

***CONTEOS VEHICULARES AUTOMATIZADOS MEDIANTE VISIÓN
ARTIFICIAL***

JUAN DAVID HURTADO ECHEVERRY

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2016

**CONTEOS VEHICULARES AUTOMATIZADOS MEDIANTE VISIÓN
ARTIFICIAL**



JUAN DAVID HURTADO ECHEVERRY

TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO A
LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
PREGRADO EN INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR

ING. M.Sc. EFRAÍN DE JESUS SOLANO FAJARDO



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN

2016

Nota de aceptación:

Ing. M.Sc. Efraín de Jesús Solano Fajardo
Director

Ing. M.Sc. Carlos Alberto Arboleda Velez
Jurado

Fecha de Sustentación
Popayán, 17 de Febrero de 2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

A Dios, que ha dotado de vida al Universo, el cual es un orgullo ser partícipe de su proyecto formador.

Mis Padres, por su amor y apoyo incondicional. Mi Mamá, a quien admiro y quiero con todo mi corazón y que me ha enseñado mucho con el amor que solo ella podría hacerlo y además me ha enseñado a no desfallecer en los momentos difíciles de mi Vida. Gracias a los dos.

A mi hermano, sobrino y demás familiares que de una u otra manera se hicieron partícipes de este proceso de formación.

A mis amigos, no solo por su amistad sino también por su apoyo y por todo lo que he aprendido de cada uno de ellos.

A los vecinos del barrio por sus consejos, experiencia y colaboración recibida durante mi formación personal y escolar.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a:

El Ing. Efraín de Jesús Solano Fajardo por sus valiosos aportes en Programación y por su apoyo como director del Trabajo de Investigación.

A los Jurados evaluadores por sus conocimientos, su dedicación y su valioso tiempo.

A la Ing. Elena Muñoz España del Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, por sus conocimientos, su dedicación y su valioso tiempo, como asesora en el área de Automática Industrial.

Al Ing. Nelson Rivas Muñoz por su colaboración en la ejecución del Trabajo de Investigación.

A aquellos profesores y funcionarios que me brindaron su Conocimiento, Experiencia y Consejos durante el proceso de formación profesional.

A la Universidad del Cauca.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 OBJETIVO GENERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. ALCANCE.....	10
4. MARCO TEORICO	11
4.1 VOLUMEN DE TRÁNSITO	11
4.1.1 CONTEO O AFORO DE VOLUMEN DE TRÁNSITO	11
4.1.2 APLICACIONES DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO	12
4.2 VISIÓN ARTIFICIAL	15
4.2.1 LA IMAGEN	15
4.2.1.1 MODELO DE IMAGEN	15
4.2.1.2 IMAGEN DIGITAL	15
4.2.2 VIDEO	16
4.2.2.1 VIDEO DIGITAL.....	17
4.2.3 DISPOSITIVO DE CAPTURA DE LA IMAGEN	18
4.2.4 ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL	18
4.3 BIBLIOTECAS O LIBRERÍAS DE SOFTWARES	19
4.3.1 EMGU CV	19
4.3.2 ChnLib.dll.....	20
4.4 SOFTWARE DE DESARROLLO VISUAL STUDIO .NET	20
4.4.1 FORMULARIOS WINDOWS FORMS.....	20
4.4.2 .NET FRAMEWORK	21

4.4.3	VISUAL C#	21
4.5	APLICACIÓN DE COMPUTADOR VideoConteo.....	22
5.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	23
5.1	CAPTURA O ADQUISICIÓN DEL VIDEO.....	23
5.1.1	ESCALADO DEL RECTANGULO VIRTUAL.....	23
5.1.2	MONTAJE DEL EQUIPO CON LA CAMARA GoPro.....	24
5.1.3	MONTAJE DEL EQUIPO CON DVR Y CAMARA VTA.....	25
5.2	CALIBRACIÓN DEL VIDEO	27
5.2.1	ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN DEL VIDEO	27
5.2.2	FILTRADO Y SEGMENTACIÓN DE LA IMAGEN.....	28
5.2.3	DETECCIÓN DEL BLOQUE EN MOVIMIENTO Y RECTÁNGULO VIRTUAL	30
5.2.4	REGISTRO.....	30
5.3	PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN	33
5.4	CONTEO AUTOMATICO DE VEHICULOS.....	33
5.4.1	REGISTRO AUTOMÁTICO	34
6.	COMPROBACIONES DE CAMPO.....	36
6.1	SIN REFERENCIA EN CAMPO	36
6.2	CON REFERENCIA EN CAMPO	38
7.	LIMITACIONES DEL SISTEMA DESCRIPTO E IDENTIFICACIÓN DE FUTURAS INVESTIGACIONES.....	40
8.	CONCLUSIONES.....	43
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXO A	47
ANEXO B	54

1. INTRODUCCIÓN

Los conteos o aforos vehiculares, son la medición más básica e importante en la ingeniería de tránsito, que permite obtener estimaciones del volumen de tránsito, considerado como: “El número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado”¹. Los volúmenes de tránsito son de gran importancia en diferentes temas tales como: “La planeación, en un proyecto, en ingeniería tránsito, seguridad, investigación, uso comercial”², entre otros. Lo cual constituye una variable fundamental en el análisis y observación en las diferentes áreas de aplicación.

Existen diferentes herramientas de medición para extraer información, con la finalidad de obtener los volúmenes de tránsito, desde herramientas o metodologías elementales, hasta las más sofisticadas. Este estudio trata básicamente de la aplicabilidad e implementación de herramientas sofisticadas como las cámaras fotográficas, las filmaciones y los equipos electrónicos adaptados a computadoras, cuya tecnología forma parte de los Sistemas Inteligente del Transporte (SIT), siendo así un subsistema de gran versatilidad y utilidad en la actualidad; puesto que, los SIT “son aplicaciones avanzadas que, sin representar inteligencia como tal, proporcionan servicios innovadores en relación con los diferentes modos de transporte y la gestión del tráfico y permiten a los distintos usuarios estar mejor informados y hacer un uso más seguro, más coordinado y más inteligente de las redes de transporte.

¹ Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2013, p. 170

² Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2013, pp. 175-176

Aunque, se puede utilizar estos conceptos en otros modos de transporte. El principal uso del término SIT ha sido orientado al transporte terrestre. ”³

El uso de las cámaras fotográficas permite aplicar la teoría de visión artificial, cuya finalidad es la “extracción de información del mundo físico a partir de imágenes, utilizando para ello un computador”⁴, por ende; la teoría de visión artificial no es un tema aislado de la ingeniería de tránsito, que al integrarse con el uso de las nuevas tecnologías y la integración de las diferentes áreas del conocimiento (las telecomunicaciones, la electrónica y la ingeniería de transporte), es posible realizar la estimación de los conteos vehiculares de una manera automática y eficiente. Por lo cual, haciendo uso de las herramientas existentes, permitirá aplicar y desarrollar un procedimiento para el conteo vehicular de forma automática.

³ Directiva 2010/40/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, 2010, p. 1

⁴ Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Esteban Sánchez - Marín, 2003, p. 19

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un procedimiento para determinar el conteo automático de vehículos mediante visión artificial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y elaborar una aplicación computacional, para el conteo vehicular automatizado, mediante visión artificial.
- Validar los resultados generados por el procedimiento planteado, con los conteos visuales en oficina de los videos de análisis.

3. ALCANCE

En esta primera etapa de investigación exploratoria, desarrollada en el Departamento de Vías y Transporte de la Universidad del Cauca, permitirá realizar el conteo de los vehículos de forma automática mediante el empleo de la teoría de visión artificial, teniendo en cuenta el proceso de calibración, el cual ayudará a clasificar los vehículos que transitan en un sitio específico de la carretera seleccionada.

4. MARCO TEORICO

4.1 VOLUMEN DE TRÁNSITO ⁵

El volumen de tránsito, es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado, y se expresa como:

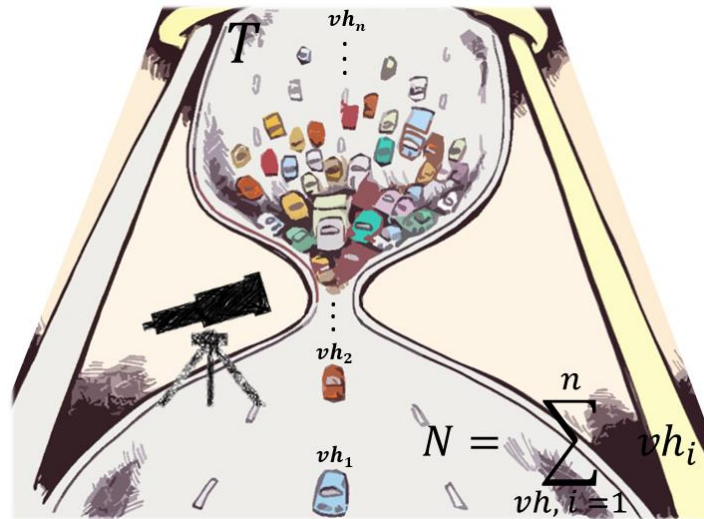


Figura 1. Esquema de aforo vehicular.

Fuente: Tomado y modificado de imágenes de google.

Donde:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = número total de vehículos que pasan (vh = vehículos)

T = periodo determinado (unidades de tiempo)

4.1.1 CONTEO O AFORO DE VOLUMEN DE TRÁNSITO ⁶

El conteo de volumen de tránsito, es la medición de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. La medición de vehículos nos permite obtener datos relacionados con el

⁵ Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2013, p. 170

⁶ Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2013, p. 223

movimiento de automóviles respecto al tiempo y espacio, para lo cual se ha generalizado el uso de aparatos de medición de diversa índole. Estas formas incluyen:

- Los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carril individual y la composición vehicular.
- Los aforos con el uso de dispositivos mecánicos, los cuales automáticamente contabilizan y registran los ejes de los vehículos.
- Los aforos por combinación de métodos manuales y mecánicos, tales como el uso de contadores mecánicos accionados manualmente por observadores.
- Los aforos con la utilización de técnicas tan sofisticadas como las cámaras fotográficas, las filmaciones y los equipos electrónicos adaptados a computadoras.

4.1.2 APLICACIONES DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO⁷

De una manera general, los datos sobre volúmenes de tránsito son ampliamente utilizados en los siguientes campos:

1. Planeación

- Clasificación sistemática de redes de carreteras.
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Modelos de asignación y distribución de tránsito.
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades.
- Análisis económicos.
- Estimaciones de la calidad del aire.
- Estimaciones del consumo de combustibles.

2. Proyecto

- Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- Requerimientos de nuevas carreteras.
- Análisis estructural de superficies de rodamiento.

⁷ Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2013, pp. 175-177

3. Ingeniería de tránsito

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades.
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito.
- Estudio de estacionamientos.

4. Seguridad

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad.
- Evaluación de mejoras por seguridad.

5. Investigación

- Nuevas metodologías sobre capacidad.
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- Estudio de antes y después.
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

6. Usos comerciales

- Hoteles y restaurantes.
- Urbanismo.
- Autoservicios.
- Actividades recreacionales y deportivas.

Específicamente, dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, éstos se utilizan para:

1. Los volúmenes de tránsito anual (TA)

- Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.
- Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.
- Calcular índices de accidentes.
- Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de cuota.

2. Los volúmenes de tránsito promedio diario (TPD)

- Medir la demanda actual en calles y carreteras.
- Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.
- Definir el sistema arterial de calles.
- Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.
- Programar mejoras capitales.

3. Los volúmenes de tránsito horario (TH)

- Determinar la longitud y magnitud de los períodos de máxima demanda.
- Evaluar deficiencias de capacidad.
- Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentido de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.
- Proyectar y rediseñar geoméricamente calles e intersecciones.

4. Las tasas de flujo (q)

- Analizar flujos máximos.
- Analizar variaciones del flujo dentro de las horas máximas demanda.
- Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.
- Analizar las características de los volúmenes máximos.

4.2 VISIÓN ARTIFICIAL ⁸

La visión artificial tiene como finalidad la extracción de información del mundo físico a partir de imágenes, utilizando para ello un computador. Un sistema de Visión Artificial actúa sobre una representación de una realidad que le proporciona información sobre brillo, colores, formas, etcétera. Estas representaciones suelen estar en forma de imágenes estáticas, escenas tridimensionales o imágenes en movimiento.

4.2.1 LA IMAGEN

4.2.1.1 MODELO DE IMAGEN ⁹

El término imagen se refiere a una función bidimensional de la luz y la intensidad, a la que se indica por $f(x, y)$, donde el valor o amplitud de f en las coordenadas espaciales (x, y) da la intensidad (iluminación) de la imagen en este punto. Las imágenes que se perciben en las actividades visuales cotidianas provienen normalmente de luz reflejada por los objetos. La naturaleza básica de $f(x, y)$ puede estar caracterizada por dos componentes: la cantidad de luz incidente procedente de la fuente sobre la escena contemplada y la cantidad de luz reflejada por los objetos de la escena. De forma apropiada, reciben el nombre de componentes de iluminación y reflectancia, y se indican $i(x, y)$ y $r(x, y)$ respectivamente.

4.2.1.2 IMAGEN DIGITAL ¹⁰

La imagen digital es una imagen $f(x, y)$ que se ha discretizado tanto en las coordenadas espaciales como en el brillo. Una imagen digital puede considerarse como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto de la imagen y el valor del correspondiente elemento de la matriz indica el nivel de gris en ese punto. Los elementos de una distribución

⁸ Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Esteban Sánchez - Marín, 2003, p. 19

⁹ González & Woods, 1996, p. 32

¹⁰ González & Woods, 1996, pp. 6-7

digital de este tipo se denominan elementos de la imagen, o más comúnmente pixels o pels, abreviatura de su denominación inglesa “picture elements”.

