
36	Tipo de Intersección	8	4 ramas, sin semáforo, sin carril de giro
		17	Mini Rotonda/Glorieta
		7	4 ramas, sin semáforo con carril de giro
		10	4 ramas, con semáforo sin carril de giro
		13	Cruce ferroviario - pasivo (solamente con señales)
		4	3 ramas, sin semáforo sin carril de giro
		9	4 ramas, con semáforo con carril de giro
		6	3 ramas, con semáforo con carril de giro
		3	3 ramas, sin semáforo con carril de giro
		5	3 ramas, con semáforo con carril de giro
		14	Cruce ferroviario - activo (luces intermitentes / barreras de acceso)
		2	Rotonda/Glorieta
		1	Carril de incorporación
		15	Punto de cruce de mediana - informal
		16	Punto de cruce de mediana - formal
		12	Ninguno
		199	No utilizar este código
37	Canalización de la intersección	2	Presente
		1	No presente

**(continuación)**  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
38	Volumen de la intersección vial	1	≥ 15 000 vehículos
		2	10 000 a 15 000 vehículos
		3	5 000 a 10 000 vehículos
		4	1000 a 5 000 vehículos
		5	100 a 1000 vehículos
		6	1 a 100 vehículos
		7	No aplica
39	Calidad de la intersección	2	Deficiente
		1	Adecuada
		3	No aplica
40	Puntos de acceso a propiedades	1	Uno o más accesos comerciales
		2	3 o más accesos residenciales
		3	1 o 2 accesos residenciales
		4	Ninguno
41	Número de carriles	4	Cuatro o más
		3	Tres
		6	Tres y dos
		2	Dos
		5	Dos y uno
		1	Uno
42	Ancho del carril	3	Angosto (≥ 0 m a < 2.75 m)
		2	Mediano (≥ 2.75 m a < 3.25 m)
		1	Ancho (≥ 3.25 m)
43	Curvatura	4	Muy cerrada
		3	Cerrada
		2	Moderada
		1	Recta o ligeramente curva
44	Calidad de la curva	2	Deficiente
		3	No aplica
		1	Adecuada
45	Pendiente	5	≥ 10%
		4	≥ 7.5% a < 10%
		3	≥ 5% a < 7.5%
		2	≥ 4% a < 5%
		1	≥ 0% a < 4%
46	Condición de la vía	3	Deficiente
		2	Regular
		1	Buena
47	Resistencia al deslizamiento / Agarre	5	Sin pavimentar - deficiente
		4	Sin pavimentar - adecuado
		3	Pavimentado - deficiente
		2	Pavimentado - regular
		1	Pavimentado - bueno
48	Delineación	2	Deficiente
		1	Adecuada
49	Alumbrado público	1	No presente
		2	Presente

**(continuación)**  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
50	Cruce peatonal - vía inspeccionada	6	Solo isla de refugio
		5	Cruce marcado sin semáforo sin refugio
		4	Cruce marcado sin semáforo con refugio
		3	Con semáforo sin refugio
		2	Con semáforo con refugio
		1	Cruce a desnivel
		7	No hay cruce peatonal
		14	Cruce elevado marcado sin semáforo con refugio
		15	Cruce elevado marcado sin semáforo sin refugio
		16	Cruce elevado sin semáforo sin refugio
		17	Cruce elevado sin semáforo sin refugio
51	Calidad del cruce peatonal	2	Deficiente
		1	Adecuada
		3	No aplica
52	Infraestructura para cruce peatonal - vía lateral	1	Cruce a desnivel
		2	Con semáforo con refugio
		3	Con semáforo sin refugio
		4	Cruce marcado sin semáforo con refugio
		5	Cruce marcado sin semáforo sin refugio
		6	Solo refugio
		7	No hay cruce peatonal
		14	Cruce elevado marcado sin semáforo con refugio
		15	Cruce elevado marcado sin semáforo sin refugio
		16	Cruce elevado sin semáforo sin refugio
		17	Cruce elevado sin semáforo sin refugio
53	Vallas peatonales	1	No presente
		2	Presente
54	Gestión de la velocidad / calmantes de tráfico	1	No presente
		2	Presente
55	Estacionamiento de vehículos	3	Ambos lados
		2	Un lado
		1	Ninguno
56	Acera – lado del conductor	4	Separación no física 0 m a < 1.0 m
		3	Separación no física 1.0 m a < 3.0 m
		2	Separación no física ≥ 3.0 m
		1	Barrera física
		7	Camino informal 0 m a < 1.0 m
		6	Camino informal ≥ 1.0 m
		5	Ninguno
57	Acera – lado del copiloto	4	Separación no física 0 m a < 1.0 m
		3	Separación no física 1.0 m a < 3.0 m
		2	Separación no física ≥ 3.0 m
		1	Barrera física
		7	Camino informal 0 m a < 1.0 m
		6	Camino informal ≥ 1.0 m
		5	Ninguno

