



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL TRÁFICO
PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) MEDIANTE EL CONTEO AUTOMÁTICO
Y CONTEO MANUAL, EN LA VÍA “CAMINO A LA RINCINADA”, BARRIO
“JARDINES DEL OCCIDENTE”, EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN
QUITO, PROVINCIA PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Civil

AUTORA: Dayana Lizeth Acuña Vásquez
TUTOR: Hugo Patricio Carrión Latorre

Quito - Ecuador
2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Dayana Lizeth Acuña Vásquez con documento de identificación N° 1750556407 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 7 de agosto del 2024

Atentamente,



Dayana Lizeth Acuña Vásquez
1750556407

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Dayana Lizeth Acuña Vásquez con documento de identificación N° 1750556407, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto Técnico: “Validación de los resultados para la obtención del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) mediante el conteo automático y conteo manual, en la vía Camino a la Rincinada, barrio Jardines del Occidente, en la parroquia Chillogallo, cantón Quito, provincia Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente .

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 7 de agosto del 2024

Atentamente,



Dayana Lizeth Acuña Vásquez

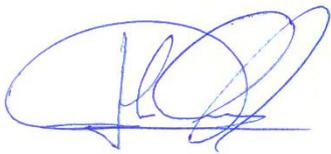
1750556407

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO
POR EL TUTOR**

Yo, Hugo Patricio Carrión Latorre con documento de identificación N° 0603015728, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) MEDIANTE EL CONTEO AUTOMÁTICO Y CONTEO MANUAL, EN LA VÍA CAMINO A LA RINCINADA, BARRIO JARDINES DEL OCCIDENTE, EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA, realizado por Dayana Lizeth Acuña Vásquez con documento de identificación N° 1750556407, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 7 de agosto del 2024

Atentamente,



Ing. Hugo Patricio Carrión Latorre, Msc
0603015728

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi tesis a mis queridos padres que con su amor incondicional y mucha dedicación estuvieron en cada paso de mi vida personal, formando la mujer que soy ahora llena de principios y valores, demostrándome que con esfuerzo se llega a las metas que se tienen planteadas.

A mi hermano y hermanas quienes me apoyaron a lo largo de este camino siendo amigos incondicionales y sinceros, dándome las fuerzas y palabras necesarias para no desistir del objetivo.

A mis cuñados por estar presentes en los momentos buenos y malos que atravesé para culminar esta etapa muy importante en mi vida.

A mis sobrinos quienes me sacaron muchas sonrisas en medio de tantos desesperos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme por el camino del bien para poder culminar mi etapa universitaria, siendo su fiel creyente.

A mi padre Luis Acuña, quien es un claro ejemplo de perseverancia y me apoyo incondicionalmente a poder terminar mi carrera universitaria haciendo sacrificios incontables para lograr nuestra meta, que sin el nada de esto sería posible.

A mi madre Janeth Vásquez quien, con su amor me ayudo a tener la fortaleza necesaria para continuar el camino a pesar de muchas dificultades.

A mis hermanas por siempre estar cuando más las necesitaba y nunca dejarme sola, a mi hermano por apoyarme y ayudarme a que esta meta se cumpla.

A Milton Arévalo, mi compañero de aventuras quien con su inagotable entusiasmo, paciencia y amor me apoyo a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis sobrinos, de manera especial a mi sobrino Jhosue quien es como un hijo para mi, porque en días difíciles el siempre estuvo con palabras de apoyo y cariño incondicional.

A mi tutor de tesis Ing. Hugo Carrión, quien como docente a lo largo de la carrera ha sido un excelente profesional y un gran ser humano. Infinitas gracias por sus conocimientos, su paciencia y su dedicación impartidos para poder culminar con el presente trabajo de titulación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema de estudio	1
1.2.1 Antecedentes	2
1.2.2 Importancia y alcance	2
1.2.3 Delimitación	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Infraestructura vial y clasificación de vías	5
2.1.1 Clasificación de vías	5
A. Por su diseño	5
B. Por el tipo de terreno	6
C. Por su jurisdicción	6
D. Por su tráfico proyectado	7
2.2 Geometría vial y su impacto en la clasificación vial	7
2.2.1 Introducción a la geometría vial	7
2.2.2 Impacto de la geometría vial en la clasificación vial	8
2.3 Elementos de tránsito	8
2.3.1 Conceptos fundamentales	8
2.3.2 Volumen de tránsito	9
2.3.2.1 Volumen de tránsito promedio diario	9

•	Transito promedio diario anual (TPDA).....	9
•	Transito promedio diario mensual (TPDM)	10
•	Transito promedio diario semanal (TPDS).....	10
2.3.2.2	Volumen de tránsito horario	10
•	Volumen horario máximo anual (VHMA)	11
•	Volumen horario máxima demanda (VHMD).....	11
•	Volumen horario de proyecto (VHP).....	11
2.4	Configuración de ejes de los vehículos.....	11
2.5	Aforos vehiculares.....	13
2.5.1	<i>Aforos manuales</i>	13
2.5.2	<i>Aforos automáticos</i>	18
2.5.2.1	<i>Tipos de aforos automáticos</i>	18
A.	Sensores de inducción magnética.....	19
B.	Sensores de radar	19
C.	Sensores lidar.....	19
D.	Cámaras de video con visión artificial	20
E.	Sensores piezoeléctricos	20
2.6	Estación de aforo de control	20
2.6.1	<i>Estación de aforo permanente</i>	21
2.6.2	<i>Estación de aforo sumaria</i>	21
2.6.3	<i>Estación de aforo móviles</i>	22
2.7	Importancia del conteo vehicular	23
2.8	Ajuste de volumen de tráfico	24
2.8.1	<i>Factor de ajustes en zonas rurales</i>	24
2.8.2	<i>Factor de ajuste horario</i>	24
2.8.3	<i>Factor de ajuste diario</i>	25
2.8.4	<i>Factor de ajuste semanal</i>	25

2.8.5 <i>Factor de ajuste mensual</i>	26
CAPÍTULO III	27
METODOLOGÍA.....	27
3.1 Tipo de investigación	27
3.2 Método de recolección de datos	27
3.2.1 <i>Conteo automático</i>	27
3.2.2 <i>Conteo manual</i>	27
3.3 Técnica de recolección de información	27
3.4 Proceso técnico de ingeniería civil	28
3.4.1 <i>Selección de la vía y periodo de estudio</i>	28
3.4.2 <i>Instalación y configuración del RoadPod VT-5900</i>	28
3.4.3 <i>Condiciones para el conteo automático</i>	28
3.4.4 <i>Condiciones para el conteo manual</i>	28
3.4.5 <i>Ejecución de conteo</i>	29
3.4.6 <i>Recopilación de datos adicionales</i>	29
3.4.7 <i>Análisis comparativo con los resultados obtenidos</i>	29
CAPÍTULO IV	30
CONTEO AUTOMÁTICO	30
4.1 Materiales y equipos utilizados	30
4.1.1 <i>Software utilizado</i>	32
4.2 Metodología	46
4.2.1 <i>Alcance</i>	47
4.2.2 <i>Selección de la vía y periodo de estudio</i>	47
4.2.3 <i>Clasificación de los vehículos según MetroCount</i>	48
4.2.4 <i>Recopilación de información</i>	51
4.3 Determinación de volúmenes de tráfico	56
4.3.1 <i>Volumen de tráfico promedio diario</i>	57
4.4 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)	59

4.4.1 <i>Determinación de factor mensual</i>	60
4.4.2 <i>Determinación del tráfico promedio diario ANUAL (TPDA)</i>	61
CAPÍTULO V	62
CONTEO MANUAL	62
5.1 Proceso de la información	62
5.1.1 <i>Determinación del factor de ajuste horario</i>	62
5.1.2 <i>Determinación del factor de ajuste semanal</i>	64
5.1.3 <i>Determinación del factor de ajuste mensual</i>	65
5.1.4 <i>Volumen de tráfico promedio diario</i>	66
5.2 <i>Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)</i>	70
CAPÍTULO VI.....	70
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	70
6.1 Recopilación de resultados del flujo vehicular	71
6.1.1 <i>Recopilación de resultados tráfico promedio diario anual</i>	73
6.2 Estudio comparativo de resultados	73
6.2.1 <i>Cálculo de error de conteo</i>	76
6.3 Discusión	89
6.3.1 <i>Posibles causas del error</i>	89
6.3.1.1 <i>Error en el conteo manual de vehículos</i>	89
6.3.1.2 <i>Error en el conteo automático de vehículos</i>	90
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las carreteras en función del tráfico proyectado	7
Tabla 2 Tabla para el conteo manual horario de vehículo	17
Tabla 3 Clasificación vehicular según MetroCount	49
Tabla 4 Flujo vehicular de la semana por conteo automático 24horas	58
Tabla 5 Factor Mensual por información de consumo de combustible	60
Tabla 6 Flujo vehicular por conteo manual de 06h00 a 18h00	62
Tabla 7 Flujo vehicular de cuatro días por conteo automático 24 horas	63
Tabla 8 Factor horario de los cuatro días de conteo manual	64
Tabla 9 Factor Mensual por información de consumo de combustible	65
Tabla 10 Datos vehiculares conteo manual día Domingo	66
Tabla 11 Datos vehiculares conteo manual día Lunes	66
Tabla 12 Datos vehiculares conteo manual día Martes	67
Tabla 13 Datos vehiculares conteo manual día Miércoles	68
Tabla 14 Volumen total diario ajustado por el factor horario	69
Tabla 15 Datos vehiculares de los cuatro días de conteo manual	72
Tabla 16 Resultados del TPDA por los dos métodos de conteo	73
Tabla 17 Datos vehiculares por conteo manual y automático día Domingo	73
Tabla 18 Datos vehiculares por conteo manual y automático día Lunes	74
Tabla 19 Datos vehiculares por conteo manual y automático día Martes	75
Tabla 20 Datos vehiculares por conteo manual y automático día Miércoles	75
Tabla 21 Clasificación de vehículos según el MetroCount	76
Tabla 22 Datos obtenidos día Domingo y clasificados según el programa MetroCount	77
Tabla 23 Clasificación según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	78
Tabla 24 Datos obtenidos día Domingo y clasificados según Ministerio de Transporte y	

Obras Publicas.....	78
Tabla 25 Datos obtenidos día Lunes y clasificados según el programa MetroCount	79
Tabla 26 Datos obtenidos día Lunes y clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	80
Tabla 27 Datos obtenidos día Martes y clasificados según el programa MetroCount	80
Tabla 28 Datos obtenidos día Martes y clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	81
Tabla 29 Datos obtenidos día Miércoles y clasificados según el programa MetroCount	82
Tabla30 Datos obtenidos día Miércoles y clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	83
Tabla 31 Datos obtenidos por conteo manual día Domingo clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	83
Tabla 32 Datos obtenidos por conteo manual día Lunes clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	84
Tabla 33 Datos obtenidos por conteo manual día Martes clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	85
Tabla 34 Datos obtenidos por conteo manual día Miércoles clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas	86
Tabla 35 Resumen del conteo automático según las clases vehiculares	87
Tabla 36 Resumen del conteo manual según las clases vehiculares	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Localización geográfica de la vía	3
Figura 2 Algunos elementos de la infraestructura vial.....	5
Figura 3 Eje simple rueda simple.....	11
Figura 4 Eje simple rueda doble.....	12
Figura 5 Eje Tándem.....	12
Figura 6 Eje Trídem	13
Figura 7 Clasificación de vehículos según pesos y dimensiones	16
Figura 8 Ejemplo de estación de aforo permanente	21
Figura 9 Ejemplo de estación de aforo sumaria	22
Figura 10 Ejemplo de estación de aforo móvil	22
Figura 11 Equipo MetroCount 5900	30
Figura 12 Instalación de mangueras de goma	30
Figura 13 Esquema de la distancia de mangueras de goma	31
Figura 14 Menú de instalación del programa MetroCount	32
Figura 15 Validación de carpetas de instalación.....	33
Figura 16 Inicio de la instalación	33
Figura 17 Ventana de Acuerdos de licencia del programa MetroCount.....	34
Figura 18 Formulario necesario para activar el programa MetroCount.....	35
Figura 19 Ventana de la selección de la carpeta de instalación	35
Figura 20 Ventana de Confirmación de Instalación del programa MetroCount.....	36
Figura 21 Ventana de instalación del adaptador USB	37
Figura 22 Ventana de asistente para instalar el adaptador USB	37
Figura 23 Ventana de finalización de la instalación del adaptador.....	38
Figura 24 Cable de comunicaciones USB.....	39

Figura 25 Página principal del programa MetroCount	39
Figura 26 Ventana de configuraciones de comunicaciones	40
Figura 27 Puertos de serie en esta máquina	41
Figura 28 Verificación de funcionamiento del equipo MetroCount	42
Figura 29 Conexión del cable de comunicaciones al equipo MetroCount.....	42
Figura 30 Ventana de la configuración de la vía o carretera.....	43
Figura 31 Ventana de opciones de hora de inicio	44
Figura 32 Ventana de opciones de posición de los sensores.....	44
Figura 33 Ventana de confirmación de la activación del contador	45
Figura 34 Ubicación de la estación de control	46
Figura 35 Ventana para iniciar la descarga de los datos	52
Figura 36 Ventana de la ubicación donde se guardará el archivo de datos.....	52
Figura 37 Ventana de la confirmación de la descarga de datos	53
Figura 38 Icono para ingresar a la ventana de Reportes	54
Figura 39 Ventana para abrir el archivo de la descarga de datos	54
Figura 40 Ventana de las opciones de reportes	55
Figura 41 Reporte de los vehículos en la semana las 24 horas	58
Figura 42 Reporte de vehículos según las clases de MetroCount.....	71
Figura 43 Reporte de vehículos según las clases de MetroCount día domingo.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Reporte generado por MetroCount de clases de vehículos en gráficas circulares día domingo.....	96
Anexo 2 Reporte generado por MetroCount de clases de vehículos en gráficas circulares día lunes	97
Anexo 3 Reporte generado por MetroCount de clases de vehículos en gráficas circulares día martes	98

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se centró en la validación de los resultados obtenidos para calcular el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) mediante conteos automáticos y conteos manuales en la vía “Camino a la Rincinada”, situada en el barrio Jardines del Occidente, parroquia Chillogallo, cantón Quito.