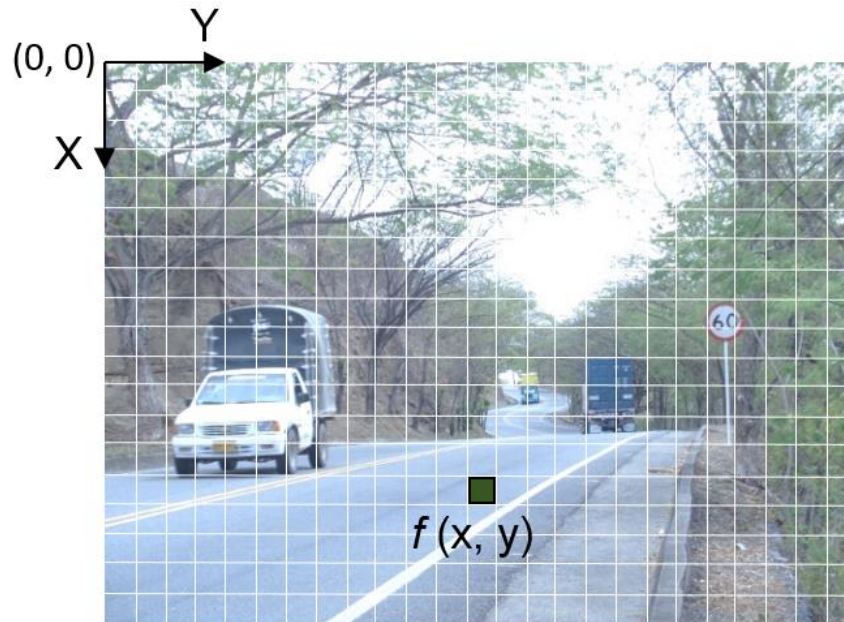


Figura 2. Convenio de ejes utilizado para la representación digital de imágenes.
Fuente: Imagen propia y esquema tomado de González & Woods, 1996, p. 7

4.2.2 VIDEO¹¹

La palabra video viene del verbo latín *videre*, “ver”. “El video es una tecnología de captura electrónica, grabación, tratamiento, almacenamiento, transmisión, y reconstrucción de una secuencia de imágenes que representan escenas en movimiento”¹². Un video está constituido por una sucesión de imágenes (frames) que, al pasarse con una determinada cadencia, reproducen movimientos. El ojo humano es capaz de distinguir aproximadamente 20 imágenes por segundo (fps), por ello cuando se muestran más de 20 fps, es posible engañar al ojo humano y crear la ilusión de una imagen en movimiento. En la zona Europea es de 25 fps (PAL), mientras que en la zona Americana y Asiática es de 30 fps (NTSC). En el mundo del

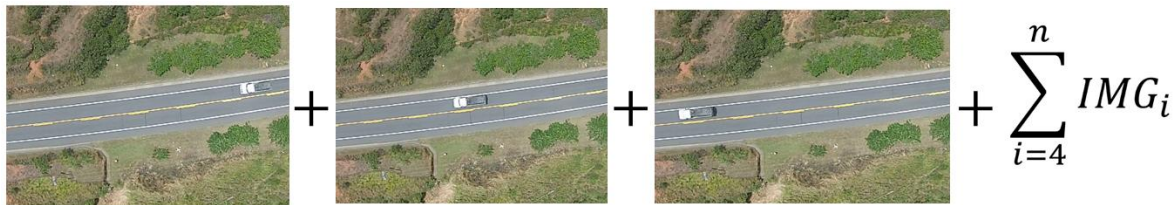
¹¹ Alonso, 2010

¹² Córdoba Estrada & Sánchez Ferreira, 2008, p. 26

cine se utilizan 24 fps. Se puede utilizar cualquier fps para los videos, pero con un número muy bajo notaríamos movimientos bruscos en el video, mientras que a mayor fps más espacio ocuparía el archivo correspondiente al video.

4.2.2.1 VIDEO DIGITAL¹³

El video digital es una representación digital (la información se representa en forma de bits) de la señal analógica. En un sistema analógico, la información se transmite mediante alguna variación infinita de un parámetro continuo como puede ser la tensión en un hilo o la intensidad de flujo de una cinta, cada fotograma se representa por una señal fluctuante de voltaje (una señal de forma de onda analógica). Por otro lado en la tecnología digital, la onda analógica es muestreada y convertida en una serie de números que son almacenados en un dispositivo digital, este proceso es llamado muestreo y el resultado de muestrear una señal de video es el *video digital*¹⁴. La conversión completa, cuando cada número está representado por un numero discreto, se presenta en un proceso llamado cuantificación, proceso mediante el cual se atribuye a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijados. Este valor se representa por un número que será convertido a un código de ceros y unos en el proceso de codificación.



Secuencia de Imágenes

Figura 3. Video digital.

Fuente: Elaboración e imagen propia.

¹³ Colmenar Santos & Castro Gil, 2008, pp. 8 y 16

¹⁴ Córdoba Estrada & Sánchez Ferreira, 2008, p. 29

4.2.3 DISPOSITIVO DE CAPTURA DE LA IMAGEN ¹⁵

El dispositivo utilizado para la captura del video, son las cámaras fotográficas; siendo un aparato que transforma una secuencia de escenas ópticas en señales eléctricas. Está constituida por un objetivo, un tubo de cámara y diversos dispositivos electrónicos de control. La luz se enfoca dentro del tubo de cámara sobre una superficie fotosensible que convierte la señal lumínica en una señal eléctrica denominada señal de video. Esta señal consiste en una onda en la cual la intensidad de cada punto de cada línea de la pantalla se describe por la amplitud de la onda. La onda contiene la información de cada línea de la pantalla separada por una señal de control, y a su vez, cada imagen que está separada de la siguiente por otra señal de control. En las cámaras digitales el dispositivo sensible es un componente electrónico constituido por una matriz de elementos fotosensibles, que se sitúa en el mismo lugar que el plano de formación de la imagen, de manera que forma la imagen sobre él.

4.2.4 ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL ¹⁶

- Captura: esta fase es puramente sensorial, consiste en la captura o adquisición de las imágenes digitales mediante algún tipo de sensor.
- Preproceso: consiste en el tratamiento digital de las imágenes, con objeto de facilitar las etapas posteriores. En esta etapa de procesamiento previo es donde, mediante filtros y transformaciones geométricas, se eliminan partes indeseables de la imagen o se realzan partes interesantes de la misma.
- Segmentación: consiste en aislar los elementos que interesan de una escena para comprenderla.
- Por último se llega a la etapa de reconocimiento o clasificación. En ella se pretende distinguir los objetos segmentados, gracias al análisis de ciertas características que se establecen previamente para diferenciarlos.

¹⁵ Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Esteban Sánchez - Marín, 2003, pp. 40-41

¹⁶ Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Esteban Sánchez - Marín, 2003, pp. 21- 22

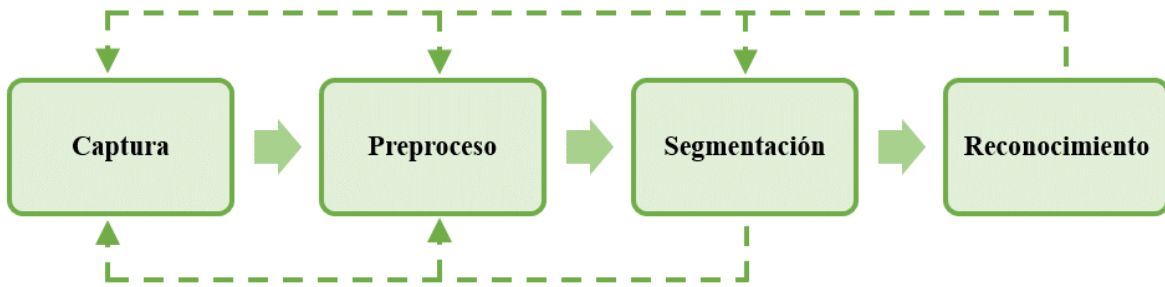


Figura 4. Diagrama de bloques de las etapas típicas en un sistema de visión artificial.

Fuente: Tomado de Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Esteban Sánchez - Marín, 2003, p. 22

Estas cuatro fases no se siguen siempre de manera secuencial, sino que en ocasiones deben realimentarse hacia atrás.

4.3 BIBLIOTECAS O LIBRERÍAS DE SOFTWARES

Las bibliotecas o librerías son un conjunto de algoritmos prefabricados, codificados en un lenguaje de programación, que pueden ser utilizados por el programador para realizar determinadas operaciones en el desarrollo de un programa aplicativo. Para el desarrollo del programa se implementará las librerías Emgu CV y ChnLib.dll que se describen a continuación:

4.3.1 EMGU CV ¹⁷

Emgu CV es una versión para .NET de la librería OpenCV de procesamiento de imágenes, escrito completamente en C#. Permite llamar funciones de OpenCV desde lenguajes compatibles con .NET como C#, VB, VC++, IronPython, etc. La envoltura puede ser compilada por Visual Studio, Xamarin Studio y Unity, puede ser utilizada en Windows, Linux, Mac OS X, iOS, Android y Windows Phone.

¹⁷ Main Page, 2015

4.3.2 ChnLib.dll

ChnLib.dll es una librería que contiene una gran variedad de funciones de uso general para incluir en el desarrollo de una aplicación, como por ejemplo: FechaHora, OrdenacionBusqueda, GeometricasMatematicas, Matrices, entre otras. ChnLib.dll está escrito completamente en VB .NET, la cual permite llamar las funciones desde lenguajes compatibles con .Net como C#, VB, VC++, etc. La envoltura puede ser compilada por Visual Studio y puede ser utilizada en Windows. La librería fue diseñada por el ingeniero Efraín de Jesús Solano Fajardo Docente de la Universidad del Cauca.

4.4 SOFTWARE DE DESARROLLO VISUAL STUDIO .NET¹⁸

Visual Studio .net es un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la construcción de aplicaciones Web ASP, servicios Web XML, aplicaciones para escritorio y aplicaciones móviles. Visual C++ .Net, Visual C# .Net y Visual J# .NET utilizan el mismo entorno de desarrollo integrado (IDE), que les permite compartir herramientas y facilita la creación de soluciones en varios lenguajes. Asimismo, dichos lenguajes aprovechan las funciones de .NET Framework, que ofrece acceso a tecnologías clave para simplificar el desarrollo de aplicaciones Web ASP y servicios Web XML.

4.4.1 FORMULARIOS WINDOWS FORMS

Los formularios Windows Forms son una plataforma de desarrollo de aplicaciones para Microsoft Windows, basados en .NET Framework. Este marco de trabajo proporciona un conjunto de clases claro, orientado a objetos y ampliable, que permite desarrollar complejas aplicaciones para Windows. Además, los formularios Windows Forms pueden actuar como interfaz de usuario local en una solución distribuida de varios niveles.

¹⁸ Introducción a Visual Studio .NET, 2015

4.4.2 .NET FRAMEWORK ¹⁹

.NET Framework es una tecnología que admite la compilación y ejecución de la siguiente generación de aplicaciones y servicios Web XML. El diseño de .NET Framework está enfocado a cumplir los siguientes objetivos:

- Proporcionar un entorno coherente de programación orientada a objetos, en el que el código de los objetos se pueda almacenar y ejecutar de forma local, ejecutar de forma local pero distribuida en Internet o ejecutar de forma remota.
- Proporcionar un entorno de ejecución de código que minimiza los conflictos en el despliegue y versión del software.
- Ofrecer un entorno de ejecución de código que promueva la ejecución segura del mismo, incluso del creado por terceros desconocidos o que no son de plena confianza.
- Proporcionar un entorno de ejecución de código que elimine los problemas de rendimiento de los entornos en los que se utilizan scripts o intérpretes de comandos.
- Ofrecer al programador una experiencia coherente entre tipos de aplicaciones muy diferentes, como las basadas en Windows o en el Web.
- Basar toda la comunicación en estándares del sector para asegurar que el código de .NET Framework se puede integrar con otros tipos de código.

4.4.3 VISUAL C# ²⁰

C# es un lenguaje de programación que se ha diseñado para compilar diversas aplicaciones que se ejecutan en .NET Framework. C# es simple, eficaz, con seguridad de tipos y orientado a objetos. Visual Studio ofrece compatibilidad con Visual C# con un completo editor de código, un compilador, plantillas de proyecto, diseñadores, asistentes para código, un depurador eficaz y de fácil uso y otras herramientas.

¹⁹ Información general acerca de .NET Framework, 2015

²⁰ Visual C#, 2015

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de Conteo Automático Vehicular, basado en la teoría de Visión Artificial presenta las siguientes etapas principales:

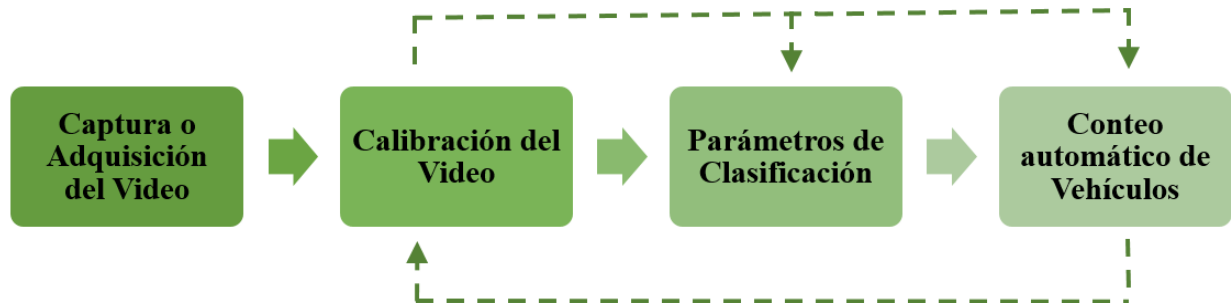


Figura 6. Esquema general del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

Se detallará a continuación cada una de estas etapas, por la importancia que representan en el funcionamiento del sistema.

5.1 CAPTURA O ADQUISICIÓN DEL VIDEO

La Captura o adquisición del video se realizó lateralmente en la Carretera Popayán - Cali (Variante), seleccionando una sección recta de la misma. Se tuvo en cuenta las medidas de referencia para el escalado del rectángulo virtual (Ver sección 5.2.3) y se empleó dos esquemas de equipos diferentes, los cuales ofrecieron ciertas ventajas en el trabajo de campo y posteriormente en el escalado del rectángulo virtual. Además se realizó la captura de un video sin referencia en campo, para mostrar los dos procedimientos planteados (Sin y con referencia en campo).

5.1.1 ESCALADO DEL RECTANGULO VIRTUAL

El escalado del rectángulo virtual, consistió en colocar dos puntos de referencia, cuya línea imaginaria es aproximadamente paralela a la carretera y perpendicularmente al foco de la cámara. La expresión matemática del escalado, se denota de la siguiente forma:

Para distancias de pixels (Ancho y Altura):

$$\text{Distancia Escalada (m)} = \frac{\text{Distancia de referencia(m)} * \text{Distancia de Pixels}}{\text{Pixel de referencia}}$$

Para el Área en pixel:

$$\text{Area Escalada (m)} = \frac{\text{Area de referencia(m)} * \text{Area en Pixel}}{\text{Area de referencia en Pixel}}$$



Figura 7. Referencias al borde de la carretera.
Fuente: Imagen y elaboración propia.

5.1.2 MONTAJE DEL EQUIPO CON LA CAMARA GoPro

Los equipos utilizados para la captura del video con la cámara GoPro son:

- Cámara GoPro: Son cámaras personales de alta definición, empleadas en grabaciones y toma de fotografías de deportes extremos. Son cámaras de acción, compactas, ligeras, resistentes, y que pueden colocarse en vehículos, manilleras, cascos, muñecas y otros soportes. La cámara utilizada fue la Hero 3 White Edition, cuyas características principales son las siguientes:



Memoria Incluida	32 GB
Autonomía de la batería	Hasta 3 horas
Tipo de sensor	CMOS
Resolución máxima del video	1080p 30fps/960p 30fps/720p 60fps
Tarjeta de Memoria	Micro SD
Batería / Pilas	Batería de iones de litio recargable
Tecnología	Cámara Deportiva

- Trípode: Equipo de tres pies, generalmente articulados y plegables, el cual se utilizó como elemento de soporte y dotar de estabilidad a la cámara GoPro.
- Cinta métrica: Elemento de medición de la distancia de referencia.