**(continuación)**  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
58	Vía de servicio	1	No presente
		2	Presente
59	Motovías	6	Ninguno
		5	Carril incluido para motocicletas en la calzada
		2	Carril de un sentido sin barrera exclusivo para motocicletas
		1	Carril de un sentido con barrera exclusivo para motocicletas
		4	Carril de dos sentidos sin barrera exclusivo para motocicletas
		3	Carril de dos sentidos con barrera exclusivo para motocicletas
60	Ciclovías	4	Ninguno
		5	Extra ancho externo ( $\geq 4.2$ m)
		3	Carril exclusivo en la calzada
		2	Ciclovía fuera de la vía
		1	Ciclovía fuera de la vía con barrera
		6	Vía compartida señalizada
		7	Vía de uso compartido
61	Obras viales	3	Obras importantes en progreso
		2	Obras secundarias en progreso
		1	No hay obras
62	Distancia visual	2	Deficiente
		1	Adecuada
63	Flujo vehicular (TDPA, promedio anual de tráfico diario)	NA	NA
64	Motocicleta %	10	100%
		9	81% - 99%
		8	61% - 80%
		7	41% - 60%
		6	21% - 40%
		5	11% - 20%
		4	6% - 10%
		3	1% - 5%
		2	0%
		1	Sin registro
65	Hora pico de flujo peatonal cruzando la vía	1	0
		2	1 a 5
		3	6 a 25
		4	26 a 50
		5	51 a 100
		6	101 a 200
		7	201 a 300
		8	301 a 400
		9	401 a 500
		10	501 a 900
		11	Más de 900

**(continuación)**  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
66	Hora pico de flujo peatonal a lo largo de la vía de lado del conductor	1	0
		2	1 a 5
		3	6 a 25
		4	26 a 50
		5	51 a 100
		6	101 a 200
		7	201 a 300
		8	301 a 400
		9	401 a 500
		10	501 a 900
		11	Más de 900
67	Hora pico de flujo peatonal a lo largo de la vía del lado del copiloto	1	0
		2	1 a 5
		3	6 a 25
		4	26 a 50
		5	51 a 100
		6	101 a 200
		7	201 a 300
		8	301 a 400
		9	401 a 500
		10	501 a 900
		11	Más de 900
68	Flujo hora pico de ciclistas	1	ninguno
		2	1 a 5
		3	6 a 25
		4	26 a 50
		5	51 a 100
		6	101 a 200
		7	201 a 300
		8	301 a 400
		9	401 a 500
		10	501 a 900
		11	Más de 900
69	Velocidad de operación (percentil 85)	25	≥ 150 km/h
		24	145 km/h
		23	140 km/h
		22	135 km/h
		21	130 km/h
		20	125 km/h
		19	120 km/h
		18	115 km/h
		17	110 km/h
		16	105 km/h
		15	100 km/h
		14	95 km/h
		13	90 km/h
		12	85 km/h

(continuación)  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
		11	80 km/h
		10	75 km/h
		9	70 km/h
		8	65 km/h
		7	60 km/h
		6	55 km/h
		5	50 km/h
		4	45 km/h
		3	40 km/h
		2	35 km/h
		1	<30 km/h
		45	≥ 90 mph
		44	85 mph
		43	80 mph
		42	75 mph
		41	70 mph
		40	65 mph
		39	60 mph
		38	55 mph
		37	50 mph
		36	45 mph
		35	40 mph
		34	35 mph
		33	30 mph
		32	25 mph
		31	< 20 mph
70	Velocidad de operación (media)	25	≥ 150 km/h
		24	145 km/h
		23	140 km/h
		22	135 km/h
		21	130 km/h
		20	125 km/h
		19	120 km/h
		18	115 km/h
		17	110 km/h
		16	105 km/h
		15	100 km/h
		14	95 km/h
		13	90 km/h
		12	85 km/h
		11	80 km/h
		10	75 km/h
		9	70 km/h
		8	65 km/h
		7	60 km/h
		6	55 km/h
		5	50 km/h

(continuación)  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
		4	45 km/h
		3	40 km/h
		2	35 km/h
		1	<30 km/h
		45	≥ 90 mph
		44	85 mph
		43	80 mph
		42	75 mph
		41	70 mph
		40	65 mph
		39	60 mph
		38	55 mph
		37	50 mph
		36	45 mph
		35	40 mph
		34	35 mph
		33	30 mph
		32	25 mph
31	< 20 mph		
71	Vías que los autos pueden leer	1	Cumple con la especificación
		2	No cumple con la especificación
72	Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para ocupantes de vehículos	1	1 Estrella
		2	2 Estrellas
		3	3 Estrellas
		4	4 Estrellas
		5	5 Estrellas
		6	No aplica
73	Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para motocicletas	1	1 Estrella
		2	2 Estrellas
		3	3 Estrellas
		4	4 Estrellas
		5	5 Estrellas
		6	No aplica
74	Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para peatones	1	1 Estrella
		2	2 Estrellas
		3	3 Estrellas
		4	4 Estrellas
		5	5 Estrellas
		6	No aplica
75	Objetivos de políticas para la clasificación por estrellas para bicicletas	1	1 Estrella
		2	2 Estrellas
		3	3 Estrellas
		4	4 Estrellas
		5	5 Estrellas
		6	No aplica
76	Multiplicador de crecimiento de mortalidad anual	NA	1

**(continuación)**  
**Tabla A.1 de atributos y valores de codificación**

Atributo	Elemento	ID Categoría	Categoría
77	Advertencia de zona escolar	1	Semáforo intermitente en zona escolar
		2	Señales estáticas o demarcaciones viales en zona escolar
		3	No hay advertencia de zona escolar
		4	No aplica (no hay una zona escolar en la ubicación)
78	Supervisor de cruce peatonal de zona escolar	1	Guardia o supervisor de cruce peatonal en zona escolar presente en los horarios de entrada y salida
		2	Supervisor de cruce peatonal de zona escolar no presente
		3	No aplica (no hay una zona escolar en la ubicación)



# COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo"  
San Fandila, Pedro Escobedo  
C.P. 76703  
Querétaro, México  
Tel: +52 442 216 97 77 ext. 2610

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

<http://www.imt.mx/>