Para el conteo automático se lo realizó con un contador de tipo neumático nombrado ROADPOD VT-5900, el cual fue instalado en un tramo de la vía equipado de dos sensores que fueron instalados de manera transversal en la superficie, el tiempo de aforo fue durante los siete días de la semana por 24 horas diarias. Por otro lado, en el conteo manual se registró datos durante cuatro días de la semana (domingo, lunes, martes y miércoles) en periodos de 12 horas diarias, donde se presentó diferente flujo vehicular.

Ambos métodos demostraron una alta precisión en la obtención del TPDA al momento de comparar resultados, demostrando así la eficiencia del equipo y teniendo una ligera ventaja en términos de reducción de la carga de trabajo a los observadores con respecto al conteo manual. Los resultados sugieren que ambos métodos son confiables para la recopilación de flujos o datos vehiculares, ya que se presentó una pequeña discrepancia en el cálculo de error de conteo para vehículos livianos y pesados.

Palabras Clave: contador automático, conteo manual, tráfico promedio diario anual, vía, tránsito, validación de resultados, error de conteo.

ABSTRACT

This titling project focused on the validation of the results obtained to calculate the Annual Average Daily Traffic (TPDA) through automatic counts and manual counts on the “Camino a la Rincinada” road, located in the Jardines del Oeste neighborhood, Chillogallo parish, Quito canton.

For the automatic counting, it was carried out with a pneumatic type counter named ROADPOD VT-5900, which was installed in a section of the road equipped with two sensors that were installed transversally on the surface, the gauging time was during the seven days a week for 24 hours a day. On the other hand, in the manual count, data was recorded for four days of the week (Sunday, Monday, Tuesday and Wednesday) in periods of 12 hours a day, where different vehicular flow occurred.

Both methods demonstrated high precision in obtaining the TPDA when comparing results, thus demonstrating the efficiency of the equipment and having a slight advantage in terms of reducing the workload on observers with respect to manual counting. The results suggest that both methods are reliable for the collection of flows or vehicle data, since there was a small discrepancy in the counting error calculation for light and heavy vehicles.

Keywords: automatic counter, manual counting, annual average daily traffic, road, transit, validation of results, counting error.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

El presente proyecto se enfoca en la validación de los resultados obtenidos para la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) en la vía "Camino a la Rincinada", la evaluación precisa del tráfico vehicular es fundamental para el diseño y la gestión eficiente de las infraestructuras viales, comparando y validando los datos recopilados mediante dos métodos diferentes: el conteo automático, utilizando el equipo especializado ROADPOD VT-5900, y el conteo manual, realizado mediante observación directa y registro manual de vehículos en la vía.

Esta comparación permitirá evaluar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos a través del conteo automático en relación con el conteo manual, así como identificar posibles discrepancias y áreas de mejora en el proceso de recolección de datos.

A lo largo de este proyecto, se llevará a cabo un análisis exhaustivo del flujo vehicular en la vía "Camino a la Rincinada" en la estimación del TPDA. Los resultados obtenidos servirán como base sólida para la toma de decisiones informadas en la planificación y diseño de infraestructuras viales, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar de la comunidad local.

Según, (Cal & Reyes, 1995) “Si se cometen errores en el aforo de los volúmenes de tránsito ocurrirán dos casos, en el primero, si es que los volúmenes de tránsito son considerablemente inferiores a los volúmenes proyectados sería beneficioso y por el contrario resultaría perjudicial cuando los volúmenes de tránsito aforados son muy altos a los proyectados desembocando problemas de congestión”.

1.2 Problema de estudio

La mala calibración y mantenimiento podría generar resultados erróneos como la sensibilidad del equipo a diferentes condiciones climáticas tipos de vehículos y variaciones en la vía pueden afectar la precisión de conteos automáticos, este método también puede tener limitaciones en la identificación precisa de ciertos tipos de vehículos, como bicicletas o vehículos

de gran tamaño, lo que podría resultar en una subestimaciones o sobreestimaciones.

En caso de existir alguna variación podría influir directamente en la precisión de las estimaciones del TPDA, lo que a su vez podría conducir a un diseño poco eficiente de las carreteras o causando un aumento innecesario en los costos del proyecto.

1.2.1 Antecedentes

En condiciones óptimas estos dispositivos pueden proporcionar resultados precisos, pero pueden ser sensibles a variaciones en el entorno y en las condiciones de tráfico. Ya que la precisión del conteo a menudo se valida comparando los resultados con conteos manuales en condiciones similares, los estudios de validación son esenciales para garantizar la confiabilidad de los datos recopilados.

Cuando se cuenta con los equipos automáticos que nos ayudan a contar el flujo vehicular suelen ser más efectivos en condiciones de tráfico moderado a bajo, y en vías con características geométricas adecuadas. Las condiciones climáticas extremas (lluvias de larga duración), las velocidades del tráfico (inferiores a 5km/h) y la presencia de obstáculos pueden afectar en la recolección de la información y la precisión al momento del conteo.

El uso del equipo ROADPOD VT-5900 puede depender de las normativas de cada país ya que la infraestructura vial del país varía y los dispositivos pueden ser más efectivos en carreteras específicas o en ciudades con tráficos particulares.

1.2.2 Importancia y alcance

El estudio de la vía Caminos a la Rincinada que se extiende a lo largo desde Chillogallo hasta las terrazas de buenaventura en la ciudad de Quito, Ecuador. La infraestructura vial juega un papel clave en el acceso y movilidad de algunos barrios que son Jardines del Occidente y el barrio Santiago del Sur, el proyecto contribuirá con mejoras en la optimización de errores de conteo manual o automático ya que la comparación garantizara que la vía se clasifique de manera correcta cumpliendo con las normativas establecida por el MTOP y proporcionando datos confiables para la categorización de TPDA el cual es esencial para el diseño o rediseño de una vía.

El alcance del proyecto es realizar un análisis del flujo vehicular actual que se llevará a cabo durante 7 días en un lapso de 12 horas el conteo se hará de manera manual y esto ayudará para determinar un margen de error que pueda tener el equipo ROADPOD VT- 5900 el cual tendrá un tiempo establecido de conteo de 24 horas los 7 días de la semana, especialmente en la calibración e instalación tanto como en las condiciones en las que se encuentre el dispositivo el cual sería su batería, memoria, descarga de datos y el sistema de monitoreo.

1.2.3 Delimitación

La vía Camino a la Rincinada se encuentra ubicada en la Parroquia de Chillogallo, cantón Quito, provincia Pichincha inicia en la intersección de las calles Julio Lara y OE10G, tiene las siguientes coordenadas; Zona= 17M; Coordenadas = UTM, WGS84; E = 771003.00; N= 9968586.00 y está a una altura de Z = 2935 msnm con una longitud de 0+770.79 m.

Figura 1

Localización geográfica de la vía



Elaborado por: La autora por medio de Google Earth

1.3 Justificación

El proyecto tiene como finalidad identificar problemas que pueda tener el dispositivo ROADPOD VT-5900 en comparación con un conteo manual el cual nos ayudara a detectar fallas en el equipo ya sea por problemas de calibración y de instalación, ya que esto nos ayuda para la determinación el flujo vehicular y los tipos de vehículos que circulan.

La comparación se llevará a cabo directamente al mismo tiempo para evaluar la precisión y consistencia de ambos métodos, el cual nos ayuda para identificar áreas críticas y desafíos específicos que existan en la vía proporcionando datos clave para el mejoramiento del dispositivo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Estimar la eficiencia y precisión del equipo ROADPOD VT-5900 para la recopilación de datos de tráfico vehicular con el propósito de demostrar la precisión en el conteo automático en comparación del conteo manual.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el volumen de tráfico con un conteo manual de los tipos de vehículos que circulan en la vía y proyectar el tráfico de la zona.
- Obtener el error de estimación del TPDA en base a un análisis comparativo entre los resultados obtenidos para cada una de las metodologías.
- Evaluar los resultados en el conteo automático para respaldar la confiabilidad y utilidad del equipo en la obtención del TPDA.

CAPITULO II

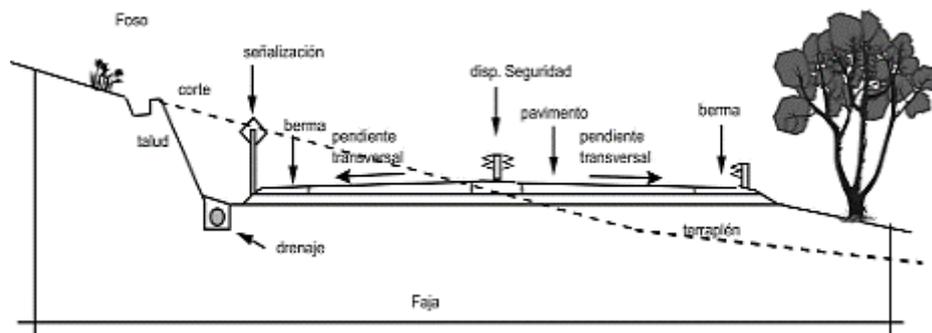
MARCO TEÓRICO

2.1 Infraestructura vial y clasificación de vías

La infraestructura vial consta de todo el conjunto de elementos que permiten el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro, minimizando las externalidades. Esto incluye los pavimentos, los puentes, túneles, dispositivos de seguridad, señalización, sistemas de drenaje, taludes, terraplenes y elementos paisajísticos; cada uno de estos elementos cumple una función específica y única que lo hace indispensable para el buen funcionamiento de la infraestructura (Solminihac, Echaveguren, & Chamorro, 1998).

Figura 2

Algunos elementos de la infraestructura vial



Nota. Corte transversal del esquema de algunos elementos de infraestructura vial. Fuente: (De Solminihac, Echaveguren, & Chamorro, 2019, pág. 24)

2.1.1 Clasificación de vías

Desde carreteras principales hasta calles residenciales, cada tipo de vía tiene su propio propósito y requiere un enfoque específico para su planificación, diseño y gestión. Por lo tanto, se puede clasificar por diferentes criterios para comprender mejor su importancia en la infraestructura vial.

A. Por su diseño

Autopistas: La autopista es aquella carretera que está proyectada, construida y señalizada para el tráfico de vehículos a altas velocidades y con una mayor seguridad y comodidad en la

conducción.

Vías rápidas: Son aquellas vías de una sola calzada con dos carriles de circulación y con limitación total de acceso a las propiedades colindantes.

Carreteras: Son aquellas vías que responden a características de diseño geométrico y de tipo estructural establecidas en las Normas Generales de Diseño emitidas por el ministerio, sin llegar a reunir las características especiales de las autopistas, autovías y vías rápidas.

Caminos vecinales: Son aquellas vías que sirven para comunicar preferentemente áreas rurales internas (caseríos, recintos).

B. Por el tipo de terreno

Llano: Se considera terreno llano cuando no hay presencia de pendientes significativas en la ruta planificada.

Ondulado: Se clasifica como terreno ondulado cuando hay alguna pendiente apreciable, pero estas no exceden los límites aceptables para el trazado del camino.

Montañoso: Un terreno es montañoso cuando las pendientes dominan el trazado propuesto, siendo de carácter suave si la pendiente transversal no supera el 50% y escarpado si supera dicho porcentaje.

C. Por su jurisdicción

Red vial estatal: Consiste en todas las carreteras gestionadas por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), siendo esta la única entidad encargada de su administración y supervisión.

Red vial provincial: Comprende las vías secundarias que conectan las cabeceras de las parroquias y los caminos locales, los cuales son administrados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) provinciales.

Red vial cantonal: Incluye las carreteras urbanas e inter parroquiales que son administradas por los respectivos GAD a nivel cantonal.

D. Por su tráfico proyectado

Para el diseño de las carreteras en el país se recomienda la clasificación en función del tráfico vehicular para un periodo de 15 a 20 años.

Tabla 1

Clasificación de las carreteras en función del tráfico proyectado

CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO (TPDA)
R-I o R-II	Mas de 8000 vehículos
I	De 3000 a 8000 vehículos
II	De 1000 a 3000 vehículos
III	De 300 a 1000 vehículos
IV	De 100 a 300 vehículos
V	Menos de 100 vehículos

Nota. Clasificación de vehículos según las normas MOP. Elaborado por: La autora

Corredor Arterial. - Pueden ser carreteras que tengan calzadas separadas (autopistas) y de calzada única (clase I y II).