Figura 8. Equipo utilizado con la cámara GoPro.

Fuente: Imagen y elaboración propia.

5.1.3 MONTAJE DEL EQUIPO CON DVR Y CAMARA VTA

Los equipos utilizados para la captura del video con el DVR y la Cámara son:

- Cámara VTA: Este tipo de cámara es utilizada en casas, conjuntos residenciales, edificios o negocios. VTA es una marca en soluciones de video seguridad, tecnología, redes y linternas. Las características principales son las siguientes:



Tipo de sensor	Lente 1/4" CMOS
Resolución	700 TVL
Sistema de Señal	PAL / NTSC

- DVR: Es un equipo especializado diseñado para trabajar con cámaras de seguridad, su función es capturar lo que la cámara ve y enviarla al disco duro del DVR en formato digital. El DVR puede ser configurado para que grabe por sensor de movimiento, grabación por semanas, por días, grabación 24 horas.
- OTROS: Batería de carro, Conversor de batería, cargador de batería, cinta métrica, Jalón metálico y pantalla de computador.

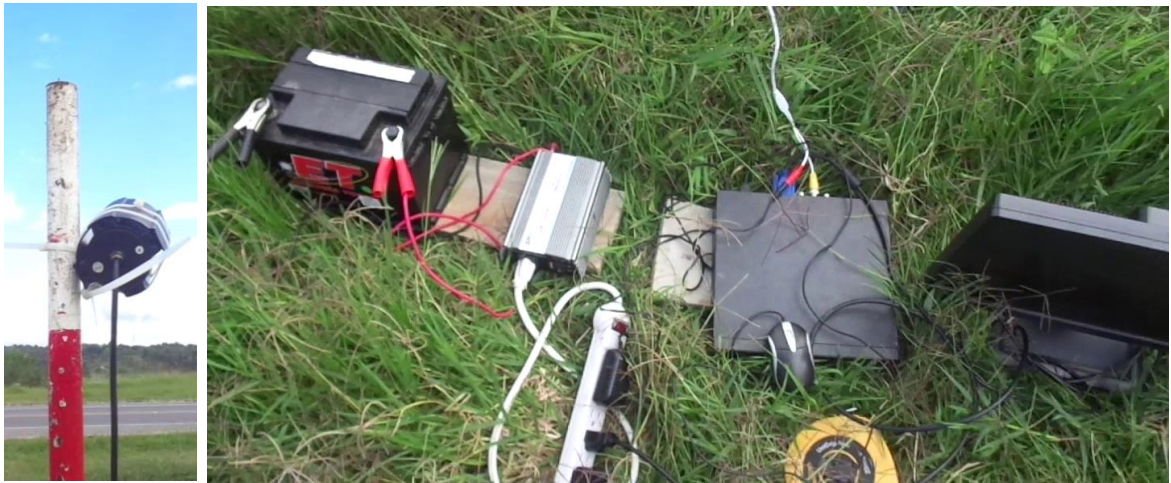


Figura 9. Equipo utilizado con el DVR y la cámara VTA.
Fuente: Imagen propia.

5.2 CALIBRACIÓN DEL VIDEO

Calibración del Video, es una etapa en el cual se le enseño a la aplicación a reconocer cada uno de los tipos de vehículos (motos, autos, buses, C2P, C2G, C3-C4, C5 y >C5), siendo posible mediante el reconocimiento visual del ser humano (personal previamente capacitado) o mediante bases estadísticas de las propiedades geométricas (ancho, altura, y área) de los vehículos. Durante este proceso el sistema adquirió un aprendizaje adecuado, permitiendo en la etapa de parámetros de clasificación, determinar los límites máximos y mínimos de cada uno de los tipos de vehículos, teniendo en cuenta la altura, ancho y área del rectángulo virtual.

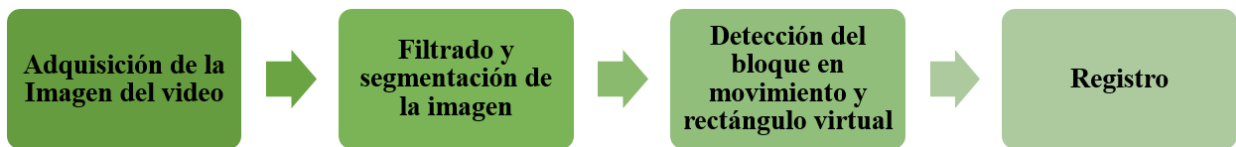


Figura 10. Esquema de la etapa de calibración.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN DEL VIDEO

En este proceso la imagen a color (RGB) fue adquirida del video de análisis, la cual se convirtió a escala de grises. La conversión permite mejorar la reasignación de pixels en una nueva imagen, que es procesada en la etapa de filtrado y segmentación.



Figura 11. Imagen a color y en escala de grises.

Fuente: Imagen propia.

5.2.2 FILTRADO Y SEGMENTACIÓN DE LA IMAGEN

La imagen adquirida en escala de grises durante este proceso se reasigno a una nueva imagen, debido a la zona de interés; esta zona permite evitar objetos en movimiento que no son necesarios para el conteo vehicular, como por ejemplo: movimiento de las hojas de los árboles, nubes, personas, animales, entre otros.



Figura 12. (a) Delimitación de la zona de interés. (b) Imagen de análisis.

Fuente: Imagen y elaboración propia.

La imagen definida en la zona de interés, se adquirió en la etapa de segmentación, proceso mediante el cual se realiza una sustracción del fondo de la imagen, determinando el movimiento de los grupos de pixels (objetos). El algoritmo empleado de la librería Emgu CV crea un modelo inicial con un número de sucesiones de imágenes, realiza actualización de fondo y también permite detectar sombras presentes en los objetos. La actualización del fondo, hace que algoritmo pueda adaptarse a cambios en el medio ambiente.

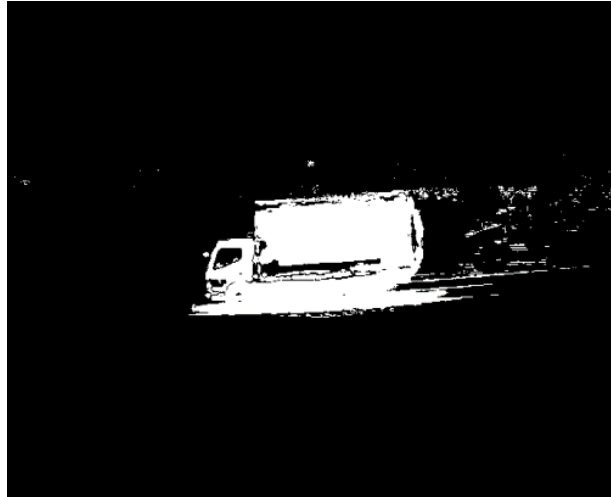


Figura 13. Empleo del algoritmo de sustracción de fondo.
Fuente: Imagen propia.

A pesar de las ventajas del algoritmo de segmentación, la imagen presento pixels que no pertenecen al objeto de interés (Ver Figura 13), para lo cual se empleó el filtro de mediana de la librería Emgu CV, el cual consiste en reemplazar cada entrada como la mediana de las entradas vecinas. El patrón de los vecinos se llama la “ventana”, que se desliza entrada por entrada, sobre toda la señal.

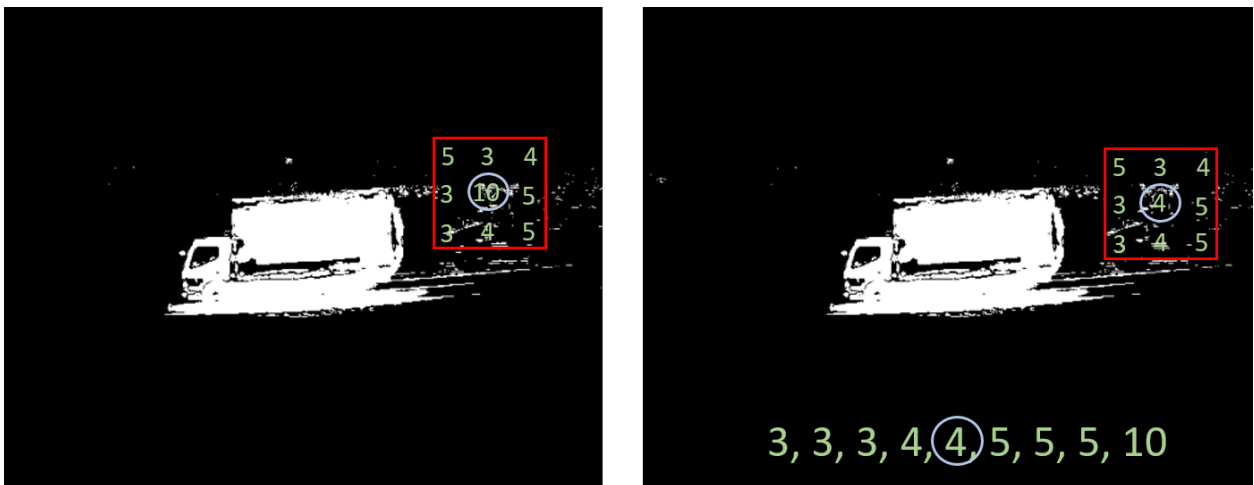


Figura 14. Esquema, Filtro de la mediana.
Fuente: Imagen y elaboración propia.

Con la aplicación del filtro de la mediana, el objeto resultante fue adecuado para realizar su respectiva detección y registro (Ver Figura 15).

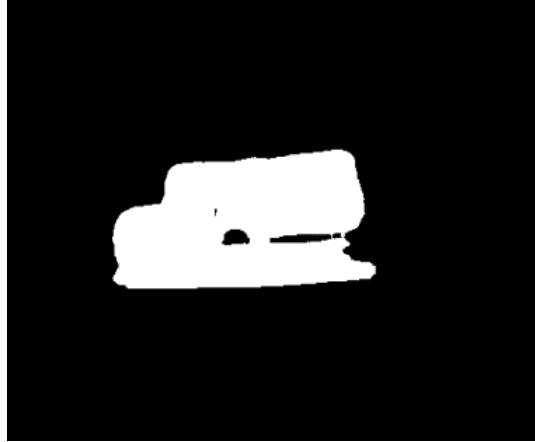


Figura 15. Objeto final, en movimiento.
Fuente: Imagen propia.

5.2.3 DETECCIÓN DEL BLOQUE EN MOVIMIENTO Y RECTÁNGULO VIRTUAL

El bloque en movimiento se logró detectar por la agrupación de pixels, demarcado por el rectángulo virtual, el cual permitió extraer la información geométrica (ancho, altura, área) del vehículo en movimiento en pixels o unidades de metros.



Figura 16. Detección de objetos en movimiento y rectángulo virtual.
Fuente: Imagen propia.

5.2.4 REGISTRO

En esta etapa se definió la zona de registro, la cual permite preguntarle al usuario qué tipo de objeto es el que se encuentra en movimiento, teniendo en cuenta la dirección a la cual se dirige el objeto de interés. De esta forma resulta posible que la aplicación adquiriera un aprendizaje adecuado sobre las características geométricas de los tipos de vehículos.



Figura 17. Delimitación de la zona de registro.
Fuente: Imagen y elaboración propia.

El registro de los objetos en movimiento se realizó mediante el siguiente diagrama de bloques:

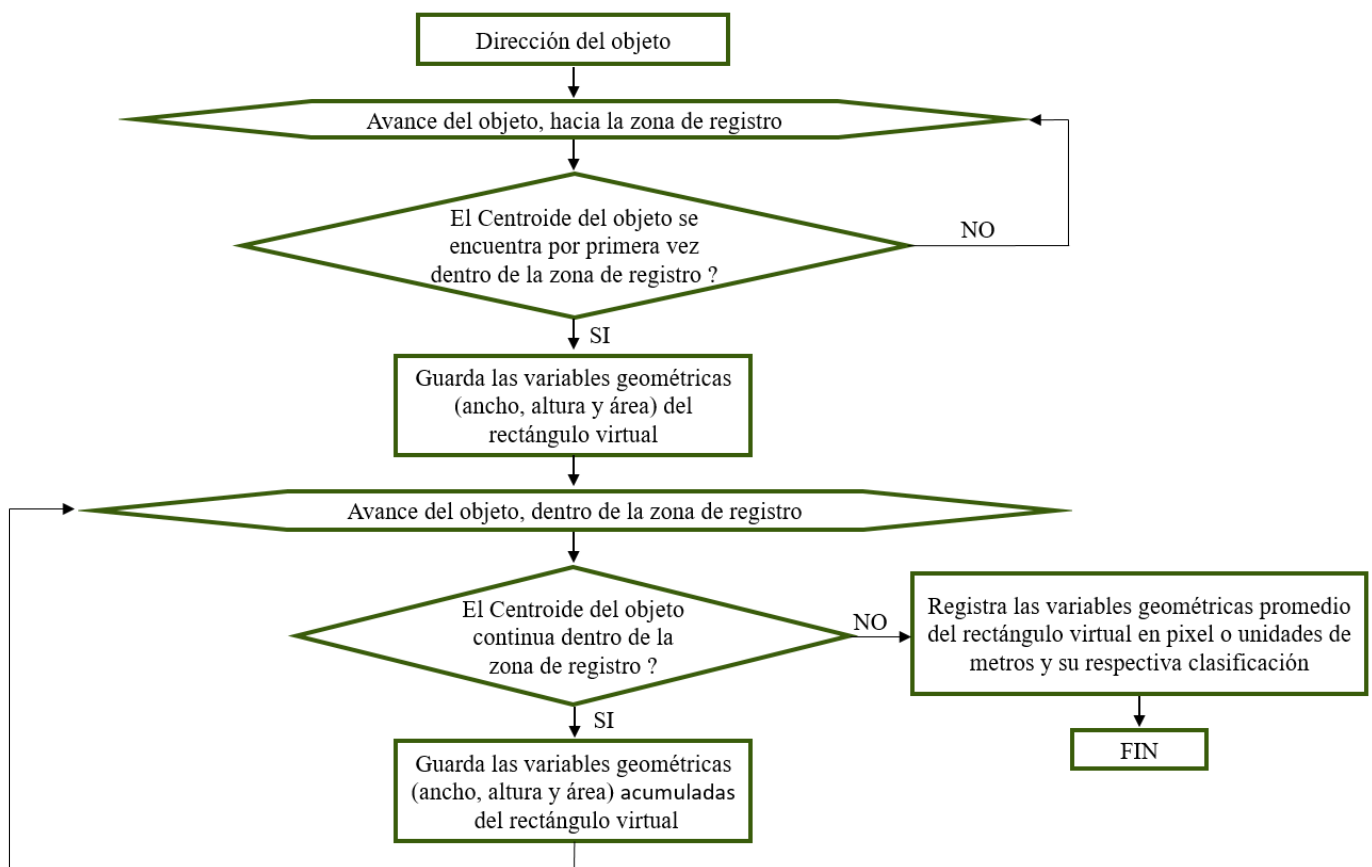
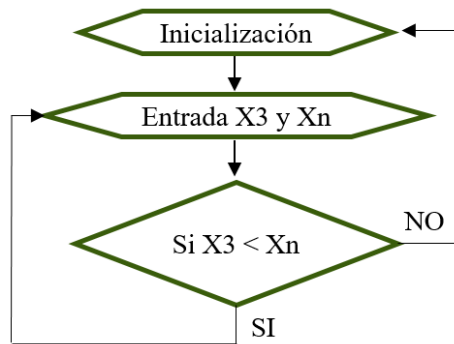


Figura 18. Diagrama de bloques para el registro del vehículo.
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la dirección de los objetos en movimiento se realizó una etapa de inicialización, la cual consistió en registrar las tres primeras coordenadas (P1, P2 Y P3) verificando la dirección a la cual se dirige el objeto. La inicialización es el punto de comparación con los siguiente Pn coordenadas. De acuerdo a la Figura 18, la dirección del objeto durante la sección de conteo de la carretera, se verifica de acuerdo al siguiente diagrama:



Para el análisis de los demás sentidos de dirección, se realizó con el mismo criterio planteado mediante el esquema de la Figura 19.

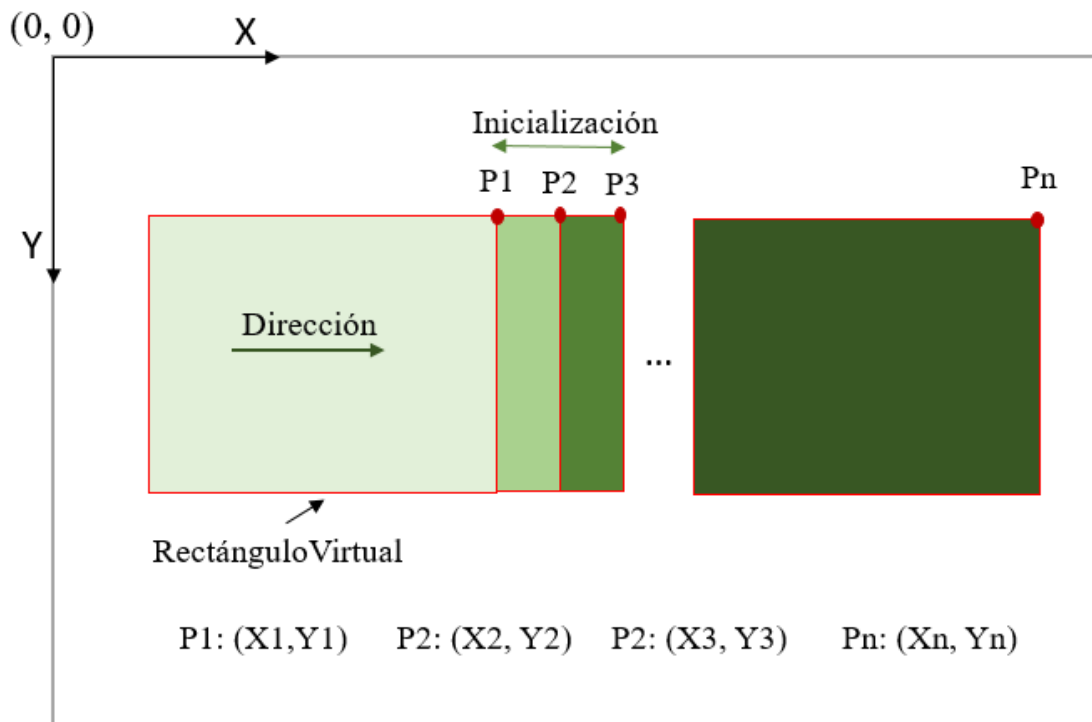


Figura 19. Esquema de dirección del objeto.
Fuente: Elaboración propia.

5.3 PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN

Los parámetros de clasificación empleados en el sistema son el ancho, altura y área del rectángulo virtual, cuyas propiedades geométricas pertenecen al vehículo que va en movimiento. En este proceso se define los parámetros para el conteo automático vehicular, determinando el rango de variabilidad del área y las distancias, mediante una selección de los mínimos y máximos de las variables registradas durante la etapa de calibración del video, es decir; en la proceso de aprendizaje y/o registró estadístico de las magnitudes reales de los vehículos. Cada uno de los valores mínimos o máximos puede ser afectado por un porcentaje, permitiendo incluir en la etapa de conteo automático, vehículos que no fueron enseñados durante la etapa de calibración del Video.

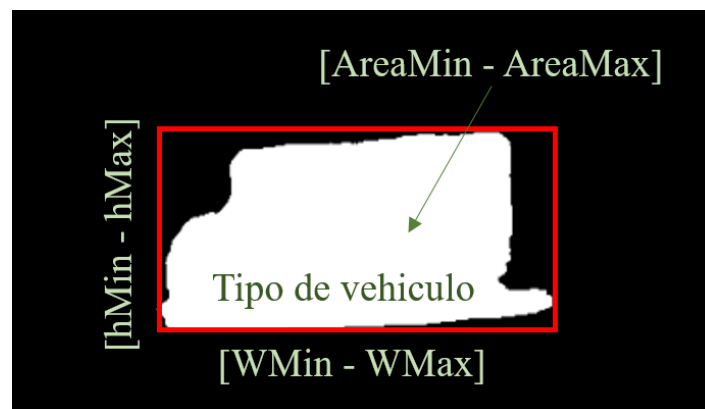


Figura 20. Esquema de mínimos y máximos, para el proceso de clasificación vehicular.
Fuente: Imagen y elaboración propia.

5.4 CONTEO AUTOMATICO DE VEHICULOS

Después de realizado el proceso de calibración del video y definición de los parámetros de clasificación, en esta etapa final fue posible determinar automáticamente cada uno de los objetos que se encuentran en las escenas del video, registrando el tipo de vehículo y la hora de paso (hh: mm: ss). En la presente sección se detallara en el registro automático, por lo que las otras etapas fueron explicadas en la sección 5.2.

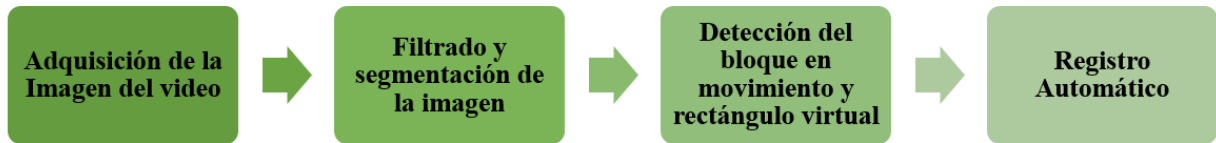


Figura 21. Esquema de la etapa de conteo automático vehicular.
Fuente: Elaboración propia.

5.4.1 REGISTRO AUTOMÁTICO

Registro Automático, es un proceso mediante el cual se va almacenando la información de paso del objeto en movimiento (Tipo de vehículo y hora), sin la intervención del usuario capacitado. Este proceso, fue posible mediante la determinación de la variabilidad de los parámetros de clasificación [WMin-WMax], [hMin-hMax] y/o [AreaMin-AreaMax] del rectángulo virtual. El registro automático se realizó mediante el siguiente diagrama de bloques:

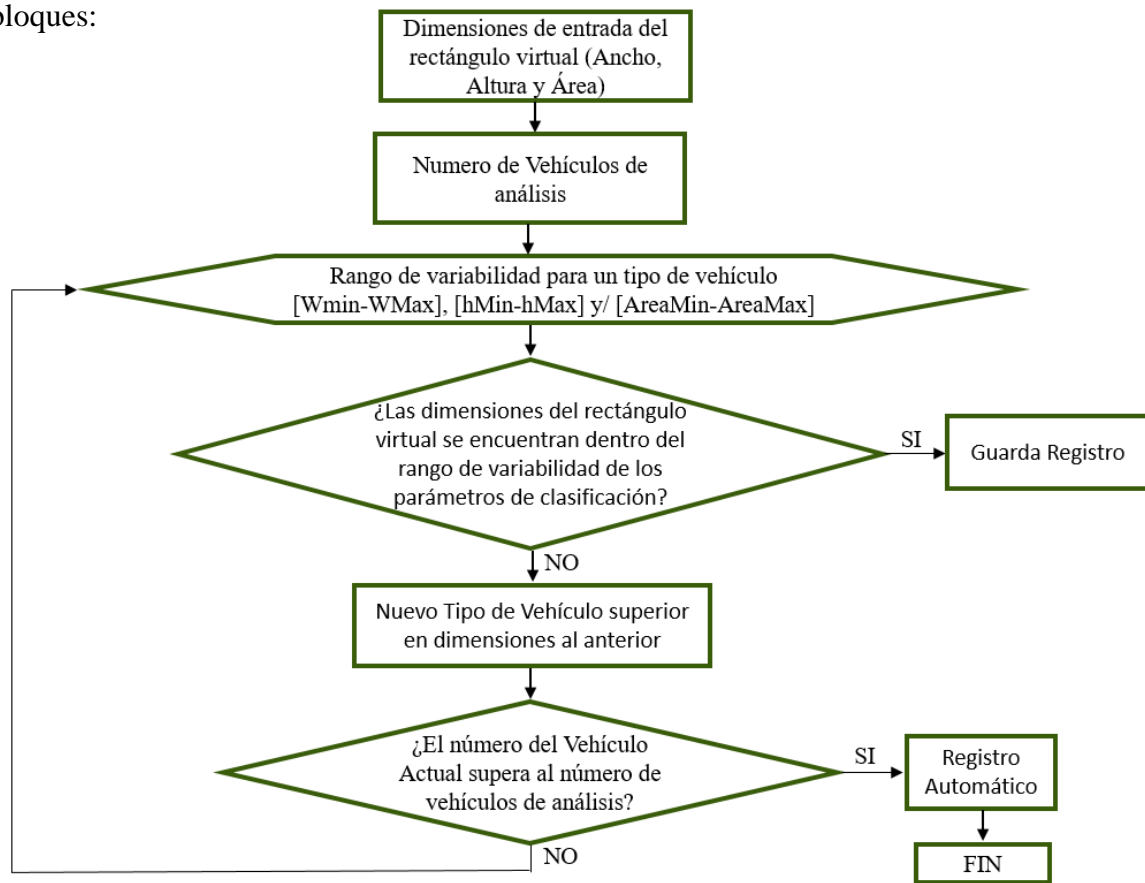


Figura 22. Diagrama de bloques para el registro Automático del vehículo.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 22, el Registro Automático se realizó para el último vehículo que se encuentra dentro de los rangos de los parámetros de clasificación, ya que existen tipos de vehículos que se traslapan en dimensión por la similitud presente entre estos, lo cual permite registrar el vehículo más grande.

6. COMPROBACIONES DE CAMPO

Las comprobaciones de campo se realizaron sobre la Vía Popayán - Cali (Variante) en horas de la mañana, donde las condiciones climáticas eran estables. A continuación se resumirán los resultados obtenidos mediante el sistema descrito y el Conteo manual mediante el uso de video, siendo el punto de comparación de los procedimientos sin y con referencia en campo.

6.1 SIN REFERENCIA EN CAMPO

La captura del video sin referencia en campo se realizó mediante el montaje de la cámara GoPro Hero 3, ya que este tipo de cámaras presenta una distorsión en el video denominado “ojo de pez”, dificultando el escalado del rectángulo virtual.

El video capturado con este tipo de cámaras es de alta definición, lo cual dificultaba el tiempo de procesamiento del video durante la etapa de Calibración y Conteo Automático, por lo cual se realizó la conversión del video, cuyas propiedades fueron las siguientes:

Tabla 1. Propiedades del Video.

PROPIEDAD	VALOR
Tipo de Archivo	.avi
Duración (hh:mm:ss)	00:17:34
Ancho fotograma	720
Alto fotograma	404
Velocidad fotograma	25 fps

Fuente: Archivo de Video.

El Conteo Vehicular Automático, se realizó mediante la aplicación computacional desarrollada en base a la teoría descrita en la sección 5 (Ver Anexo B). Los parámetros de configuración fueron los siguientes:

Tabla 2. Parámetros de configuración del video.

PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN	
Hora Inicial de Conteo (hh:mm:ss)	10:30:00 am
Hora Final de Conteo (hh:mm:ss)	10:45:00 am
Tipo de Calibración	Aprendizaje, sin referencia en campo.
Sentido de análisis	Izquierda —————> Derecha
Ubicación de la Camara	Lateral a la Carretera.
Distancia de la Camara al borde de la Carretera	12.00 m
Periodo de Aprendizaje	3 repeticiones de 2 min. (6 min. de aprendizaje).
Tipos de Vehículos Aprendidos al Sistema	Moto, Auto, Bus, C2G, >C5
Clasificación del los Vehículos Por:	Ancho y Altura (Referente a la imagen de video).
% de ampliación de los parámetros de clasificación (mínimos y máximo)	12 % del valor mínimo.

Fuente: Elaboración propia.

El Conteo Automático y Conteo manual mediante el uso de video, se realizó durante un periodo de 15 minutos, cuyos datos procesados se resumen en la Tabla 3 y los datos de conteo, se encuentran en el Anexo A.

Tabla 3. Resultados obtenidos y % de eficiencia del sistema descripto.

TIPO DE VEHÍCULO	NÚMERO REAL DE VEHÍCULOS	NUMERO DE VEHÍCULOS CONTADOS	PORCENTAJE DE EFICIENCIA
Motos	65	42	65
Autos	55	42	76
Buses	5	8	63
C2G	11	4	36
>C5	4	2	50
TOTAL	140	98	70

Fuente: Datos de Conteo vehicular automatizado y Conteo manual, mediante el uso de videos.

6.2 CON REFERENCIA EN CAMPO

La captura del video con referencia en campo se realizó mediante el montaje del DVR y la Cámara VTA. Este tipo de Cámaras no presentan el efecto “Ojo de Pez”, por lo tanto fue posible escalar el rectángulo virtual de una forma adecuada. De igual manera al video obtenido de la GoPro Hero 3, se realizó la conversión del video, cuyas propiedades fueron las siguientes:

Tabla 4. Propiedades del Video.