Vía colector. – Estas vías son las carreteras de clase I, II, III, IV de acuerdo a su importancia que están destinadas a recibir el tráfico de los caminos vecinales, éstas sirven a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.

Camino Vecinales. - Estas vías son las carreteras de clase IV y V que incluyen a todos los caminos rurales.

2.2 Geometría vial y su impacto en la clasificación vial

2.2.1 Introducción a la geometría vial

Implica satisfacer las necesidades de seguridad, movilidad, armonía con el medio ambiente y preservación de los valores de las comunidades afectadas. En términos funcionales

las dimensiones recomendables para las carreteras se determinan en función de los volúmenes de tránsito proyectadas a lo largo de su vida útil y de la velocidad de diseño. Se debe tener en cuenta que es esencial que el equipo diseñador se involucre con el público de la zona de estudio, conociendo las intenciones del proyecto y se pueda manifestar sus necesidades antes de intentar soluciones estandarizadas y centralizadas.

Después de innumerables estudios basados en la experiencia, se han determinado las dimensiones convenientes para la sección transversal de los diferentes tipos de carreteras. Estas especificaciones en nuestro medio, provienen principalmente de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), que en general han sido adoptadas en Latinoamérica, tanto para proyecto geométrico, como en el aspecto estructural (Cal & Reyes, 1995, pág. 114).

2.2.2 Impacto de la geometría vial en la clasificación vial

El impacto de la geometría vial en la clasificación vial se refiere a cómo las diferentes características influyen en la categorización y clasificación de las vías según su función y capacidad. Es decir, una carretera con anchos de carril estrechos y curvas cerradas podría ser clasificada como una carretera rural de bajo flujo vehicular, mientras que una autopista con carriles amplios y curvas suaves se clasificaría como una vía de alto flujo vehicular. La geometría vial también afecta la seguridad vial y la eficiencia del tráfico, ya que un diseño adecuado puede reducir los accidentes y mejorar el flujo vehicular.

2.3 Elementos de tránsito

2.3.1 Conceptos fundamentales

Para contextualizar al lector en la investigación realizada, a continuación, se presentan las siguientes definiciones técnicas:

Tráfico: Se define el tráfico, como el tránsito de personas y la circulación de los vehículos por calles, vías carreteras, etc.

Tránsito: Es el sitio por donde se pasa de un punto a otro.

Transporte o transportación: Es el acto y efecto transportar o transportarse.

Eje equivalente: Es un eje constituido por un eje simple rueda doble de carga estandarizada de 8,2Ton, o 18Kips.

Tránsito promedio diario: Es el volumen de tránsito, durante un periodo de tiempo, dividido para el número de días del periodo.

Volumen de tráfico: Es el número de vehículos que circulan en ambas direcciones por una sección de vía durante un período específico de tiempo. Este puede ser horario, diario, semanal, etc.

Capacidad: La capacidad de una vía o de un carril es el número máximo de vehículos que puede circular por una u otra durante un período de tiempo determinado sin que se presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos

2.3.2 Volumen de tránsito

El volumen de tránsito se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o calzada, durante un periodo determinado (Cal & Reyes, 1995, pág. 169).

Se expresa como:

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

Donde:

Q: Representa los vehículos que pasan por unidad de tiempo. (vehículos/periodo).

N: Es el número total de vehículos que pasan.

T: Indica un periodo determinado (unidades de tiempo)

2.3.2.1 Volumen de tránsito promedio diario

El tránsito promedio diario (TPD) es un elemento principal para conocer el flujo vehicular y realizar el respectivo diseño de carreteras. Conciernen al número de vehículos que pasan durante un periodo como en días completos o igual o menor a un año y mayor a un día. (Cal & Reyes, 1995, pág. 170)

- **Transito promedio diario anual (TPDA)**

El TPDA es el número de vehículos diarios que pasan por el tramo de una vía en un periodo de un año. Se puede obtener su valor mediante la siguiente expresión:

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Donde:

TA: Trafico anual

- **Transito promedio diario mensual (TPDM)**

Es el número de vehículos diarios que pasan por el tramo de una vía en un periodo de un mes. Se puede obtener su valor mediante la siguiente expresión:

$$TPDM = \frac{TM}{d}$$

Donde:

TM: Trafico mensual

d: número de días del mes

- **Transito promedio diario semanal (TPDS)**

Es el número de vehículos diarios que pasan por el tramo de una vía en un periodo de una semana. Se puede obtener su valor mediante la siguiente expresión:

$$TPDS = \frac{\sum TD}{7} = \frac{TD1 + TD2 + \dots + TD7}{7}$$

Donde:

TD: Trafico diario

2.3.2.2 Volumen de tránsito horario

En base a la hora seleccionada, se dividen los siguientes volúmenes de tránsito, dados en

vehículos por hora (Cal & Reyes, 1995, pág. 172)

- **Volumen horario máximo anual (VHMA)**

Es el máximo volumen horario de vehículos que pasan por una sección del carril con relación a las 8,760 horas del año (Cal & Reyes, 1995, pág. 172).

- **Volumen horario máxima demanda (VHMD)**

Es el máximo número de vehículos que pasan por una sección del carril durante 60 minutos consecutivos durante un día en particular (Cal & Reyes, 1995, pág. 172).

- **Volumen horario de proyecto (VHP)**

Es el volumen de tránsito horario que sirve de base para determinar las características geométricas para un sistema vial. En el análisis del volumen horario del proyecto no se considera el máximo número de vehículos que se puede presentar durante un año, ya que implica grandes inversiones, por lo que se proyecta un volumen máximo pronosticado en base a los datos que se presentan con mayor frecuencia durante un año (Cal & Reyes, 1995, pág. 172)

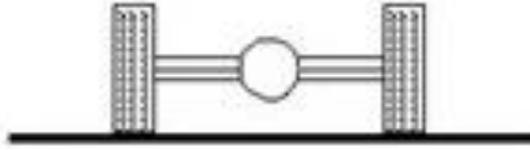
2.4 Configuración de ejes de los vehículos

En Ecuador, la clasificación de los ejes de los vehículos se basa en las normativas establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Estas clasificaciones son fundamentales para la regulación de pesos y dimensiones de los vehículos que circulan por las vías del país. A continuación, se presenta una clasificación general de los tres ejes de vehículos según las normativas ecuatorianas:

Eje Simple. – Es aquel que está constituido por una rueda en los extremos del eje (eje simple rueda simple) o dos ruedas (eje simple rueda doble). Usualmente son los ejes frontales de los vehículos ligeros.

Figura 3

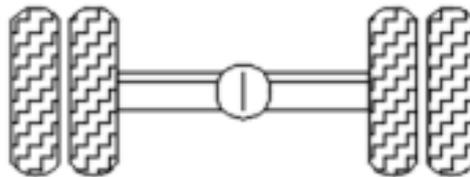
Eje simple rueda simple



Nota. Esquema del eje simple de un vehículo. Fuente: (Briceño, 2018)

Figura 4

Eje simple rueda doble

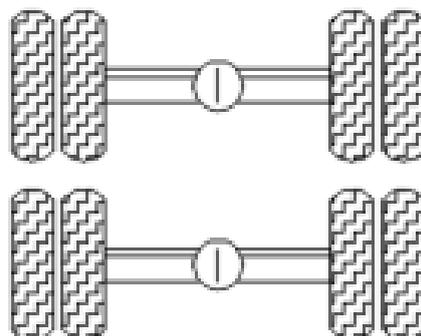


Nota. Esquema del eje simple con doble rueda de un vehículo. Fuente: (Briceño, 2018)

Eje Tándem. – Es aquel que está constituido por dos ejes simples de rueda doble, separados a una distancia de 1.20 a 1.60 m. Utilizado en camiones y remolques para mejorar la capacidad de carga y la estabilidad del vehículo.

Figura 5

Eje Tándem

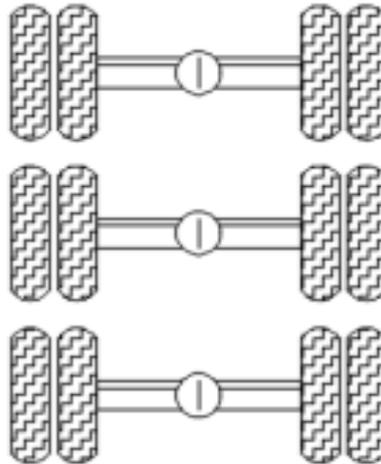


Nota. Esquema del eje tándem de un vehículo. Fuente: (Briceño, 2018)

Eje Trídem. – Es aquel que está constituido por tres ejes simples de rueda doble, separados a una distancia de 1.20 a 1.40 m. Utilizado en camiones y remolques de gran capacidad.

Figura 6

Eje Trídem



Nota. Esquema del eje trídem de un vehículo. Fuente: (Briceño, 2018)

2.5 Aforos vehiculares

La gestión eficaz del tráfico y la planificación de infraestructuras viales dependen en gran medida de una comprensión precisa del flujo vehicular. En este contexto, los aforos vehiculares son una herramienta esencial para ingenieros de tránsito, urbanistas y responsables de políticas de transporte. A través de la recopilación y análisis de datos sobre el volumen y características del tráfico, los aforos vehiculares proporcionan la base para la toma de decisiones informadas que pueden mejorar la movilidad urbana, la seguridad vial y la sostenibilidad del sistema de transporte.

Los aforos vehiculares son el proceso de contar y analizar el número y tipos de vehículos que circulan por una vía específica durante un período determinado. Estos datos son recopilados mediante diversos métodos, tanto manuales como automáticos, y se utilizan para múltiples propósitos en la gestión y planificación del tráfico.

2.5.1 Aforos manuales

El aforo manual es un método tradicional de recolección de datos de tráfico que implica

la observación directa y el registro del número y tipo de vehículos que pasan por un punto específico en una carretera o intersección. Este método, aunque antiguo, sigue siendo relevante debido a su flexibilidad y capacidad para proporcionar datos detallados y específicos.

A continuación, se presenta el proceso para realizar un conteo manual:

1. Preparación: Antes de realizar el aforo manual, es fundamental llevar a cabo una planificación adecuada. Esto incluye:

- **Selección del Sitio:** Determinar los puntos específicos donde se realizará el conteo. Estos puntos se eligen en función de la importancia del tráfico, la complejidad de la intersección y los objetivos del estudio.
- **Definición del Período de Conteo:** Establecer la duración del conteo y los intervalos de tiempo. Esto puede variar desde una hora en períodos pico hasta 24 horas para obtener un perfil completo del tráfico diario.
- **Capacitación del Personal:** Entrenar a los observadores en técnicas de conteo, clasificación de vehículos y uso de formularios de registro. Es crucial asegurar que los observadores comprendan las categorías de vehículos y los procedimientos de conteo.

2. Ejecución: Durante la fase de ejecución, los observadores se ubican en los puntos de conteo previamente seleccionados y comienzan a registrar los vehículos que pasan. El proceso incluye:

- **Conteo Manual:** Los observadores cuentan los vehículos a medida que pasan y registran el número en formularios de conteo. Los vehículos se pueden clasificar en categorías como automóviles, camiones, autobuses, etc.
- **Registro de Datos:** Los datos se registran en intervalos de tiempo específicos, por ejemplo, cada 15 minutos, para facilitar el análisis posterior o como sea necesario para cada proyecto.
- **Observación de Condiciones:** Los observadores también pueden anotar condiciones del tráfico, como congestión, incidentes y clima, que pueden afectar el flujo vehicular.

El conteo manual se realizó contabilizando los vehículos que transitan en la zona de análisis, clasificando los vehículos en Livianos, Buses y pesados, según el Ministerio de Transporte y Obras Publicas 2003 (MOP)

2.5.1.1 Vehículos livianos

Son aquellos vehículos automóviles que transportan a pocas personas y mercancías livianas, se encuentran camionetas de dos ejes con tracción sencilla y tracción doble, también camionetas de cajón o cabina simple y doble, camiones livianos de reparto.

2.5.1.2 Buses

Son aquellos destinados principalmente al transporte de pasajero con un peso de 1500 kg o más y de carga, tienen dos y tres ejes, es decir de seis o más ruedas.

2.5.1.3 Pesados

Se encuentran los vehículos destinados al transporte de carga y mercancía, tienen uno o más ejes sencillos o de doble llanta, poseen seis o más ruedas, pueden ser; volquetas, camiones, remolques y semi remolques.

La tabla Nacional de Pesos y Dimensiones detalla los tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques con sus posibles combinaciones, y sus correspondientes pesos y dimensiones máximas permitidas, de acuerdo a lo siguiente:

- 1. Tipo:** Es la descripción de la nomenclatura por vehículo
- 2. Distribución máxima de carga por eje:** Describe el peso máximo por eje simple o conjunto de ejes permitido a los vehículos para su circulación por la Red Vial del País.
- 3. Descripción:** Configuración de los vehículos de carga de acuerdo a la disposición y número de sus ejes.
- 4. Peso máximo permitido:** Peso bruto permitido por tipo de vehículo, su peso es en Toneladas
- 5. Longitudes máximas permitidas:** Dimensiones de largo, ancho y alto permitidos a los vehículos para su circulación por la Red Vial del País.