PROPIEDAD	VALOR
Tipo de Archivo	.avi
Duración (hh:mm:ss)	00:27:29
Ancho fotograma	640
Alto fotograma	480
Velocidad fotograma	29 fps

Fuente: Archivo de Video.

Tabla 5. Parámetros de Configuración del Video

PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN	
Hora Inicial de conteo (hh:mm:ss)	11:00:00 am
Hora Final de conteo (hh:mm:ss)	11:15:00 am
Tipo de Calibración	Aprendizaje, Con referencia en campo.
Sentido de análisis	Izquierda ← Derecha
Ubicación de la Camara	Lateral a la Carretera.
Distancia de la Camara al borde de la Carretera	17.70 m
Distancia de referencia	4.0 m
Periodo de Aprendizaje	3 repeticiones de 2 min. (6 min. de aprendizaje).
Tipos de Vehículos Aprendidos al Sistema	Moto, Auto, Bus, C2P, C2G
Clasificación del los Vehículos Por:	Ancho y Altura (Referente a la imagen de video).
% de ampliación de los parámetros de clasificación (mínimos y máximo)	12 % del valor mínimo.

Fuente: Elaboración propia.

El Conteo Vehicular Automático, se realizó mediante la aplicación computacional desarrollada en base a la teoría descrita en la sección 5 (Ver Anexo B). Los parámetros de configuración, se muestran en la Tabla 5.

El Conteo Automático y Conteo manual mediante el uso de video, se realizó durante un periodo de 15 minutos, cuyos datos procesados se resumen en la Tabla 6 y los datos de conteo, se encuentran en el Anexo A.

Tabla 6. Resultados obtenidos y % de eficiencia del sistema descrito.

TIPO DE VEHÍCULO	NÚMERO REAL DE VEHÍCULOS	NUMERO DE VEHÍCULOS CONTADOS	PORCENTAJE DE EFICIENCIA
Motos	43	31	72
Autos	35	29	83
Buses	9	6	67
C2P	4	9	44
C2G	10	5	50
TOTAL	101	80	79

Fuente: Datos de Conteo vehicular automatizado y Conteo manual, mediante el uso de videos.

7. LIMITACIONES DEL SISTEMA DESCRIPTO E IDENTIFICACIÓN DE FUTURAS INVESTIGACIONES

A continuación se describen cada una de las limitaciones presentes en el sistema descrito de la sección 5.0, siendo una posible identificación de futuras investigaciones en mejora del sistema del Conteo Vehicular Automatizado.

- 1. Ubicación de la cámara:** El análisis de los videos se realizó solamente con una ubicación lateral a la carretera, por lo que para videos ubicados desde otra perspectiva, no se puede realizar un buen conteo vehicular automáticamente.



Figura 23. Ubicación adecuada de la Cámara para el sistema planteado.

Fuente: Imagen propia.

- 2. Superposición vehicular:** Debido a la ubicación de la cámara existen vehículos que se superponen, implicando el registro de aquellos que se encuentren en el primer plano de la imagen o en el segundo plano, dependiendo del tamaño del vehículo.



Figura 24. Superposición vehicular.
Fuente: Imagen propia.

- 3. Congestión de Vehículos en la imagen de video:** Cuando existen una cierta cantidad de vehículos y superposición vehicular, el sistema realiza una actualización del seguimiento de los objetos en movimiento (inicialización) y al pasar por la zona de registro no es detectado por el sistema.



Figura 25. Congestión de objetos en la imagen de video.
Fuente: Imagen propia.

- 4. Intercesión de rangos respecto a las dimensiones de los vehículos:** Debido a la variedad de los diseños de vehículos, existe tipos de vehículos en los cuales sus dimensiones geométricas se intersectan, lo cual dificulta su clasificación. El sistema registra el vehículo que presente mayor dimensión (el más grande), encontrándose entre el rango establecido de los parámetros de clasificación.

5. Algoritmos de Segmentación y Filtrado: A pesar de los algoritmos utilizados, el objeto en movimiento se ve afectado por el humo de los vehículos (contaminación vehicular), la sombra del vehículo sobre el pavimento (ubicación del sol durante el día), entre otros.



Figura 26. Detección de vehículos en presencia de humo vehicular.
Fuente: Imagen propia.

6. Condiciones ambientales: El sistema planteado es adecuado en horas de la mañana y en la tarde, en presencia de buena iluminación y sin intervención del agua en forma de precipitación o condensación.



Figura 27. Detección de objetos en horas de la noche.
Fuente: Imagen propia.

7. Trayectoria del Objeto: El sistema detecta objetos que van en movimiento, por lo tanto objetos estáticos de la escena, no son identificados.

8. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un sistema de Conteo Automático Vehicular, basado en la teoría de Visión Artificial. Este sistema fue probado lateralmente a la Carretera Popayán – Cali (Variante), con buenas condiciones ambientales y de iluminación.
- Se diseñó y elaboró un programa computacional en la plataforma de Visual Studio .NET para equipos con Sistema Operativo Windows. El programa se basó en el sistema descrito de la sección 5.0, siendo útil para la aplicabilidad y fácil manejo de los Conteos Vehiculares Automatizados.
- Mediante el uso del programa VideoConteo (Conteos Manuales, mediante el uso de videos), se logró comparar el sistema descrito durante 15 minutos de Video, el cual presentó para la metodología sin referencia en campo, un porcentaje de eficiencia del 70 % respecto al número total de vehículos registrados; mientras que para la metodología con referencia en campo, se presentó una eficiencia del 79% respecto al número total de Vehículos registrados.
- La ubicación de la Cámara (lateral a la carretera), no es la más adecuada; ya que genera inconvenientes sobre la superposición vehicular, evitando la detección de vehículos que transitan por la zona de registro.
- Cuando el algoritmo presenta conflictos en la clasificación automática de un vehículo, selecciona el vehículo de mayor jerarquía establecido. Normalmente el vehículo de mayor longitud.
- El escalado del rectángulo virtual, se realiza cuando se tiene en cuenta la referencia en campo; donde el video capturado no debe presentar el efecto ojo de pez, ya que la distorsión afecta el proceso de registro. Para videos que no cumplen con la referencia

en campo, pero si con las condiciones de ubicación de la Cámara planteada por el sistema, se puede realizar el proceso de Conteo Vehicular Automatizado.

- El proceso de aprendizaje, es un paso dispendioso durante el proceso de calibración del video, pero si se cuenta con la referencia en campo y las bases estadísticas de las dimensiones geométricas de los vehículos, este proceso puede ser evitado; teniendo en cuenta la fiabilidad en la información de las bases estadísticas y una buena referenciación en campo.
- La etapa de Calibración del video depende directamente de la rigurosidad con la que el usuario realiza el aprendizaje del sistema, consulta o determina las bases estadísticas de las dimensiones geométricas reales de los tipos de vehículos y demás parámetros de configuración (Dibujo de la zona de interés, zona de registro y distancia de referencia).

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. R. (2010). *CEFIRE-Conselleria de Educaci3n, Investigaci3n, Cultura y Deporte*.
Obtenido de Edici3n de audio y Video:
<http://cefire.edu.gva.es/mod/imscp/view.php?id=198322>
- Arboleda Velez, C., & Rivas Mu3oz, N. (2005). Conferencias de Ingenier3a de Tr3nsito.
Estudio de Volumen en Tr3nsito, (p3g. 146). Popayan.
- Cal y Mayor, R., & C3rdenas Grisales, J. (2013). *Ingenier3a de Tr3nsito, Fundamentos y aplicaciones* (Octava ed.). Mexico, D.F.: Alfaomega.
- Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2008). *Cursos Abiertos de la UNED*. Obtenido de
Tecnolog3a Multimedia:
http://ocw.innova.uned.es/mm2/tm/contenidos/pdf/tema4/tmm_tema4_video_digital.pdf
- C3rdoba Estrada, P. A., & S3nchez Ferreira, C. (10 de Abril de 2008). Sistema de visi3n
artificial para la vigilancia de propiedades mediante procesamiento digital de im3genes
de video y reconocimiento de patrones. 126. Popay3n, Cauca, Colombia: UC.
- Directiva 2010/40/UE del Parlamento Europeo y del Consejo*. (2010). Obtenido de Diario
Oficial de la Uni3n Europea: <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/77CCCE9E-3548-41FE-BF7A-AF03023445F2/115152/LexUriServ.pdf>
- G3mez-Torres, N. R., & Vald3s-Diaz, D. M. (2009). Seventh LACCEI Latin American and
Caribbean Conference for Engineering and Technology. *Empleo de Imagenes de
Video para Conteos Autom3ticos de Veh3culos en Intersecciones*, (p3g. 10). San
Cristobal, Venezuela.
- Gonz3lez, R. C., & Woods, R. E. (1996). *Tratamiento digital de im3genes*. Wilmington,
Delaware, E.U.A: Addison-Weslwy Iberoamericana, S.A.
- Informaci3n general acerca de .NET Framework*. (2015). Obtenido de MSDN Library,
Microsoft: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/zw4w595w%28v=vs.110%29.aspx>

- Introducción a Visual Studio .NET.* (2015). Obtenido de MSDN Library, Microsoft: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/aa291755>
- Main Page.* (12 de Julio de 2015). Obtenido de Emgu CV : http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page
- Microsoft. (2015). *Información general acerca de .NET Framework.* Obtenido de MSDN Library, Microsoft: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/zw4w595w%28v=vs.110%29.aspx>
- Vélez Serrano, J., Moreno Díaz, A. B., Sánchez Calle, Á., & Esteban Sánchez - Marín, J. (2003). *Visión por computador* (Segunda ed.). Obtenido de <http://www.visionporcomputador.es/libroVision/libro.html>
- Visión Artificial, Aplicación práctica del la visión artificial en el control de procesos industriales.* (2012). Obtenido de http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf
- Visual C#.* (2015). Obtenido de MSDN Library, Microsoft: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/kx37x362.aspx>

ANEXO A

1. DATOS DEL CONTEO VEHICULAR AUTOMATIZADO

1.1 Sin referencia en campo.

Tabla A1. Datos del Conteo Automático, sin referencia en campo.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)	No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
1	Auto	10:30:11 a. m.	36	Bus	10:34:36 a. m.
2	Auto	10:30:15 a. m.	37	Moto	10:34:37 a. m.
3	Moto	10:30:16 a. m.	38	Moto	10:34:39 a. m.
4	>C5	10:30:20 a. m.	39	Auto	10:34:42 a. m.
5	Auto	10:30:23 a. m.	40	Auto	10:34:49 a. m.
6	Auto	10:30:26 a. m.	41	Auto	10:34:59 a. m.
7	Auto	10:30:40 a. m.	42	Moto	10:35:02 a. m.
8	Auto	10:30:42 a. m.	43	Auto	10:35:05 a. m.
9	Moto	10:30:43 a. m.	44	Moto	10:35:18 a. m.
10	Auto	10:30:46 a. m.	45	Moto	10:35:31 a. m.
11	Moto	10:30:49 a. m.	46	Moto	10:35:33 a. m.
12	Moto	10:30:58 a. m.	47	Auto	10:35:34 a. m.
13	Auto	10:31:00 a. m.	48	Moto	10:35:37 a. m.
14	Auto	10:31:08 a. m.	49	Auto	10:36:03 a. m.
15	Auto	10:31:12 a. m.	50	Moto	10:36:49 a. m.
16	Moto	10:31:23 a. m.	51	Auto	10:37:01 a. m.
17	Moto	10:31:37 a. m.	52	Bus	10:37:03 a. m.
18	Bus	10:31:39 a. m.	53	Moto	10:37:10 a. m.
19	Bus	10:31:42 a. m.	54	Auto	10:37:18 a. m.
20	C2G	10:31:51 a. m.	55	Moto	10:37:44 a. m.
21	Auto	10:31:56 a. m.	56	Moto	10:37:48 a. m.
22	Moto	10:32:02 a. m.	57	Moto	10:37:59 a. m.
23	Auto	10:32:05 a. m.	58	Moto	10:38:16 a. m.
24	Auto	10:32:09 a. m.	59	Auto	10:38:17 a. m.
25	Bus	10:32:10 a. m.	60	Moto	10:38:39 a. m.
26	Auto	10:32:23 a. m.	61	Moto	10:38:42 a. m.
27	Auto	10:32:38 a. m.	62	Moto	10:39:16 a. m.
28	Auto	10:32:41 a. m.	63	Moto	10:39:24 a. m.
29	Moto	10:33:12 a. m.	64	Auto	10:39:32 a. m.
30	Auto	10:33:18 a. m.	65	Bus	10:39:41 a. m.
31	Auto	10:33:22 a. m.	66	Moto	10:39:45 a. m.
32	Moto	10:33:27 a. m.	67	Moto	10:40:12 a. m.
33	Auto	10:34:04 a. m.	68	Moto	10:40:14 a. m.
34	C2G	10:34:25 a. m.	69	Auto	10:40:17 a. m.
35	Auto	10:34:29 a. m.	70	Bus	10:40:37 a. m.
			71	Moto	10:40:47 a. m.

Fuente: Reporte del Programa de computador, para el conteo Automático Vehicular.

Tabla A1. Continuación.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
72	Moto	10:40:53 a. m.
73	Moto	10:40:55 a. m.
74	Auto	10:41:02 a. m.
75	Moto	10:41:08 a. m.
76	Moto	10:41:09 a. m.
77	Bus	10:41:22 a. m.
78	Moto	10:41:30 a. m.
79	C2G	10:41:51 a. m.
80	C2G	10:41:57 a. m.
81	Moto	10:42:04 a. m.
82	Auto	10:42:05 a. m.
83	Moto	10:42:30 a. m.
84	>C5	10:42:34 a. m.
85	Auto	10:42:49 a. m.
86	Moto	10:42:49 a. m.
87	Moto	10:42:52 a. m.
88	Moto	10:43:02 a. m.
89	Auto	10:43:09 a. m.
90	Auto	10:43:21 a. m.
91	Auto	10:43:41 a. m.
92	Auto	10:44:01 a. m.
93	Auto	10:44:15 a. m.
94	Moto	10:44:22 a. m.
95	Auto	10:44:29 a. m.
96	Auto	10:44:30 a. m.
97	Auto	10:44:30 a. m.
98	Moto	10:44:59 a. m.

Tabla A2. Parámetros de clasificación y Rangos en pixel por tipo de vehículo, sin referencia en campo.

TIPO DE VEHICULO	ANCHO MIN	ANCHO MAX	ALTURA MIN	ALTURA MAX
Moto	27.17	76.18	20.74	43.23
Auto	59.74	178.15	23.26	57.39
Bus	129.51	186.99	54.41	76.59
C2G	183.7	233.88	71.94	91.56
>C5	299.64	381.36	66.09	84.12

Fuente: Reporte del Programa de computador, para el conteo Automático Vehicular.

1.2 Con referencia en campo.

Tabla A3. Datos del Conteo Automático, con referencia en campo.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)	No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
1	Bus	11:00:12 a. m.	43	C2G	11:08:35 a. m.
2	Moto	11:00:27 a. m.	44	Moto	11:08:38 a. m.
3	Moto	11:00:35 a. m.	45	Moto	11:08:42 a. m.
4	Auto	11:01:20 a. m.	46	Moto	11:09:06 a. m.
5	Auto	11:01:21 a. m.	47	Moto	11:09:12 a. m.
6	Bus	11:01:27 a. m.	48	Moto	11:09:23 a. m.
7	Auto	11:01:28 a. m.	49	C2G	11:09:35 a. m.
8	Auto	11:01:32 a. m.	50	Auto	11:09:36 a. m.
9	Moto	11:01:38 a. m.	51	Auto	11:09:46 a. m.
10	C2G	11:01:49 a. m.	52	Moto	11:10:23 a. m.
11	C2P	11:01:55 a. m.	53	Moto	11:10:43 a. m.
12	Auto	11:01:56 a. m.	54	C2P	11:11:05 a. m.
13	Auto	11:01:59 a. m.	55	Auto	11:11:09 a. m.
14	Bus	11:02:10 a. m.	56	Moto	11:11:18 a. m.
15	Bus	11:02:13 a. m.	57	C2G	11:11:36 a. m.
16	Auto	11:02:31 a. m.	58	Moto	11:11:38 a. m.
17	Auto	11:02:37 a. m.	59	C2G	11:11:43 a. m.
18	C2P	11:03:27 a. m.	60	Moto	11:11:46 a. m.
19	Moto	11:03:34 a. m.	61	Auto	11:12:40 a. m.
20	Moto	11:03:37 a. m.	62	Auto	11:12:43 a. m.
21	Moto	11:03:38 a. m.	63	Auto	11:12:55 a. m.
22	Auto	11:03:47 a. m.	64	Moto	11:12:58 a. m.
23	Auto	11:03:57 a. m.	65	Auto	11:13:04 a. m.
24	Auto	11:03:59 a. m.	66	Bus	11:13:13 a. m.
25	Moto	11:04:34 a. m.	67	Auto	11:13:15 a. m.
26	Auto	11:04:37 a. m.	68	Moto	11:13:16 a. m.
27	Moto	11:05:01 a. m.	69	Auto	11:13:17 a. m.
28	Auto	11:05:02 a. m.	70	C2P	11:13:28 a. m.
29	Moto	11:05:18 a. m.	71	Auto	11:13:29 a. m.
30	Bus	11:05:54 a. m.	72	C2P	11:13:31 a. m.
31	C2P	11:05:56 a. m.	73	Auto	11:13:36 a. m.
32	Moto	11:06:05 a. m.	74	Moto	11:14:04 a. m.
33	Auto	11:07:03 a. m.	75	C2P	11:14:14 a. m.
34	C2P	11:07:08 a. m.	76	Moto	11:14:17 a. m.
35	Moto	11:07:15 a. m.	77	Auto	11:14:29 a. m.
36	C2P	11:07:27 a. m.	78	Moto	11:14:35 a. m.
37	Moto	11:07:29 a. m.	79	Auto	11:14:46 a. m.
38	Moto	11:07:29 a. m.	80	Auto	11:14:59 a. m.
39	Moto	11:07:29 a. m.			
40	Moto	11:07:31 a. m.			
41	Auto	11:07:49 a. m.			
42	Moto	11:07:56 a. m.			

Fuente: Reporte del Programa de computador, para el conteo Automático Vehicular.

Tabla A4. Parámetros de clasificación y Rangos en metros por tipo de vehículo, con referencia en campo.

TIPO DE VEHICULO	ANCHO MIN	ANCHO MAX	ALTURA MIN	ALTURA MAX
Moto	0.87	2.32	0.69	1.29
Auto	2.29	4.88	1.21	2.48
Bus	4.84	8.66	1.71	3.73
C2P	3.52	7.05	2.33	3.82
C2G	7.92	10.58	3.08	4.92

Fuente: Reporte del Programa de computador, para el conteo Automático Vehicular.

2. DATOS DEL CONTEO MANUAL MEDIANTE EL USO DE VIDEO

2.1 Sin referencia en campo.

Tabla A5. Datos del Conteo Manual mediante el uso de video, sin referencia en campo.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)	No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
1	Auto	10:30:12 a. m.	29	Moto	10:31:43 a. m.
2	C2P	10:30:13 a. m.	30	Moto	10:31:49 a. m.
3	Auto	10:30:14 a. m.	31	C2G	10:31:50 a. m.
4	Auto	10:30:14 a. m.	32	Moto	10:31:51 a. m.
5	Auto	10:30:14 a. m.	33	Auto	10:31:56 a. m.
6	Moto	10:30:15 a. m.	34	Moto	10:32:02 a. m.
7	>C5	10:30:19 a. m.	35	Auto	10:32:04 a. m.
8	Auto	10:30:22 a. m.	36	Auto	10:32:08 a. m.
9	Auto	10:30:25 a. m.	37	Bus	10:32:09 a. m.
10	Auto	10:30:40 a. m.	38	Moto	10:32:12 a. m.
11	Auto	10:30:41 a. m.	39	Auto	10:32:22 a. m.
12	Moto	10:30:43 a. m.	40	Auto	10:32:38 a. m.
13	Auto	10:30:45 a. m.	41	Auto	10:32:41 a. m.
14	Moto	10:30:49 a. m.	42	Moto	10:33:11 a. m.
15	Moto	10:30:57 a. m.	43	Moto	10:33:12 a. m.
16	Auto	10:30:59 a. m.	44	C2G	10:33:16 a. m.
17	C2P	10:31:03 a. m.	45	Auto	10:33:18 a. m.
18	Moto	10:31:07 a. m.	46	Auto	10:33:22 a. m.
19	Auto	10:31:11 a. m.	47	Moto	10:33:26 a. m.
20	Moto	10:31:13 a. m.	48	Auto	10:33:27 a. m.
21	Auto	10:31:14 a. m.	49	Auto	10:33:31 a. m.
22	Auto	10:31:15 a. m.	50	Moto	10:33:34 a. m.
23	Moto	10:31:22 a. m.	51	Auto	10:34:04 a. m.
24	C2G	10:31:31 a. m.	52	C2G	10:34:25 a. m.
25	Moto	10:31:31 a. m.	53	Auto	10:34:29 a. m.
26	Moto	10:31:37 a. m.	54	C2G	10:34:35 a. m.
27	C3-C4	10:31:39 a. m.	55	Moto	10:34:36 a. m.
28	Bus	10:31:42 a. m.	56	Moto	10:34:36 a. m.
			57	C2P	10:34:38 a. m.

Fuente: Reporte del programa VideoConteo.

Tabla A5. Continuación.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
58	Moto	10:34:39 a. m.
59	Auto	10:34:42 a. m.
60	Auto	10:34:48 a. m.
61	Auto	10:34:49 a. m.
62	Auto	10:34:59 a. m.
63	Moto	10:35:02 a. m.
64	C2P	10:35:04 a. m.
65	Moto	10:35:07 a. m.
66	Moto	10:35:18 a. m.
67	Moto	10:35:32 a. m.
68	Moto	10:35:33 a. m.
69	Auto	10:35:34 a. m.
70	C2P	10:35:37 a. m.
71	Moto	10:35:38 a. m.
72	Moto	10:35:40 a. m.
73	Moto	10:35:40 a. m.
74	Auto	10:35:43 a. m.
75	Auto	10:36:03 a. m.
76	Auto	10:36:45 a. m.
77	Moto	10:36:49 a. m.
78	Auto	10:37:01 a. m.
79	Bus	10:37:02 a. m.
80	Moto	10:37:07 a. m.
81	Moto	10:37:10 a. m.
82	Auto	10:37:17 a. m.
83	Moto	10:37:17 a. m.
84	Moto	10:37:44 a. m.
85	Moto	10:37:48 a. m.
86	Moto	10:37:59 a. m.
87	Auto	10:38:12 a. m.
88	Moto	10:38:16 a. m.
89	Auto	10:38:16 a. m.
90	Moto	10:38:39 a. m.
91	Moto	10:38:42 a. m.
92	Auto	10:39:07 a. m.
93	Moto	10:39:16 a. m.
94	Moto	10:39:24 a. m.
95	Auto	10:39:32 a. m.
96	C2G	10:39:36 a. m.
97	C2G	10:39:38 a. m.
98	Auto	10:39:40 a. m.
99	Moto	10:39:45 a. m.
100	Moto	10:39:48 a. m.
101	Moto	10:40:11 a. m.
102	Moto	10:40:13 a. m.
103	Auto	10:40:16 a. m.
104	C2G	10:40:37 a. m.
105	Moto	10:40:47 a. m.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
106	Moto	10:40:54 a. m.
107	Moto	10:40:54 a. m.
108	Moto	10:40:54 a. m.
109	C2G	10:40:58 a. m.
110	Auto	10:41:00 a. m.
111	Moto	10:41:02 a. m.
112	Moto	10:41:08 a. m.
113	Moto	10:41:09 a. m.
114	C2G	10:41:17 a. m.
115	Moto	10:41:18 a. m.
116	Moto	10:41:22 a. m.
117	Auto	10:41:29 a. m.
118	Moto	10:41:30 a. m.
119	Auto	10:41:45 a. m.
120	C2G	10:41:50 a. m.
121	>C5	10:41:53 a. m.
122	Moto	10:41:54 a. m.
123	>C5	10:41:58 a. m.
124	Moto	10:42:00 a. m.
125	Moto	10:42:02 a. m.
126	Bus	10:42:03 a. m.
127	Auto	10:42:05 a. m.
128	Moto	10:42:30 a. m.
129	>C5	10:42:33 a. m.
130	Auto	10:42:48 a. m.
131	Moto	10:42:49 a. m.
132	Moto	10:42:52 a. m.
133	Moto	10:43:02 a. m.
134	Auto	10:43:09 a. m.
135	Auto	10:43:21 a. m.
136	Auto	10:43:41 a. m.
137	Auto	10:44:01 a. m.
138	Auto	10:44:06 a. m.
139	Auto	10:44:15 a. m.
140	Moto	10:44:22 a. m.
141	Auto	10:44:29 a. m.
142	Auto	10:44:29 a. m.
143	Bus	10:44:40 a. m.
144	Auto	10:44:50 a. m.
145	Moto	10:45:00 a. m.
146	Moto	10:45:02 a. m.

2.2 Con referencia en campo.

Tabla A6. Datos del Conteo Manual mediante el uso de video, con referencia en campo.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)	No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
1	Moto	11:00:02 a. m.	41	Moto	11:06:04 a. m.
2	Moto	11:00:05 a. m.	42	Moto	11:06:29 a. m.
3	Bus	11:00:12 a. m.	43	Auto	11:07:03 a. m.
4	Moto	11:00:27 a. m.	44	C2P	11:07:08 a. m.
5	Moto	11:00:35 a. m.	45	Moto	11:07:13 a. m.
6	Auto	11:01:20 a. m.	46	Moto	11:07:15 a. m.
7	Auto	11:01:21 a. m.	47	Bus	11:07:27 a. m.
8	Bus	11:01:26 a. m.	48	Moto	11:07:29 a. m.
9	Auto	11:01:28 a. m.	49	Moto	11:07:30 a. m.
10	Auto	11:01:32 a. m.	50	Moto	11:07:31 a. m.
11	Moto	11:01:38 a. m.	51	Bus	11:07:38 a. m.
12	C2G	11:01:49 a. m.	52	Moto	11:07:47 a. m.
13	C2P	11:01:55 a. m.	53	Auto	11:07:49 a. m.
14	Auto	11:01:56 a. m.	54	Moto	11:07:55 a. m.
15	Auto	11:01:58 a. m.	55	C2G	11:08:35 a. m.
16	Bus	11:02:10 a. m.	56	Moto	11:08:36 a. m.
17	C2G	11:02:13 a. m.	57	Moto	11:08:38 a. m.
18	Auto	11:02:27 a. m.	58	Moto	11:08:41 a. m.
19	Moto	11:02:29 a. m.	59	Moto	11:09:06 a. m.
20	Auto	11:02:31 a. m.	60	Moto	11:09:12 a. m.
21	Auto	11:02:37 a. m.	61	C2G	11:09:35 a. m.
22	Auto	11:03:28 a. m.	62	Auto	11:09:36 a. m.
23	Moto	11:03:34 a. m.	63	Auto	11:09:46 a. m.
24	Moto	11:03:38 a. m.	64	Moto	11:10:02 a. m.
25	Moto	11:03:38 a. m.	65	Moto	11:10:23 a. m.
26	Moto	11:03:45 a. m.	66	Moto	11:10:43 a. m.
27	Auto	11:03:47 a. m.	67	Bus	11:11:05 a. m.
28	Auto	11:03:53 a. m.	68	Auto	11:11:06 a. m.
29	Auto	11:03:57 a. m.	69	Auto	11:11:08 a. m.
30	Auto	11:03:59 a. m.	70	Auto	11:11:09 a. m.
31	Moto	11:04:34 a. m.	71	Moto	11:11:17 a. m.
32	Auto	11:04:37 a. m.	72	C2G	11:11:36 a. m.
33	Moto	11:05:01 a. m.	73	Moto	11:11:38 a. m.
34	Auto	11:05:02 a. m.	74	C2G	11:11:43 a. m.
35	Moto	11:05:18 a. m.	75	Moto	11:11:46 a. m.
36	Moto	11:05:20 a. m.	76	C2G	11:11:49 a. m.
37	Bus	11:05:28 a. m.	77	C2G	11:12:25 a. m.
38	Moto	11:05:48 a. m.	78	Moto	11:12:28 a. m.
39	C2G	11:05:55 a. m.	79	Auto	11:12:40 a. m.
40	C2P	11:05:56 a. m.	80	Auto	11:12:43 a. m.
			81	Auto	11:12:55 a. m.

Fuente: Reporte del programa VideoConteo.

Tabla A6. Continuación.

No.	TIPO DE VEHICULO	HORA DE PASO (hh:mm:ss)
82	Moto	11:12:58 a. m.
83	Moto	11:12:58 a. m.
84	Auto	11:13:04 a. m.
85	Bus	11:13:13 a. m.
86	Auto	11:13:15 a. m.
87	Moto	11:13:16 a. m.
88	Auto	11:13:17 a. m.
89	C2P	11:13:28 a. m.
90	Auto	11:13:29 a. m.
91	Auto	11:13:31 a. m.
92	Auto	11:13:35 a. m.
93	Auto	11:13:36 a. m.
94	Moto	11:14:04 a. m.
95	Bus	11:14:14 a. m.
96	Moto	11:14:17 a. m.
97	C2G	11:14:19 a. m.
98	Moto	11:14:28 a. m.
99	Moto	11:14:35 a. m.
100	Auto	11:14:46 a. m.
101	Auto	11:14:58 a. m.