Figura 7

Clasificación de vehículos según pesos y dimensiones

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0 octopus			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10
S1			11	13,00	2,60	4,10
R2			22	10,00	2,60	4,10
R3			31	10,00	2,60	4,10
B1			11	10,00	2,60	4,10
B2			20	10,00	2,60	4,10
B3			24	10,00	2,60	4,10

Nota. Tabla de pesos y dimensiones de vehículos pesados en Ecuador. Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003)

2.5.2 Aforos automáticos

En el ámbito de la ingeniería de tránsito, el aforo automático se rige como una herramienta esencial para la recolección y análisis de datos vehiculares. Este proceso, caracterizado por la automatización de la detección y conteo de vehículos, permite obtener información precisa y continua sobre el comportamiento del tráfico en diversas infraestructuras viales. Los sistemas de aforo automático utilizan tecnologías avanzadas como sensores inductivos, radares, dispositivos, cámaras de visión artificial y sensores piezoeléctricos, entre otros, para captar una amplia gama de datos relevantes.

La implementación de aforos automáticos responde a la necesidad de optimizar la gestión del tráfico y la planificación vial, proporcionando datos en tiempo real que son cruciales para el diseño de estrategias de control del tráfico, la evaluación de la capacidad y el nivel de servicio de las carreteras, así como para el análisis de la seguridad vial. Estos sistemas se destacan por su capacidad para operar de manera continua, ofreciendo una visión detallada y dinámica del flujo vehicular, lo que contrasta con los métodos manuales, que suelen ser más limitados en alcance y precisión.

Además, los aforos automáticos permiten la identificación de patrones de tráfico, la determinación de volúmenes vehiculares en diferentes periodos y la clasificación de tipos de vehículos, información vital para la toma de decisiones en la gestión y planificación de la infraestructura vial. Pese a los desafíos inherentes a su implementación, como los costos iniciales y los requisitos de mantenimiento, los beneficios que aportan estos sistemas en términos de eficiencia, seguridad y ahorro a largo plazo son ampliamente reconocidos en el sector.

2.5.2.1 Tipos de aforos automáticos

Estos sistemas se clasifican en varios tipos según la tecnología utilizada para detectar y medir el flujo de tráfico. A continuación, se describen los principales tipos de aforos automáticos con un enfoque técnico y formal:

A. Sensores de inducción magnética

Los sensores de inducción magnética consisten en bucles inductivos embebidos en la calzada que detectan la presencia de vehículos a través de cambios en el campo magnético. Cuando un vehículo pasa sobre el bucle, altera el campo magnético, lo que permite contabilizar el número de vehículos y, en algunos casos, clasificar el tipo de vehículo. Estos sistemas son ampliamente utilizados debido a su alta precisión y durabilidad.

Características:

- **Alta precisión** en la detección de vehículos.
- **Capacidad de clasificación** de tipos de vehículos.
- **Durabilidad y resistencia** a condiciones climáticas adversas.
- **Mantenimiento** es regular ya que es necesario para asegurar su funcionamiento óptimo.

B. Sensores de radar

Los sensores de radar utilizan ondas de radio para detectar y medir la velocidad y distancia de los vehículos. Estos sensores son instalados a lo largo de la vía o en estructuras elevadas, como puentes y postes.

Características:

- **Detección** a larga distancia.
- **Capacidad** para medir la velocidad de los vehículos en movimiento.
- **Menor** susceptibilidad a condiciones climáticas adversas en comparación con otros sistemas.
- **Instalación** relativamente sencilla y no invasiva.

C. Sensores lidar

El LIDAR (Light Detection and Ranging) utiliza pulsos de luz láser para medir las distancias y detectar objetos. En el contexto del aforo vehicular, los sensores LIDAR son capaces de generar imágenes tridimensionales de la carretera y los vehículos.

Características:

- **Alta precisión** en la detección y clasificación de vehículos.
- **Capacidad** para generar datos tridimensionales.
- **Funcionalidad** en diversas condiciones lumínicas.
- **Mayor costo** de implementación y mantenimiento.

D. Cámaras de video con visión artificial

Las cámaras de video emplean técnicas de visión artificial para detectar, contar y clasificar vehículos. Estas cámaras analizan las imágenes en tiempo real y aplican algoritmos de procesamiento para extraer datos relevantes del tráfico.

Características:

- **Flexibilidad** en la ubicación e instalación.
- **Necesidad de un procesamiento de datos robusto** y capacidad de almacenamiento.
- **Sensibilidad** a las condiciones de iluminación y climatológicas.

E. Sensores piezoeléctricos

Los sensores piezoeléctricos detectan el paso de vehículos mediante la respuesta a la presión ejercida sobre ellos cuando un vehículo pasa por encima. Estos sensores se instalan en la superficie de la carretera.

Características:

- **Alta precisión** en la detección de vehículos.
- **Durabilidad** en condiciones de tráfico pesado.
- **Capacidad** de instalación en varios tipos de pavimentos.
- **Requiere mantenimiento** para asegurar su exactitud y funcionamiento continuo.

2.6 Estación de aforo de control

(Gomez Johnson , 2004, pág. 61) denomina el aforo como el proceso de medir la cantidad de vehículos y/o peatones que pasan por un tramo en una carretera en una unidad de tiempo.

Es necesario contar con estaciones maestras de aforo permanente o periódico que permitan determinar factores de expansión y ajuste aplicables a otros lugares que tengan

comportamientos similares y en los cuales se efectuaría la medición de aforos en periodos cortos.

2.6.1 Estación de aforo permanente

Son instalaciones fijas diseñadas para la recolección continua de datos de tráfico a lo largo de todo el año. Equipadas con tecnologías avanzadas como sensores de inducción magnética, radares, cámaras de video y sensores piezoeléctricos, estas estaciones proporcionan información precisa y en tiempo real sobre el volumen de tráfico, velocidades de los vehículos y clasificaciones por tipo. Ubicadas estratégicamente en puntos críticos de la red vial, como autopistas principales y cruces importantes, las estaciones permanentes permiten una monitorización detallada y continua del flujo vehicular, facilitando la planificación de infraestructura, estudios de capacidad y gestión del tráfico a largo plazo.

Figura 8

Ejemplo de estación de aforo permanente



Nota. Fotografía del peaje Machachi que se toma como ejemplo de la estación de aforo permanente. Elaborado por: La autora

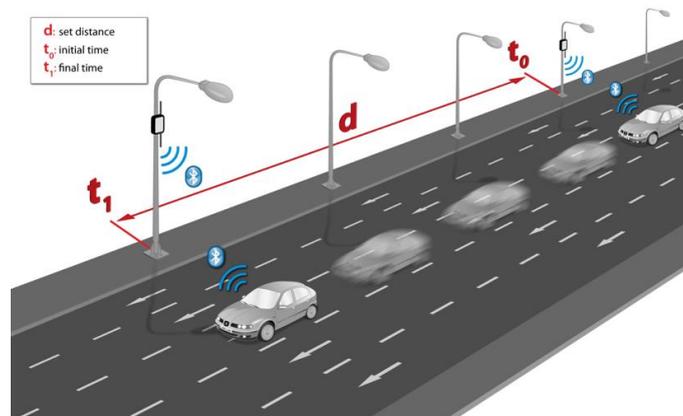
2.6.2 Estación de aforo sumaria

También conocidas como estaciones de aforo temporal, están diseñadas para operar durante periodos cortos con el objetivo de obtener una instantánea información del flujo vehicular en un punto específico y en un momento determinado. Funcionando durante días o

semanas, estas estaciones son esenciales para estudios puntuales como evaluaciones de impacto de eventos, análisis de congestión temporal y estudios de viabilidad. Con una instalación rápida y sencilla, estas estaciones utilizan equipos portátiles como sensores de radar, contadores manuales y cámaras de video temporales, proporcionando datos críticos para la gestión de tráfico en eventos especiales y la evaluación de intersecciones críticas.

Figura 9

Ejemplo de estación de aforo sumaria



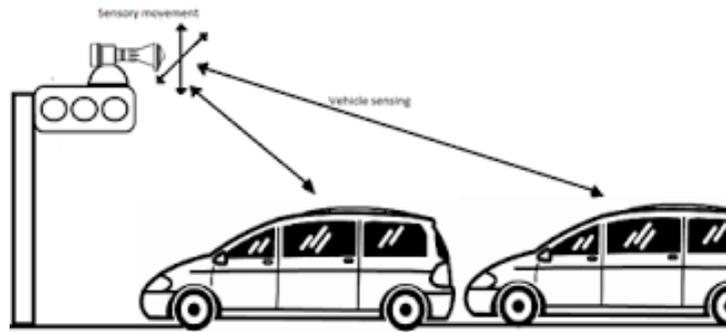
Nota. Esquema de la estación de aforo sumaria. Fuente: (Universidad de Sevilla, 2018, pág. 9)

2.6.3 Estación de aforo móviles

Son equipos montados en vehículos o remolques que pueden ser desplazados a diferentes ubicaciones para recolectar datos de tráfico. Estas estaciones son particularmente útiles para estudios exploratorios y evaluaciones preliminares, permitiendo la obtención rápida de datos en múltiples puntos en un corto periodo de tiempo. Equipadas con radar móvil, cámaras de video y sistemas GPS, las estaciones móviles ofrecen alta movilidad y flexibilidad, siendo adecuadas para una variedad de estudios desde análisis exploratorios hasta monitoreo temporal de eventos específicos.

Figura 10

Ejemplo de estación de aforo móvil



Nota. Esquema de la estación de aforo móvil. Fuente: (Bizarro, Herrera, & Villanueva, 2018, pág. 12)

En resumen, la elección del tipo de estación de aforo de control depende de los objetivos específicos del estudio de tráfico, la duración requerida para la recolección de datos y las características de la infraestructura vial. Cada tipo de estación ofrece ventajas y desafíos particulares, subrayando la importancia de una evaluación cuidadosa en la etapa de planificación del proyecto. La implementación adecuada de estas estaciones proporciona datos cruciales para la planificación, gestión y optimización del sistema de transporte, mejorando así la movilidad y seguridad vial.

2.7 Importancia del conteo vehicular

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los elementos físicos y estáticos del tráfico, como carreteras, calles, intersecciones y terminales, están expuestos a la demanda y carga de los volúmenes de tráfico, los cuales tienen características tanto espaciales (ocupando un espacio) como temporales (consumiendo tiempo).

Al proyectar una carretera o calle, la selección del tipo de vialidad, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. Los errores que se cometan en la determinación de estos datos, ocasionarán que la carretera o calle funcione durante el período de proyecto, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó, o mal con problemas de congestión por volúmenes de tránsito altos muy superiores a los proyectados (Cal & Reyes, 1995, pág. 168).

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimativos razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios (Cal & Reyes, 1995, pág. 168).

2.8 Ajuste de volumen de tráfico

Los aforos continuos proporcionan información muy importante con respecto a los patrones de variación horaria, diaria, periódica o anual del volumen de tránsito. El tránsito tiende a tener variaciones cíclicas predecibles, por lo que, a través de una clasificación adecuada de las vialidades y los aforos, es posible establecer el patrón básico de variación del volumen de tránsito para cada tipo de carretera o calle. Más aún, si bien los valores de los volúmenes específicos para determinados períodos (minutos, horas, días) pueden llegar a ser bastante diferentes de un lugar a otro, su proporción en el tiempo con respecto a los totales o promedios, es en muchos casos, constante o consistente. Estas propiedades, son las que sustentan el uso de factores de expansión y ajuste en la estimación de volúmenes para otros lugares y otros períodos de tiempo (Cal & Reyes, 1995, pág. 196).

2.8.1 Factor de ajustes en zonas rurales

El procedimiento de ajuste más comúnmente empleado se basa en un conteo continuo de 24 horas durante un día o mes específico, conocido como tráfico diario (TD), y su conversión a tráfico promedio diario (TPD), que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$TPD = (TD)_i (F_m)(F_d)$$

Donde:

TD_i = Tráfico diario

F_m = Factor de ajuste mensual

F_d = Factor de ajuste diario

2.8.2 Factor de ajuste horario

Los factores horarios los obtenemos promediando todos los valores que se disponen en forma horaria en el periodo que se hayan registrado los conteos, obteniendo entonces un promedio horario para una semana completa, con estos valores podemos encontrar un promedio horario diario el cual servirá de base para obtener los factores de las horas de cada día de una semana.

Es conveniente tener factores promedio para todos los días comúnmente laborables, esto es de lunes a viernes y otro para sábados y domingos, ya que el comportamiento del tráfico en estos días no es similar.

2.8.3 Factor de ajuste diario

El factor diario lo obtenemos de la recopilación de información de tráfico diario disponible esto es de lunes a domingo, obteniendo un promedio para cada uno de los días de la semana, de aquí, promediamos un valor entre ellos, que sería el TPDS.