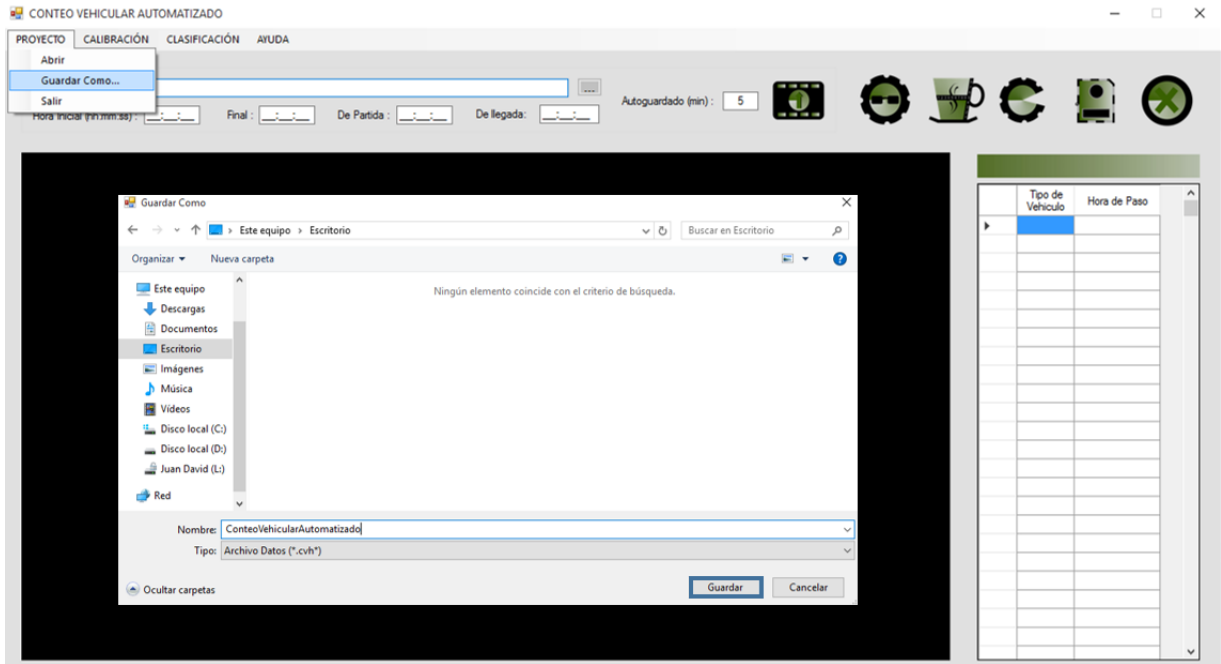


Figura B.2. Ventana principal del programa.

2. **Calibración:** Al dar clic en la pestaña de Calibración se desplegará una nueva venta, la cual facilita la calibración del video. Esta ventana presenta las siguientes funcionalidades:

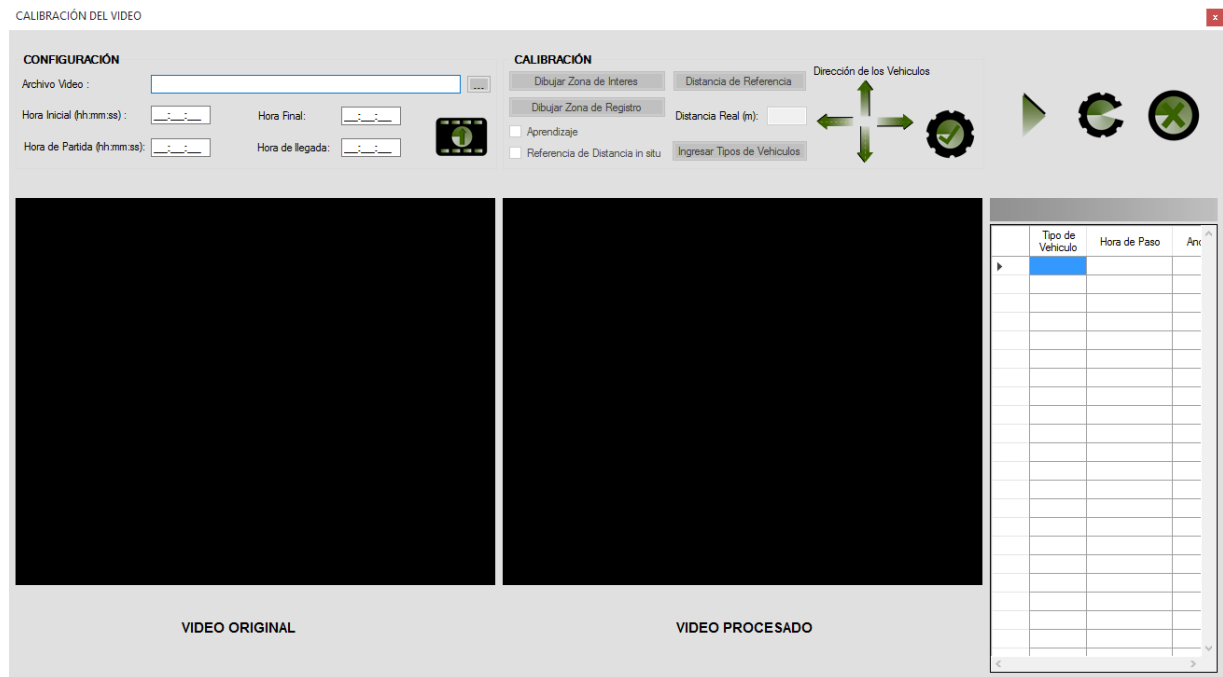



Figura B.3. Ventana de Calibración del video

2.1 Archivo de video: Permite buscar y cargar el archivo de video existente.

2.2 Cargar Video : Muestra en pantalla el video, sin reproducirlo.

2.3 Hora Inicial y Hora Final: Permite establecer la hora del día a la cual se realizo la captura del video en campo.

2.4 Hora de Partida y Hora de Llegada: Establece el tiempo de reproducción del video.



Figura B.4. Opciones de Configuración en la etapa de calibración del video.

2.5 Dibujar Zona de Interés: Esta opción permite dibujar sobre la imagen de video original, el área o zona de interés para el usuario (Ver Figura B.5.).

2.6 Dibujar Zona de Registro: Esta opción permite dibujar sobre la imagen de video original el área o zona de registro (Ver Figura B.6.).

2.7 Aprendizaje: Esta opción activa o desactiva las opciones de entrenamiento a la aplicación; es decir enseñarle que tipo de vehículo es el que se encuentra en movimiento (Ver Figura B.7.).

2.8 Referencia de Distancia In Situ: Permite activar o desactivar las opciones de escalado del rectángulo virtual (Ver Figura B.7.).

2.9 Distancia de referencia: Dibuja una recta sobre la imagen del video original si el usuario realizo una referenciación en campo. También Se define el valor en metros de cuanto equivale la longitud real de la recta dibujada en pantalla (Ver Figura B.7.).

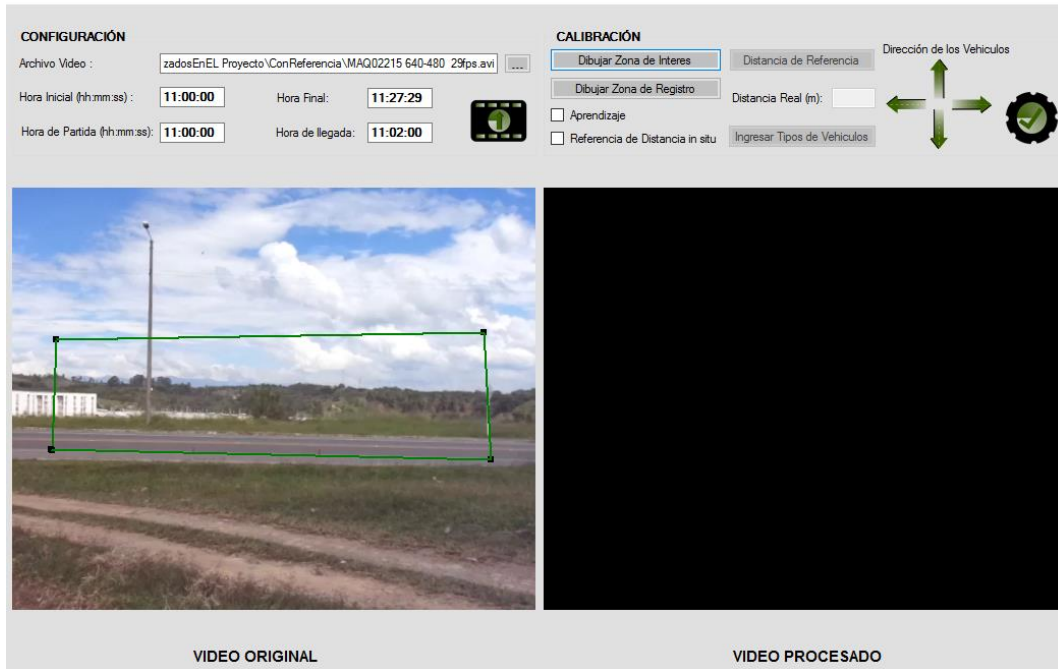


Figura B.5. Definición grafica de la Zona de Interés.

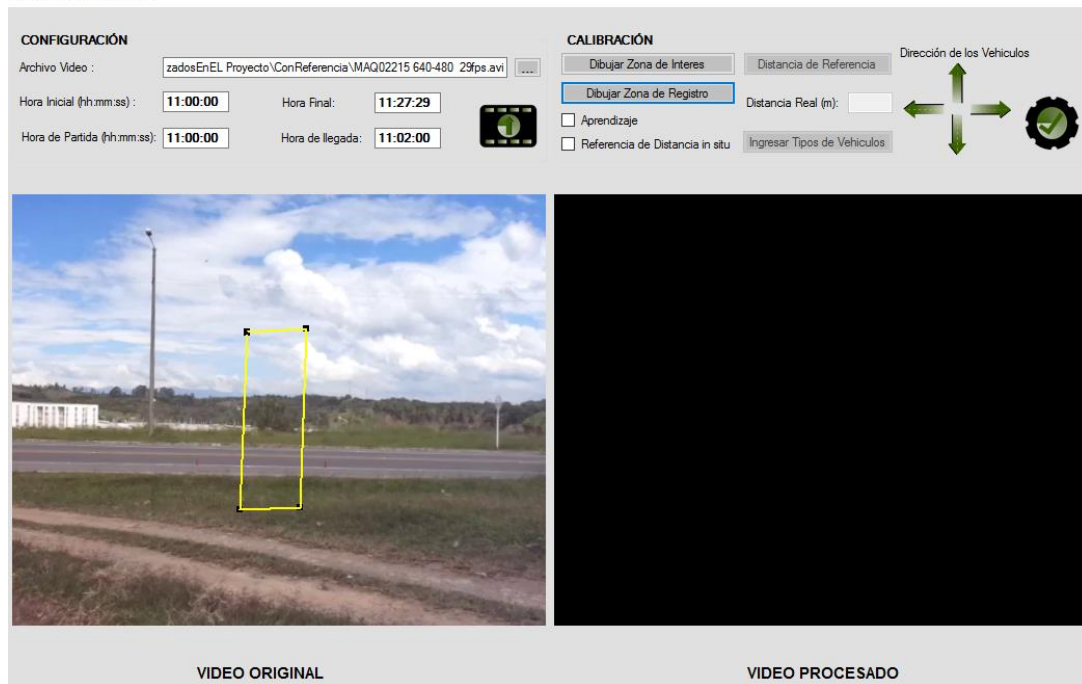


Figura B.6. Definición grafica de la Zona de Registro.

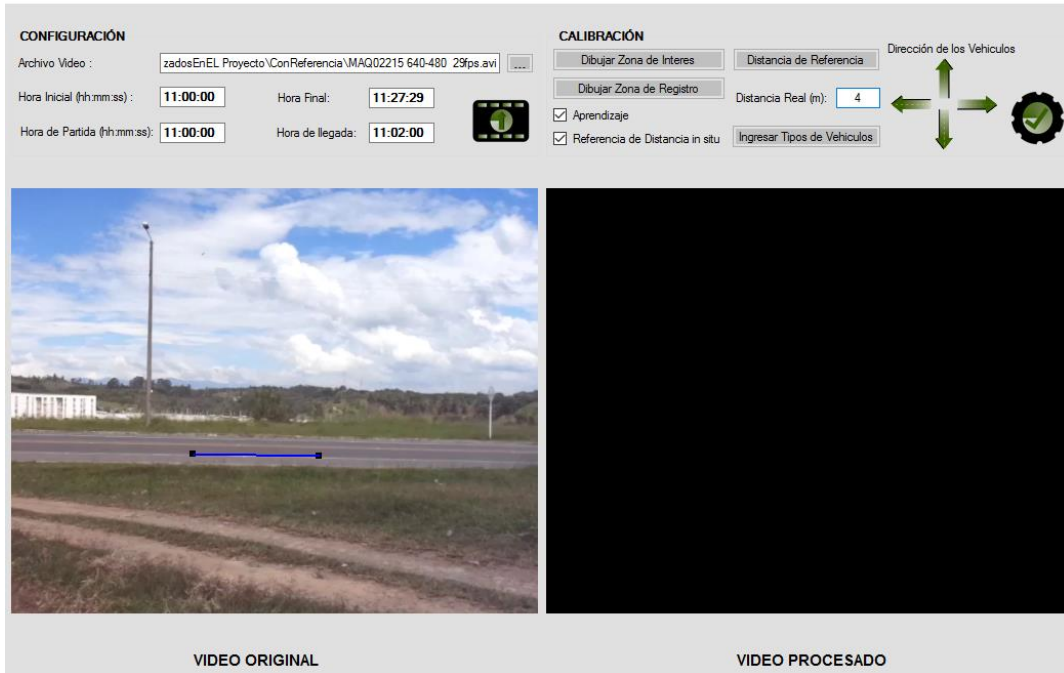



Figura B.7. Definición grafica de la distancia de referencia In Situ.


2.10 Ingresar Tipo de Vehículos: Muestra una nueva ventana en la cual se ingresa los rangos (Valor Min y Valor Max) de las dimensiones reales de los tipos de vehículos, definida en unidades de metros.

TIPO DE VEHICULOS - DIMENSIONES ESTADISTICAS

Tipo de Vehiculo	AnchoMin (m)	AnchoMax (m)	AlturaMin (m)	AlturaMax (m)	AreaMin (m)	AreaMax (m)
Moto	1.5	2.2	1	1.2	0	0
Auto	3.5	4.2	1.5	1.6	0	0
Bus	6	8	3	3.5	0	0
C2P	4	5	3	3.5	0	0
C2G	9	9.5	3.5	4.5	0	0
C3-C4	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0
>C5	0	0	0	0	0	0

Figura B.8. Tabla de dimensiones reales de los Tipos de Vehículos.

2.11 Dirección del Vehículo  : Determinar el sentido o dirección de los vehículos.

2.12 Aceptar Calibración  : Muestra en pantalla del video original las zonas y distancia de referencia dibujadas durante la calibración.

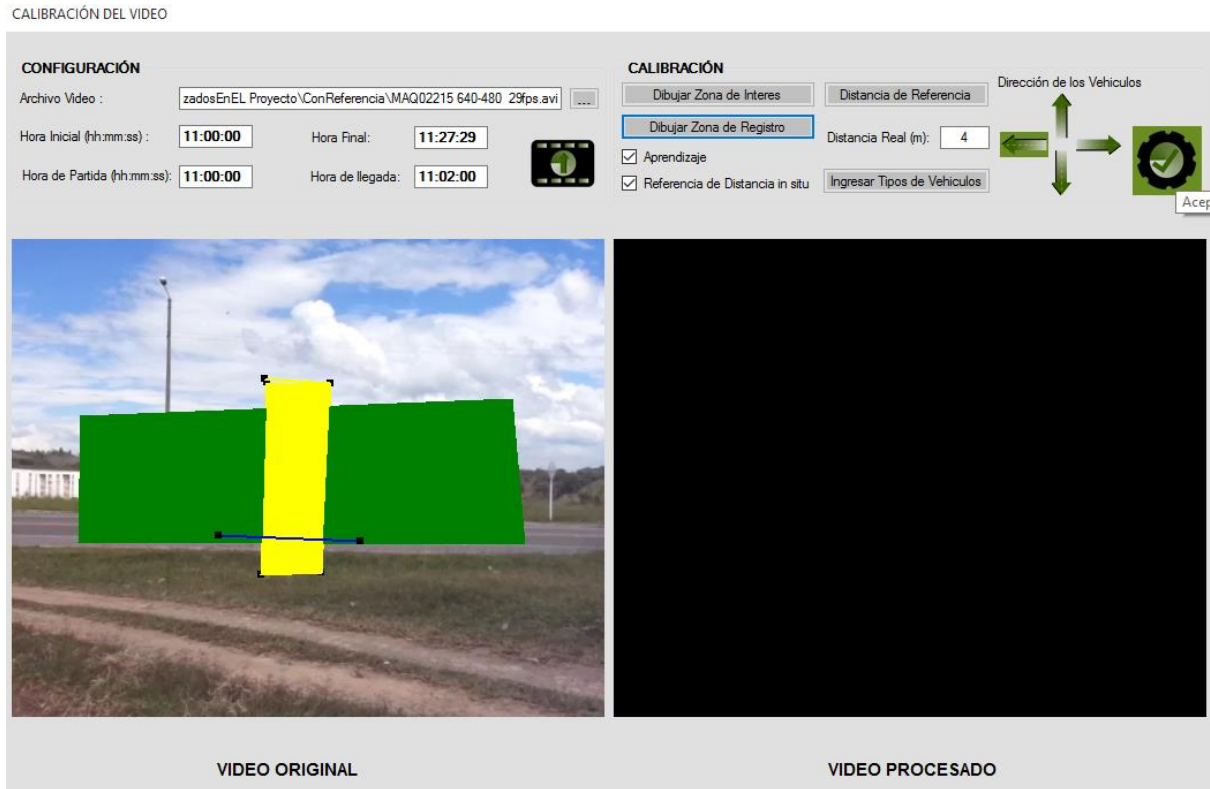




Figura B.9. Zona de interés, registró y distancia de referencia.

2.13 Correr  : Esta opción es habilitada si el usuario desea realizar un aprendizaje, la cual permite reproducir el video para detectar que objeto va en movimiento y preguntar qué tipo de vehículo se detectó (Ver Figura B.10. y B.11.).

2.14 Video Procesado: Muestra la imagen cuando se ha realizado el proceso de filtrado y segmentación de la imagen de video (Ver Figura B.11.).

2.15 Nuevo proceso de configuración y calibración  : Pausa el video y habilita las opciones de configuración y calibración nuevamente.


2.16 Cerrar  : Cierra la venta del calibración del video, guarda el proyecto y vuelve a la ventana principal del proyecto.



Figura B.10. Selección y registro manual del tipo de Vehículo.

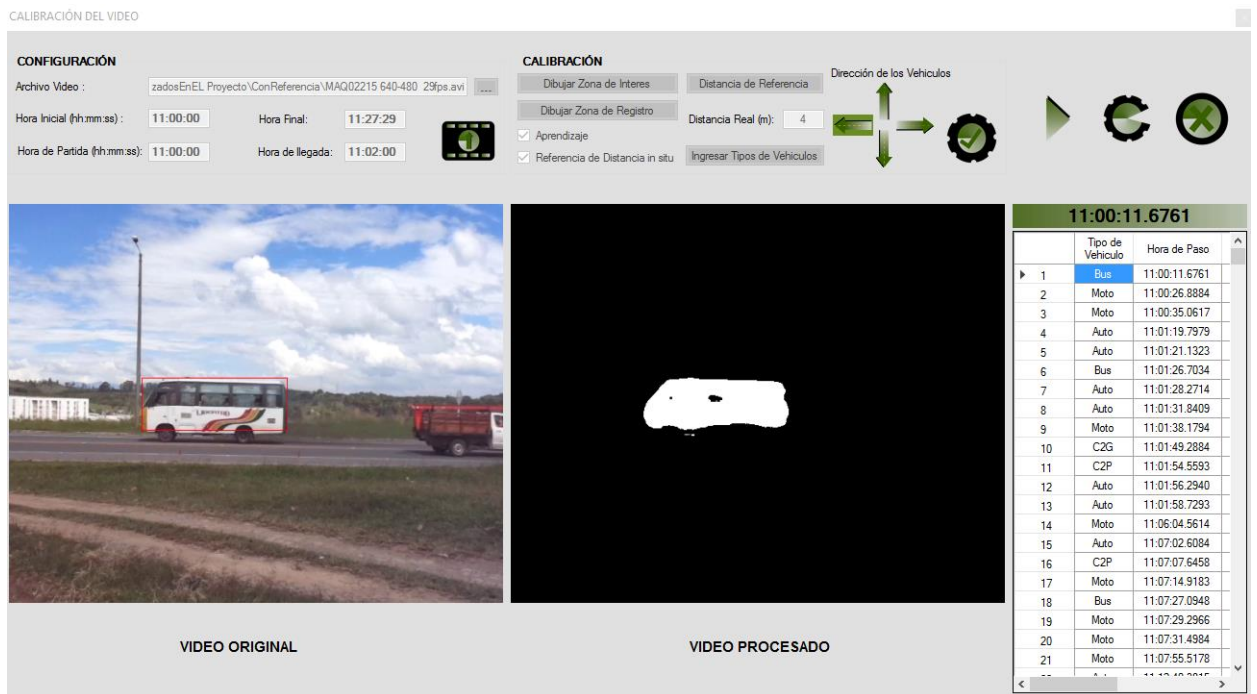




Figura B.11. Detección del objeto en movimiento.

- Clasificación:** En la pestaña clasificación se despliega una ventana donde se definen los parámetros de clasificación de los vehículos (Ancho, Altura y Área) y el porcentaje de afectación. En  se determina cada uno de los valores mínimos y máximos del ancho, altura y área, respecto a cada uno de los tipos de vehículos. En  cierra la ventana, guarda el proyecto y vuelve a la ventana principal.

PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN DE LOS VEHICULOS ✕

Clasificación por:

ANCHO ALTURA AREA

Porcentaje de afectación(%):

Tipo de Vehículo	Ancho Min	Ancho Max	Altura Min	Altura Max	Area Min	Area Max
Moto	0.8712	2.3188	0.6864	1.2936	0	1.13
Auto	2.288	4.882	1.2144	2.4756	0	5.45
Bus	4.84	8.66	1.7072	3.7328	0	17.67
C2P	3.52	7.05	2.332	3.818	0	17.46
C2G	7.92	10.58	3.08	4.92	0	25.34
C3-C4	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0
>C5	0	0	0	0	0	0


Figura B.12. Determinación de rangos y definición de los parámetros de clasificación.


4. **Conteo Automático Vehicular:** Después de realizado la etapa de calibración y clasificación, se puede realizar en la pantalla principal el conteo vehicular. Esta ventana presenta las siguientes opciones:

4.1 Archivo de video: Permite buscar y cargar el archivo de video existente en el computador.

4.2 Autoguardado: permite definir el periodo de tiempo en minutos de guardado automatico.

4.3 Cargar Video : Muestra en pantalla el video, sin reproducirlo.

4.4 Ver Zonas de interés, registro y distancia de referencia : Muestra en pantalla las configuraciones graficas definida en la etapa de Calibración (Ver Figura B.13.).

4.5 Conteo Automático : Reproduce el video y realiza el registro de los diferentes tipos de vehículos enseñados durante la calibración del video y parámetros de clasificación (Ver Figura B.14.).

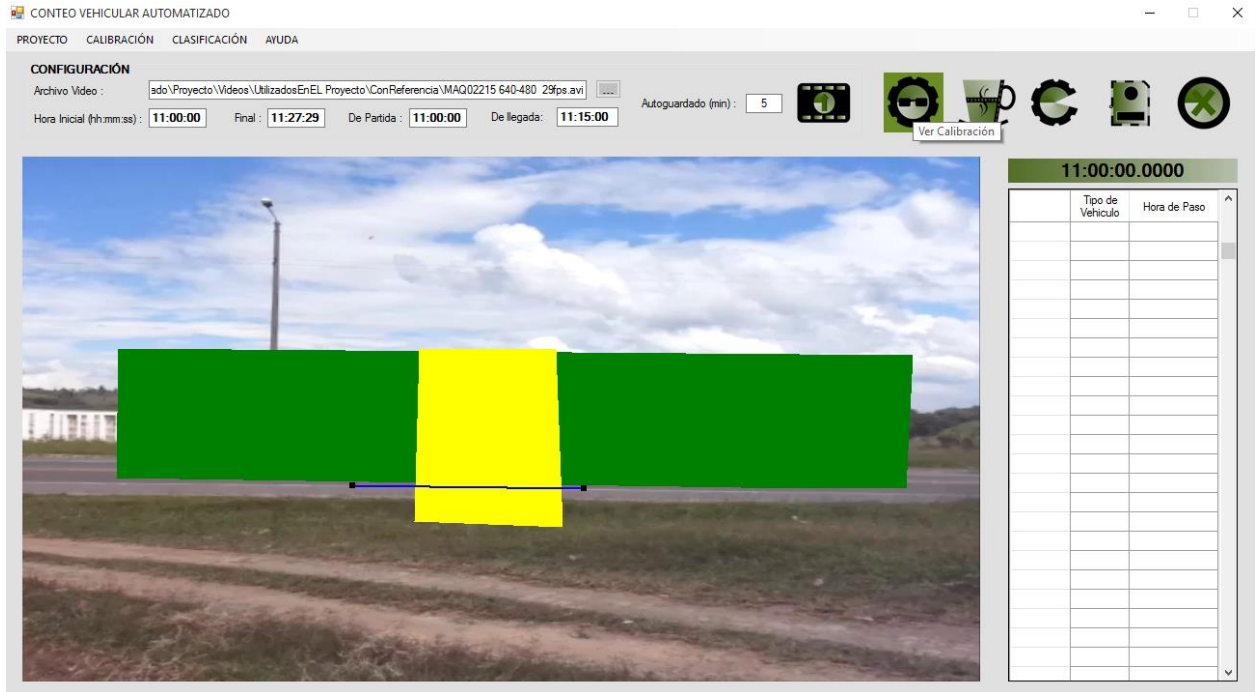


Figura B.13. Zona de Interés, registró y distancia de referencia.

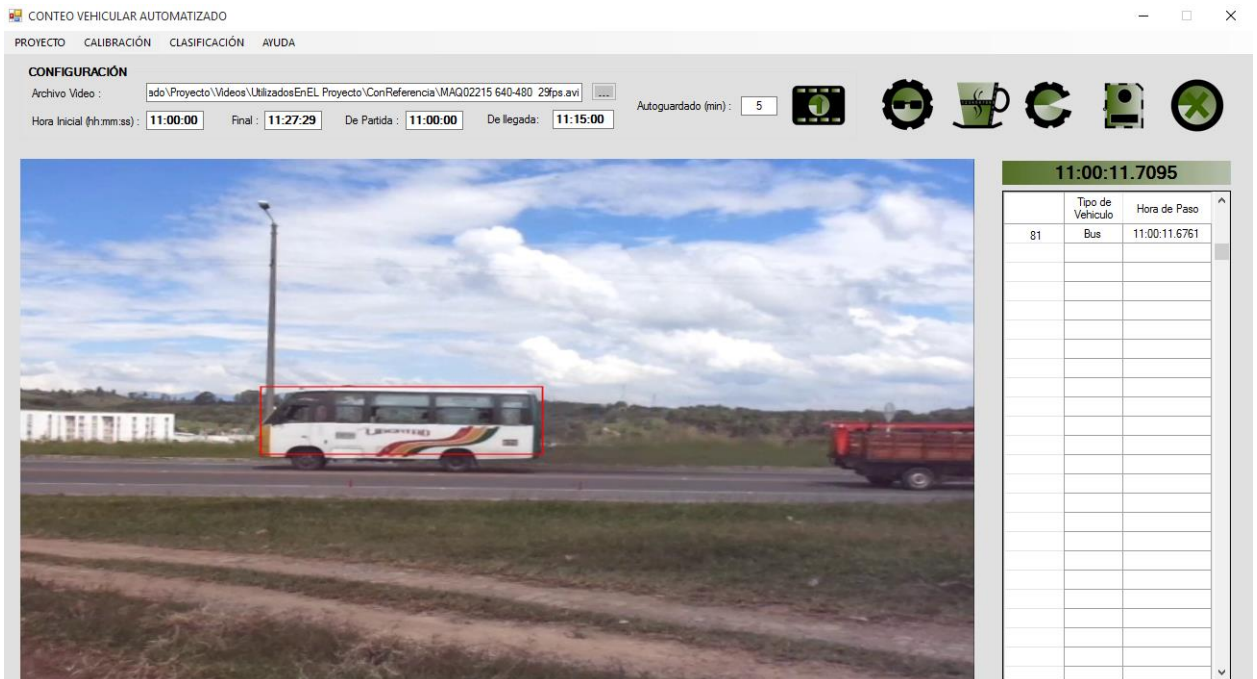



Figura B.14. Conteo Vehicular y registro automático.

4.6 Nuevo proceso de configuración : Pausa el video y habilita las opciones de configuración.

4.7 Guardar : Guarda todo el proyecto.

4.8 Cerrar : Cierra la aplicación.