El factor ajuste diario se define con la siguiente expresión:

$$Fd = \frac{TPDS}{TD}$$

Donde:

TPDS: Transito promedio diario semanal

TD: Trafico diario

2.8.4 Factor de ajuste semanal

Según (Auqui Parra & Ramirez Chicaiza, 2019, pág. 139) el factor semanal es el cálculo de este coeficiente en base a la relación del número de días del mes en el que se determinó el volumen de tránsito semanal promedio, con respecto al número de días que tiene el mes de febrero, es decir con ello se realiza una mayoración a aquellos meses que tienen más de 4 semanas.

$$FS_{mes} = \frac{N^{\circ} \text{ dias mes de estudio}}{N^{\circ} \text{ dias mes de Febrero}}$$

2.8.5 Factor de ajuste mensual

Este factor mensual transforma el volumen mensual promedio de tráfico hasta el valor anual o tráfico promedio diario anual TPDA. Para el factor mensual se debe tomar el valor correspondiente al consumo de combustible en el mes de selección del cantón Quito en la Provincia de Pichincha.

$$FM = \frac{\textit{Promedio de Consumo Mensual}}{\textit{Mes del Consumo Diario}}$$

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo **cuantitativa y comparativa**, enfocada en la validación de los resultados obtenidos mediante dos métodos distintos de recolección de datos de tráfico: el conteo automático y el conteo manual. Se busca determinar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos por ambos métodos para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) en la vía en estudio.

3.2 Método de recolección de datos

La recolección de datos se realizará utilizando dos enfoques: el conteo manual y el conteo automático. Ambos métodos se implementarán simultáneamente para garantizar la comparabilidad de los resultados.

3.2.1 Conteo automático

El conteo automático se llevará a cabo utilizando el dispositivo ROADPOD VT-5900 el cual estará programado para contabilizar el flujo vehicular las 24 horas del día en los 7 días de la semana, donde podremos obtener datos en el mismo lapso de tiempo que se empiece el conteo manual, este método emplea sensores para detectar y registrar el paso de vehículos de forma continua cuando pasa por las mangueras de goma.

3.2.2 Conteo manual

El conteo manual consiste en la observación directa y el registro de los vehículos que transitan por la vía durante un periodo específico, en este proyecto se realizó el conteo los siete días de la semana en un horario de 06h00 a 18h00 (12 horas). Los observadores estarán equipados con herramientas de conteo manual y planillas de registro para anotar los datos en tiempo real durante el mismo período de tiempo que el conteo automático.

3.3 Técnica de recolección de información

Se recopilará información teórica relevante de fuentes académicas, estudios previos y manuales

técnicos relacionados con equipo automáticos para un conteo de flujo vehicular, el cálculo del TPDA y la comparación de métodos de recolección de datos. Esta información servirá de base para contextualizar los resultados y validar los procedimientos empleados.

En la recolección de información de este proyecto debemos consultar los documentos y normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para comprender las regulaciones y estándares relacionados con el diseño y la gestión de carreteras, así como los métodos aceptados para la recolección de datos de tráfico en las diferentes zonas de estudio.

3.4 Proceso técnico de ingeniería civil

3.4.1 Selección de la vía y periodo de estudio

Se ha seleccionado “Camino a la Rincinada” como la vía de estudio considerando su importancia y hallar el tipo de vía dependiendo del TPDA que se va a calcular por los diferentes métodos y se define un periodo de estudio como 7 días consecutivos, abarcando diversas condiciones de tráfico y días de la semana.

3.4.2 Instalación y configuración del RoadPod VT-5900

Se asegura que el equipo ROADPOD VT-5900 esté instalado de manera correcta esto está especificado paso a paso en el capítulo IV y continuamente con su configuración la cual depende de las características de la vía de estudio. Verificando la calibración del equipo y realizando las pruebas piloto para el funcionamiento previo al inicio de conteo.

3.4.3 Condiciones para el conteo automático

Establece condiciones específicas para el conteo automático utilizando el ROADPOD VT-5900.

- Definir un rango mínimo de vehículos por hora para la recopilación de datos.
- Ajustar la sensibilidad del equipo según las características de la vía.
- Verificación diaria del funcionamiento del dispositivo.
- Mantenimiento regular del equipo para evitar fallos técnicos

3.4.4 Condiciones para el conteo manual

Para el conteo manual, se define las condiciones de observación más una hoja para recopilación de datos.

- Establece los horarios de conteo manual, sincronizados con el conteo automático.
- Proporciona materiales necesarios, como hojas de registro estandarizadas
- Entrenamiento previo de los observadores
- Asignación de turnos de conteo para evitar la fatiga de los observadores

3.4.5 Ejecución de conteo

Iniciar de forma paralela los conteos manuales y automáticos en los días predeterminados, asegurándose de que el registro de conteo manual y automático sean simultáneos operando de manera continua y en condiciones normales.

3.4.6 Recopilación de datos adicionales

Durante el estudio de conteo adicionalmente se recopilará datos relevantes para el análisis.

- Condiciones climáticas durante el periodo de estudio.
- Eventos especiales que pueden afectar el tráfico y por ende el conteo.
- Incidentes, como siniestros en la vía

3.4.7 Análisis comparativo con los resultados obtenidos

Al culminar el conteo se procederá a analizar los datos obtenidos principalmente:

- Compilación y tabulación de los datos obtenidos por ambos métodos.
- Cálculo del TPDA para cada método y análisis de la variabilidad.
- Evaluación de la precisión y confiabilidad de cada método para validar los resultados.

Este enfoque metodológico permitirá una evaluación exhaustiva y precisa de los métodos de conteo manual y automático, proporcionando datos fiables para la planificación y gestión del tráfico en la vía "Camino a la Rinconada".

CAPÍTULO IV

CONTEO AUTOMÁTICO

4.1 Materiales y equipos utilizados

Se utilizó un dispositivo de medición de tráfico llamado RoadPod VT-5900 en la vía “Camino a las Rincinada”. Este sistema, integra software y hardware, el cual nos sirve para monitorear el flujo vehicular en esa vía.

Figura 11

Equipo MetroCount 5900



Fuente: (METROCOUNT ARX, 2007)

Para la instalación del contador automático RoadPod VT-5900, se requiere la implementación de dos sensores de ejes, los cuales consisten en mangueras de tubo de goma dispuestas sobre la calzada y conectadas al VT-5900. Estas mangueras se aseguran en su posición mediante el uso de cintas asfálticas (chova) colocadas en el centro de la vía ajustando de manera correcta las mangueras, garantizando así una fijación estable y evitando cualquier desplazamiento que pudiera generar errores en las mediciones.

Figura 12

Instalación de mangueras de goma

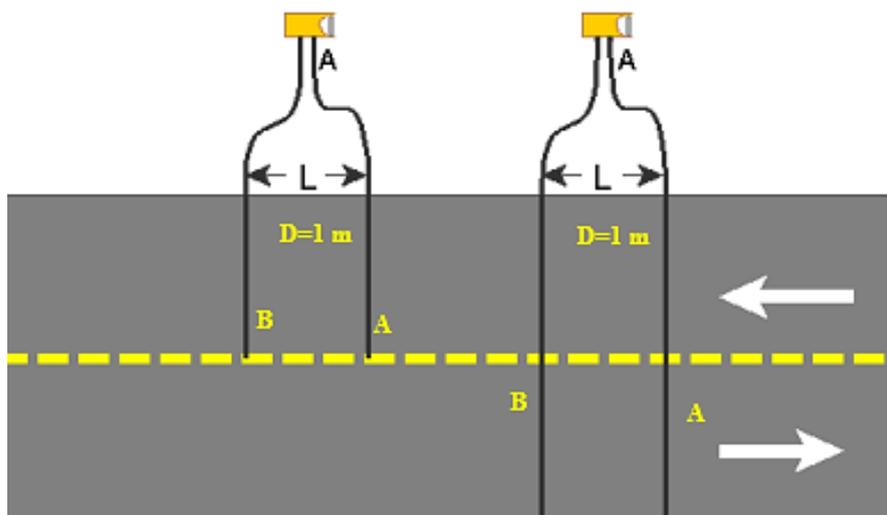


Nota. Tener en cuenta un lugar seguro para el contador vehicular. Fuente: (METROCOUNT ARX, 2007)

Una vez completada la instalación de los sensores, se procede a la etapa de calibración y ajuste del equipo para iniciar el registro del flujo vehicular. Las mangueras se distribuyen a una distancia de 1 metro entre sí a lo largo de la calzada, asegurando una cobertura óptima para la detección de vehículos.

Figura 13

Esquema de la distancia de mangueras de goma



Nota. Esquema de la separación de los sensores de goma Fuente: (Bustillos, 2011)

Internamente, el equipo registra el tiempo que cada vehículo emplea en su trayecto desde el sensor A hasta el sensor B dependiendo de su instalación de cada sensor.

4.1.1 Software utilizado

El software que fue utilizado para realizar el conteo automático fue el **MetroCount Traffic Executive MTE** que fue facilitado por la Universidad Politécnica Salesiana. Dicho software para poder instalarlo posee una **clave única** que viene en la memoria USB acompañada del equipo.

Al introducir la memoria USB, nos saldrá lo siguiente “Menú de Instalación” el cual es necesario seguirlo para el correcto funcionamiento del equipo.

a) Instalación MetroCount Traffic Executive

Figura 14

Menú de instalación del programa MetroCount



Nota. Si no se presenta el menú de instalación ayudarse del manual que proporciona el programa. Elaborado por: La autora

Al dar clic en “Instalar MetroCount Traffic Executive” nos validara las carpetas de instalación.

Figura 15

Validación de carpetas de instalación



Nota. Tener anotado la clave única que proporciona el programa para su instalación. Elaborado por: La autora

El instalador nos guiara a través de pasos necesarios para instalar el software correctamente. Damos clic en el botón “Siguiente”.

Figura 16

Inicio de la instalación



Nota. Tener en cuenta las ventanas en el proceso de instalación Elaborado por: La autora

Debemos aceptar el **Acuerdo de Licencia**. No duden en leer las letras pequeñas y cuando estemos satisfechos, hacemos clic en el “Acepto y Siguiente”.

Figura 17

Ventana de Acuerdos de licencia del programa MetroCount



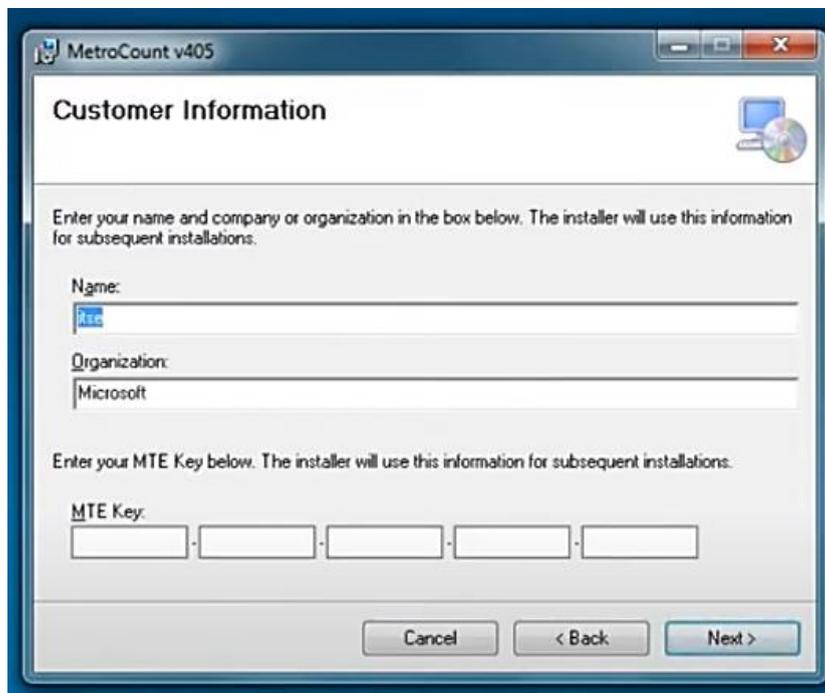
Nota. Se debe leer el acuerdo de licencia de manera cuidadosa por alguna modificación del

programa. Elaborado por: La Autora

En la siguiente ventana necesitamos ingresar nuestro nombre y el de nuestra organización, dependiendo el proyecto que se va a realizar, e ingresar la clave única de instalación del programa MTE. Y damos clic en “Siguiente”.

Figura 18

Formulario necesario para activar el programa MetroCount



The image shows a Windows-style dialog box titled "MetroCount v405" with a "Customer Information" header. The dialog contains the following elements:

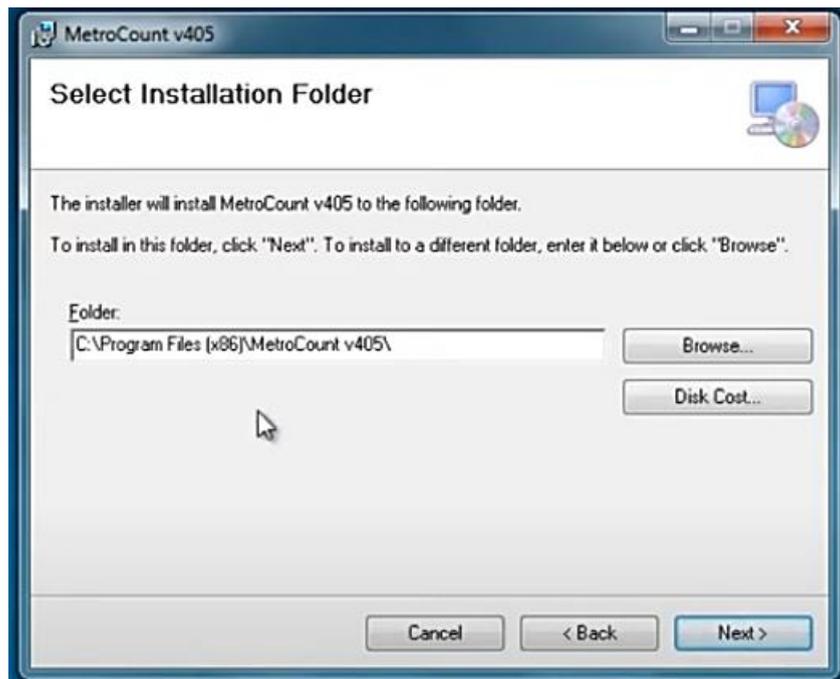
- A header bar with the title "Customer Information" and a small icon of a computer and CD.
- Instructional text: "Enter your name and company or organization in the box below. The installer will use this information for subsequent installations."
- A "Name:" label followed by a text input field containing "JES".
- An "Organization:" label followed by a text input field containing "Microsoft".
- Instructional text: "Enter your MTE Key below. The installer will use this information for subsequent installations."
- An "MTE Key:" label followed by five separate text input boxes, each containing a single character.
- At the bottom, there are three buttons: "Cancel", "< Back", and "Next >".

Nota. Ingresar la información adecuada dependiendo del proyecto que se va a realizar. Elaborado por: La autora

A continuación, nos saldrá la ventana “Selección de la carpeta de instalación”, lo cual podemos dejar que el software se guarde en la ubicación predeterminada por la computadora ya que esta sería la opción más sencilla a futuro.

Figura 19

Ventana de la selección de la carpeta de instalación

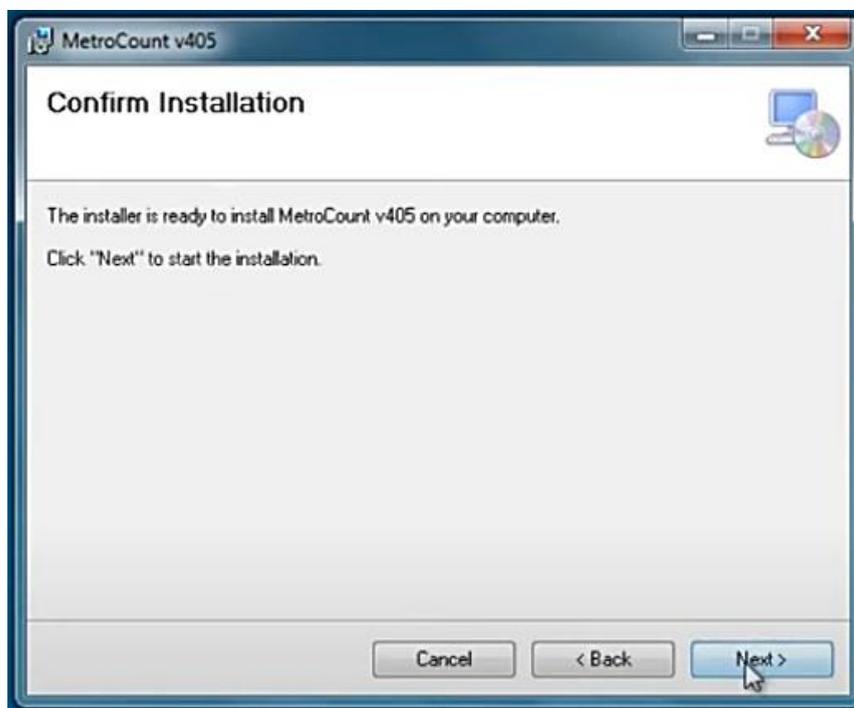


Nota. Tener en cuenta donde se va a ubicar las carpetas de instalación del programa en su computador. Elaborado por: La autora

Y finalmente nos saldrá la ventana “Confirmar Instalación” y damos clic en “Siguiente” y comenzará la instalación.

Figura 20

Ventana de Confirmación de Instalación del programa MetroCount



Elaborado por: La autora

Se establecerá la estructura de directorio necesaria para operar el contador de tráfico y administrar sus datos.

b) Instalación del controlador de adaptador USB

Damos clic en el botón “Instalar” para comenzar la instalación.

Figura 21

Ventana de instalación del adaptador USB



Nota. Es recomendable que cierre todas las aplicaciones antes de continuar con la instalación del adaptador. Elaborado por: La autora

Esta instalación consta de dos pasos. A continuación, nos saldrá la siguiente ventana, damos clic en el botón “Siguiente”

Figura 22

Ventana de asistente para instalar el adaptador USB

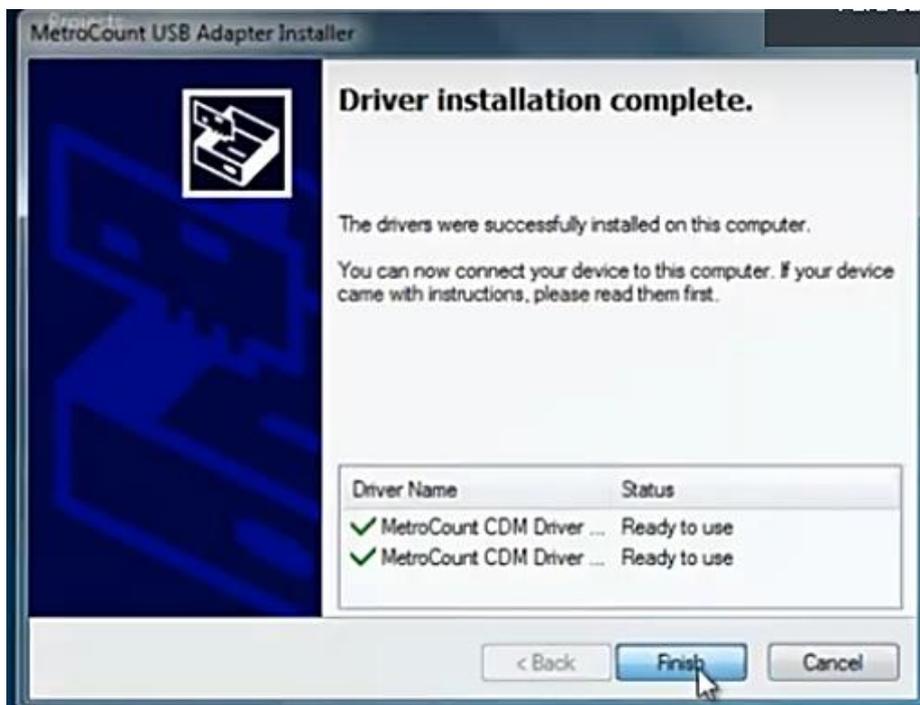


Elaborado por: La autora

Y finalmente en la siguiente ventana damos clic en el botón “Finalizar”.

Figura 23

Ventana de finalización de la instalación del adaptador



Nota. Asegúrese que los dos vistos estén marcados para un buen uso del cable de comunicaciones. Elaborado por: La autora

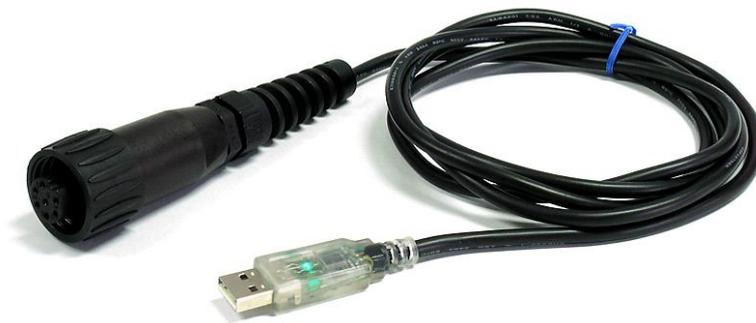
c) Establecer comunicación USB con el contador de tráfico MetroCount

Para realizar la correcta configuración del cable de comunicaciones con el contador vehicular debemos seguir los siguientes pasos:

Primero procedemos a conectar el adaptador USB a nuestro computador, teniendo en cuenta que por el momento **no debe conectarse** al equipo **ROAD POD VT-5900** para realizar la siguiente configuración:

Figura 24

Cable de comunicaciones USB

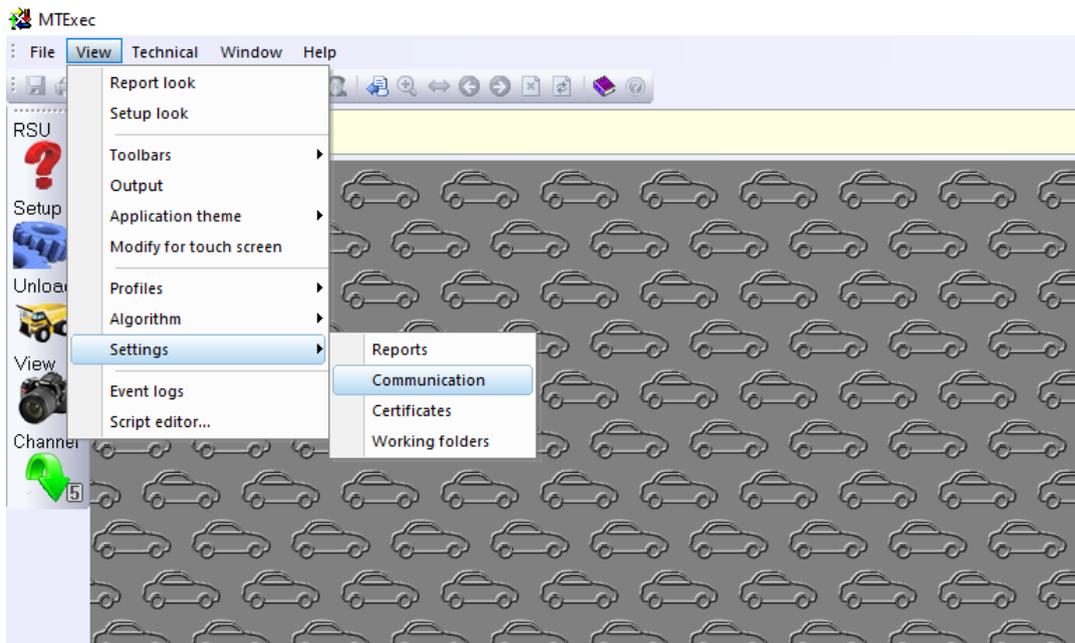


Nota. Para su configuración correcta primero se conecta el USB al computador sin el contador vehicular. Fuente: (METROCOUNT ARX, 2007)

Abrimos el programa MetroCount Traffic Executive (MTE) y damos clic en “View”, seguido a dar clic en “Settings” y por último en “Communication”.

Figura 25

Página principal del programa MetroCount

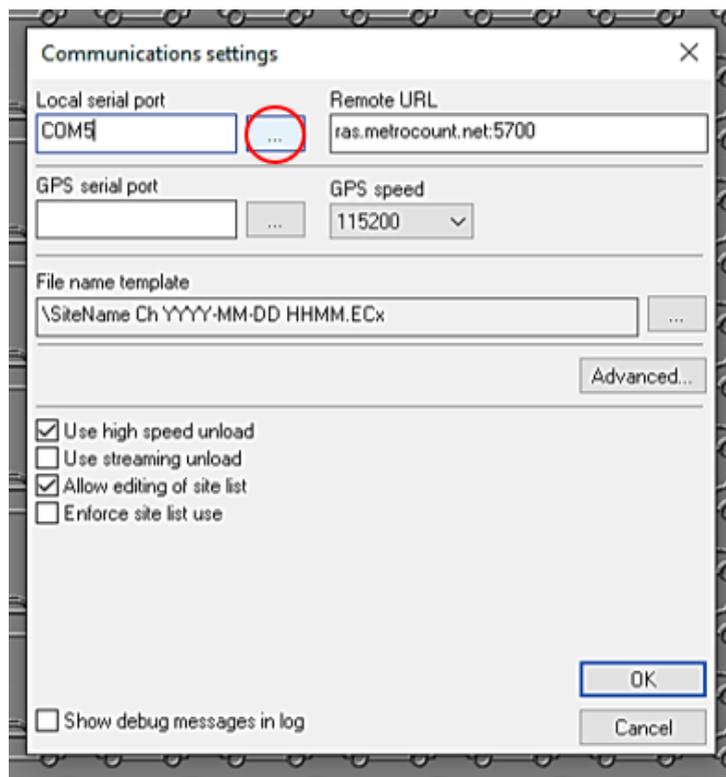


Nota. Visualizar los comandos correspondientes para las posteriores configuraciones.
Elaborado por: La autora

Se nos desplegara la siguiente pantalla “Communicate Settings”, damos clic en los 3 puntitos al lado de COM5. Esta configuración nos ayudara a tener comunicación con el contador a través del adaptador USB.

Figura 26

Ventana de configuraciones de comunicaciones

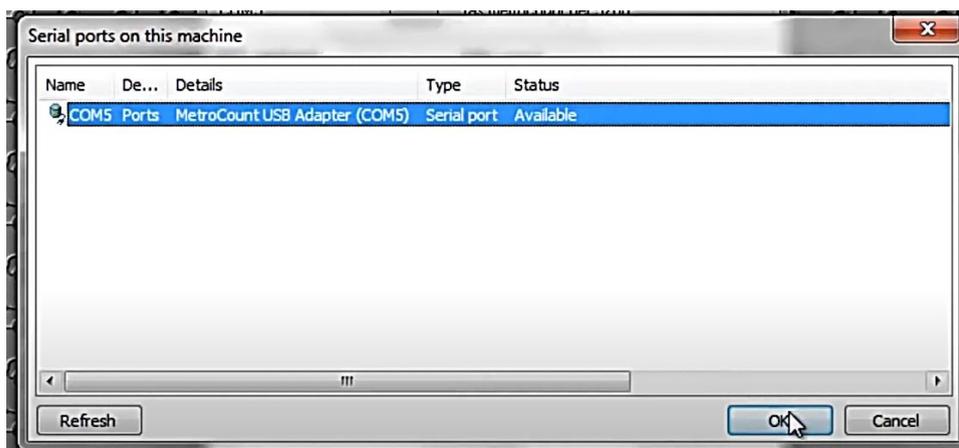


Nota. Si no aparece el nombre del cable de comunicaciones hubo un error en su instalación.
Elaborado por: La autora

Si esta correctamente instalado el adaptador USB nos saldrá el nombre del cable de comunicaciones, que por lo general tiene como nombre asignado “COM5”, lo escogemos y damos clic en “OK”.

Figura 27

Puertos de serie en esta máquina



Nota. Verificar que aparezca el nombre de comunicaciones o puede revisar los puertos USB y realizar una nueva instalación. Elaborado por: La autora

Antes de conectarlo debemos probar que el contador esté funcionando correctamente. Por lo cual nos asegurarnos que la luz del corazón parpadee una vez cada 8 segundos. Esto significa que el contador está en modo “reposo”, pero aun con la batería necesaria para el conteo y esté funcionando de manera correcta.

Figura 28

Verificación de funcionamiento del equipo MetroCount



Nota. Tomar en cuenta los segundos en los que parpadea la luz que está en el símbolo del corazón. Elaborado por: La autora

Alineamos el cabezal del cable de comunicación con el puerto de comunicaciones del contador. No es necesario que de vuelta el cable, ya que las clavijas de conexión son los suficientemente largas y esto permite que esté conectado de manera correcta.

Figura 29

Conexión del cable de comunicaciones al equipo MetroCount



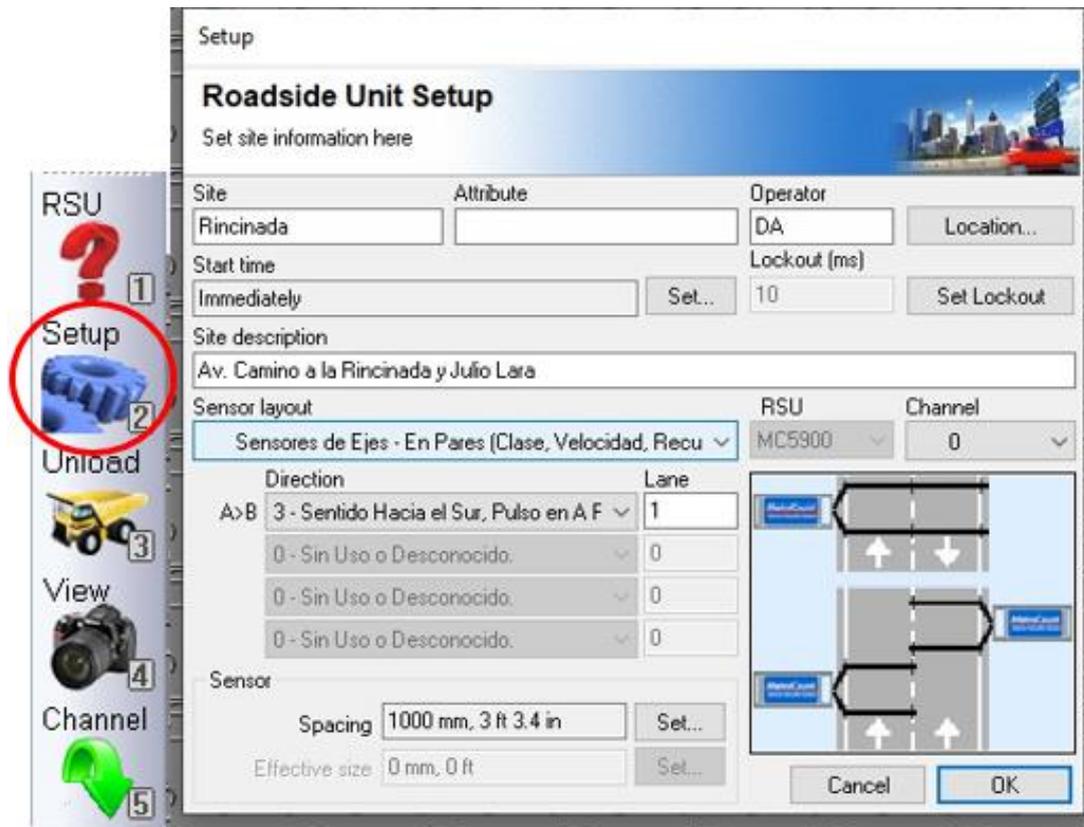
Nota. Conectar de manera cuidadosa el cable de comunicaciones al contador vehicular.

Elaborado por: La autora

Nuevamente nos dirigimos al programa y damos clic en el botón “Setup” (Setup RSU and start Logging).

Figura 30

Ventana de la configuración de la vía o carretera



Nota. Ingresar la información adecuada de la vía de estudio para un correcto conteo. Elaborado por: La autora

Y nos despliega la siguiente ventana que dependerá de cada proyecto para poder ingresar la siguiente información:

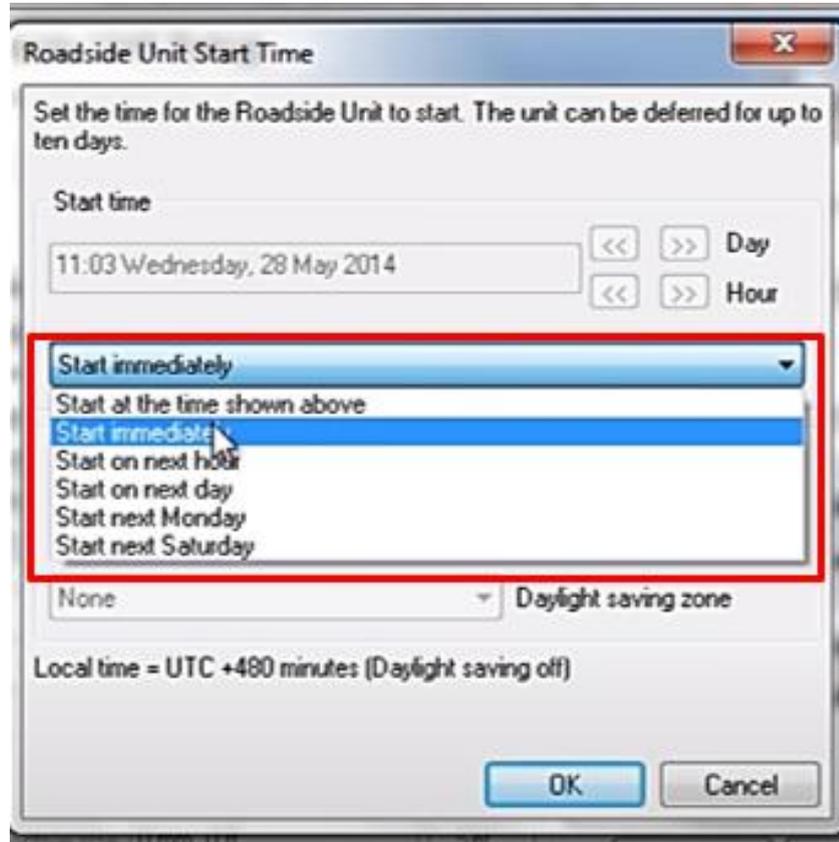
- “Site”, El nombre del sitio
- “Start Time”, Hora de Inicio de conteo puede ser de manera Inmediata o hay diferentes opciones que dependerá de los intereses de cada proyecto.

Por ejemplo: Empezar a un día y hora programada, Empezar en la próxima hora,

Empezar en el próximo día, Empezar el próximo lunes, Empezar el próximo sábado.

Figura 31

Ventana de opciones de hora de inicio

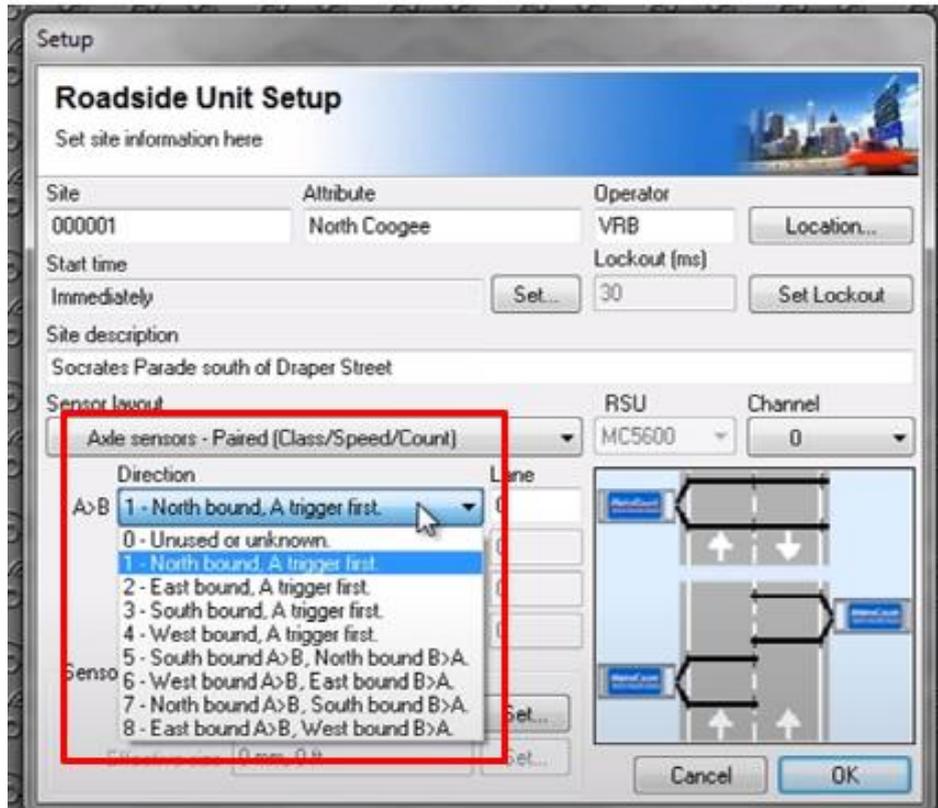


Nota. Revisar las opciones de hora de inicio dependiendo de su proyecto. Elaborado por: La autora

- **“Site Description”, Descripción del sitio** podemos poner las calles exactas donde se realizará el conteo.
- **“Sensor Layout”, Disposición de los sensores** (mangueras de tubo de goma), hay diferentes tipos de direcciones para los sensores y nos podemos guiar por medio de las imágenes que tiene cada uno.

Figura 32

Ventana de opciones de posición de los sensores



Nota. Seleccionar la posición correcta de cómo se colocarán los sensores en la vía guiándose con las imágenes que viene con cada opción. Elaborado por: La autora

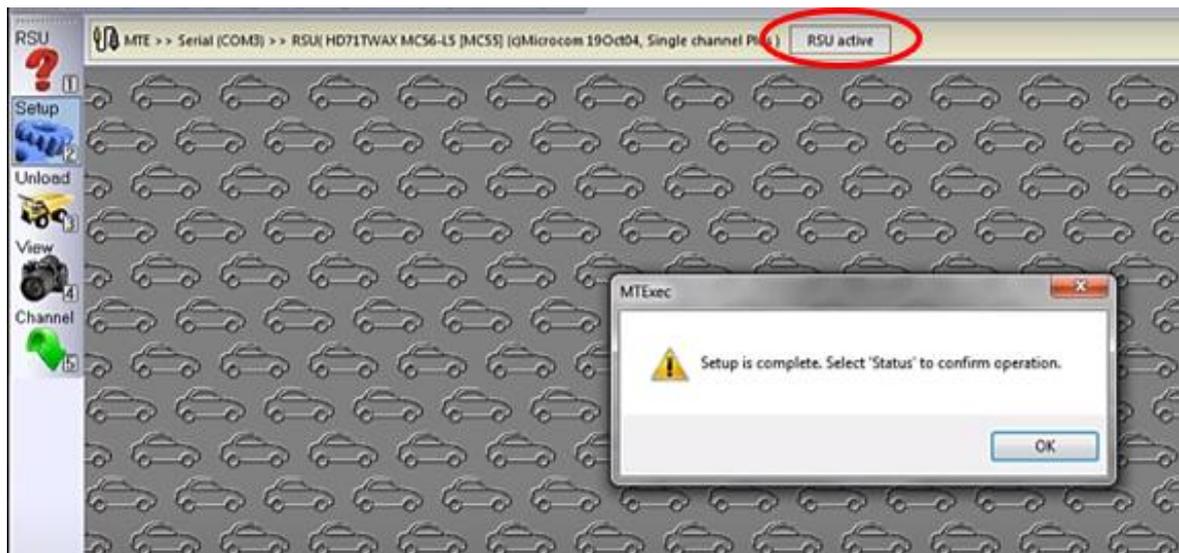
- **Espacio de los sensores**, por lo general van a estar separados a 1m de distancia entre mangueras.

Después de llenar todo el formulario y este completo, damos clic en “OK”.

Podemos verificar que el contador ya está listo cuando salga en la pantalla principal RSU ACTIVE o dando clic en RSU nos saldrá la información que fue ingresada en la ventana anterior “Roadside Unit Setup”.

Figura 33

Ventana de confirmación de la activación del contador



Nota. Asegúrese que el contador esta configurado de manera correcta como se muestra en la ventana. Elaborado por: La autora

El contador ya estará funcionando y registrando datos apenas sea conectado a las mangueras de goma y con la configuración ya ingresada. Se debe tener mucho cuidado con los sensores al momento de manipular el equipo

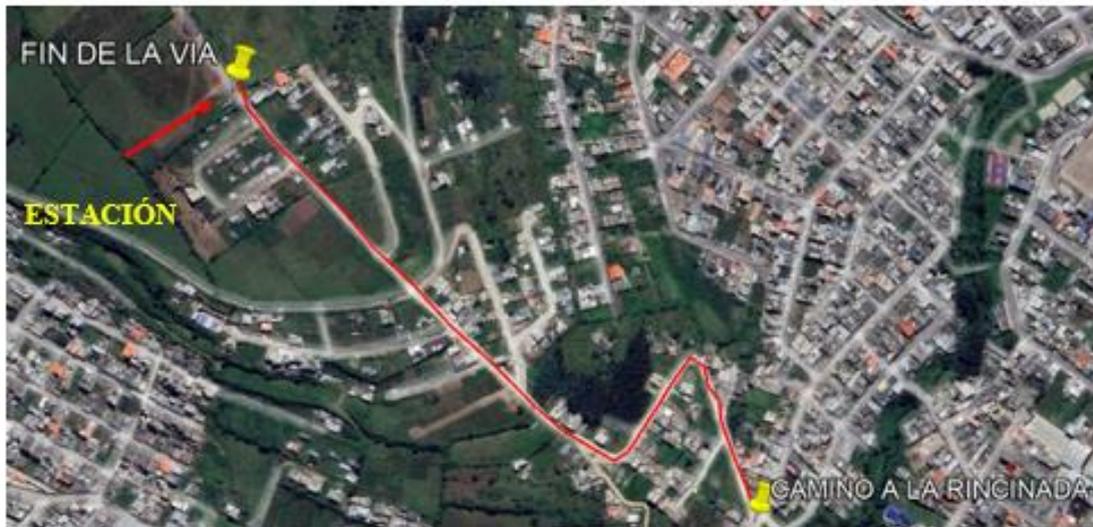
4.2 Metodología

Para determinar los factores de ajuste de los volúmenes de tránsito en la vía “Camino a la Rincinada” se emplea la metodología destinada a zonas rurales. En este proceso, se utilizó el contador MetroCount 5900, el cual fue instalado en un tramo específico de la vía, ubicado en el kilómetro 0+770 m ver Figura 4, durante un período de una semana consecutiva.

Durante este tiempo, el contador registró continuamente información sobre el flujo vehicular las 24 horas del día, con el objetivo de obtener datos representativos para el cálculo anual. Este dispositivo automático permite determinar la composición vehicular y las intensidades horarias durante el período de medición de manera muy minuciosa indicándonos hora, minuto y segundo.

Figura 34

Ubicación de la estación de control



Nota. Ubicación del equipo MetroCount. Elaborado por: La autora a través de Google Earth

4.2.1 Alcance

El estudio de la vía “Camino a la Rincinada” que se extiende a lo largo desde Chillogallo hasta las terrazas de buenaventura en la ciudad de Quito, Ecuador. La infraestructura vial juega un papel clave en el acceso y movilidad de algunos barrios que son Jardines del Occidente y el barrio Santiago del Sur, el proyecto contribuirá con mejoras en la optimización de errores de conteo manual o automático ya que la comparación garantizara que la vía se clasifique de manera correcta cumpliendo con las normativas establecida por el MTOP y proporcionando datos confiables para la categorización de TPDA el cual es esencial para el diseño o rediseño de una vía.

4.2.2 Selección de la vía y periodo de estudio

La vía "Camino a la Rincinada" fue seleccionada para este estudio debido a su importancia estratégica en la movilidad de los barrios "Jardines del Occidente" y "Santiago del Sur" en la parroquia Chillogallo. Esta vía es un corredor importante para las personas de la zona de estudio influenciando la accesibilidad y la calidad de vida, para la elección de esta vía también se consideró su representatividad en términos de características geométricas y condiciones de tráfico, lo que la hace conveniente para validar los métodos de conteo de tráfico.

El período de estudio, fijado en 7 días consecutivos en un lapso de 24 horas, abarcando tanto días laborables como fines de semana, fue seleccionado para obtener una muestra

completa y representativa del flujo vehicular, este lapso permite capturar las variaciones en el tráfico diario y semanal, proporcionando datos confiables que reflejan las fluctuaciones en el volumen de tráfico debido a diferentes actividades y patrones de movilidad en la zona.

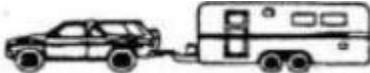
4.2.3 Clasificación de los vehículos según MetroCount

En el ámbito de la ingeniería de tránsito, la clasificación precisa de vehículos es fundamental para el análisis y la gestión efectiva del tráfico. La tecnología de conteo automático, como la ofrecida por el equipo ROADPOD VT-5900, ha revolucionado la forma en que se recopilan y analizan los datos de tráfico. Este equipo utiliza sensores avanzados y algoritmos de procesamiento de datos para identificar y clasificar diversos tipos de vehículos que transitan por una vía.

Según el software que utiliza el equipo ROAD POD VT 5900 hay diferentes tipos de clasificación vehicular dependiendo de la zona en donde se va a realizar el conteo, en este caso se escogió el que más se asemeja a las características de nuestro proyecto, por lo cual fue la clasificación VRX, la cual nos ayuda a reconocer y clasificar los vehículos en 12 tipos y adicionalmente incluye las motocicletas y bicicletas.

A continuación, se presenta la tabla con la clasificación según MetroCount:

Tabla 3
Clasificación vehicular según MetroCount

CLASE	EJE	DESCRIPCION	REFERENCIA GRÁFICA	
1	SV	2	Short- Car, Light Van	
2	SVT	3, 4 OR 5	Short Towing-Trailer, Caravan, Boat, etc.	
3	TB2	2	Two axie truck or Bus	
4	TB3	3	Three axie truck or Bus	
5	T4	>3	Four axie truck	
6	ART3	3	Three axie articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	
7	ART4	4	Four axie articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	

8	ART5	5	Five axle articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	
9	ART6	≥ 6	Six (or more) axle articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	
10	BD	> 6	B-Double or Heavy truck and Trailer	
11	DRT	> 6	Double road train or Heavy truck and two trailers	
12	TRT	> 6	Triple road train or Heavy truck and three (or more) trailers	
14	M/C	2	Motocycle	
15	BICYCLE LE	2	Bicycle	

Nota. Se debe tener en cuenta que la clasificación que nos da el programa no es la misma clasificación que nos brinda la MTOP. Elaborado por:
La autora

Significado de abreviaturas:

SV: Vehículo liviano – Camioneta Ligera

SVT: Remolque ligero, Caravana, Bote, etc.

TB2: Camión o bus de dos ejes

TB3: Camión o bus de tres ejes

T4: Camión o bus de cuatro ejes

ART3: Vehículo Articulado de tres ejes o Vehículo Rígido y Remolque

ART4: Vehículo Articulado de cuatro ejes o Vehículo Rígido y Remolque

ART5: Vehículo Articulado de cinco ejes o Vehículo Rígido y Remolque

ART6: Vehículo Articulado de seis (o más) ejes o Vehículo Rígido y Remolque

BD: Camión Pesado y Remolque

DRT: Tren de carretera doble o Camión pesado y dos remolques.

TRT: Tren de carretera triple o camión pesado y tres (o más) remolques

M/C: Motocicleta

BICYCLE: Bicicleta

4.2.4 Recopilación de información

Para poder recopilar la información por medio del equipo ROAD POD VT 5900, necesitamos descargar los datos del programa **MetroCount Traffic Executive** (MTE) de la siguiente manera:

a) Descarga de datos

Damos clic en el botón “Unload”, escogemos la opción “Stop the RSU after unloading data” y

clic “Next”. Esto significa que ya no se recopilara datos a partir de que estos sean descargados hasta una nueva programación de conteo.

Figura 35

Ventana para iniciar la descarga de los datos



Nota. Seleccionar la opción de Stop RSU al momento de descargar los datos. Elaborado por:
La autora

Nos saldrá la siguiente ventana la cual nos indica la estructura de la carpeta que fue creada al momento de descargar los datos.

Figura 36

Ventana de la ubicación donde se guardará el archivo de datos

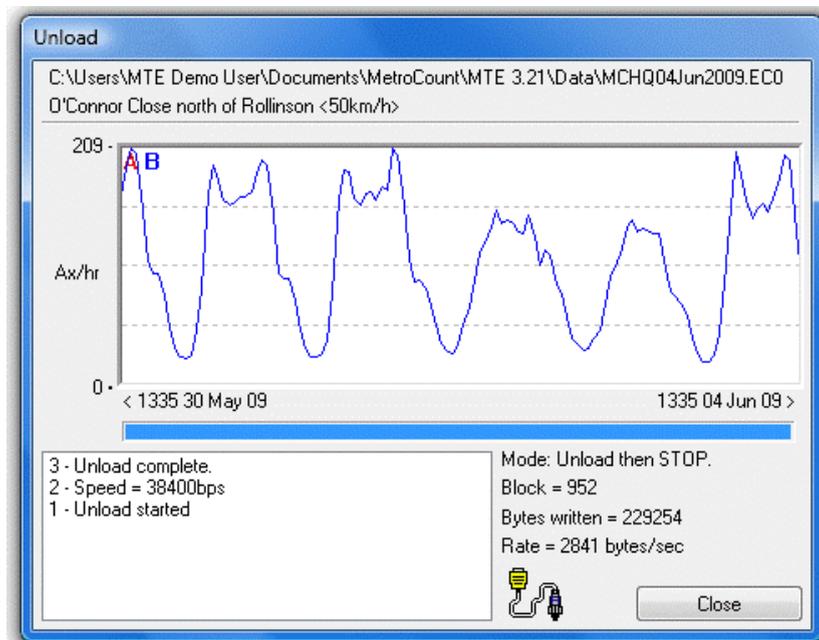


Nota. Saber dónde se van a guardar los datos del conteo en su ordenador. Elaborado por: La autora

Iniciamos la descarga y nos saldrá la siguiente venta que nos indicara gráficamente los datos que fueron recopilados y damos clic en “Close”.

Figura 37

Ventana de la confirmación de la descarga de datos



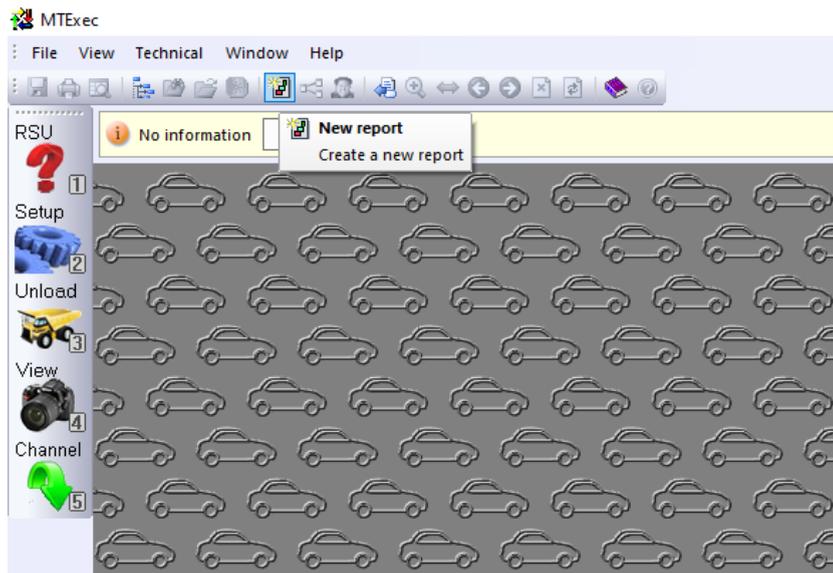
Nota. Asegúrese que salga la opción de Close para la correcta obtencion de datos. Elaborado por: La autora

b) GENERADOR DE REPORTE

Después de descargar los datos, debemos generar los reportes para poder visualizar los datos recopilados. En la pantalla principal del programa damos clic en “New Report”

Figura 38

Icono para ingresar a la ventana de Reportes

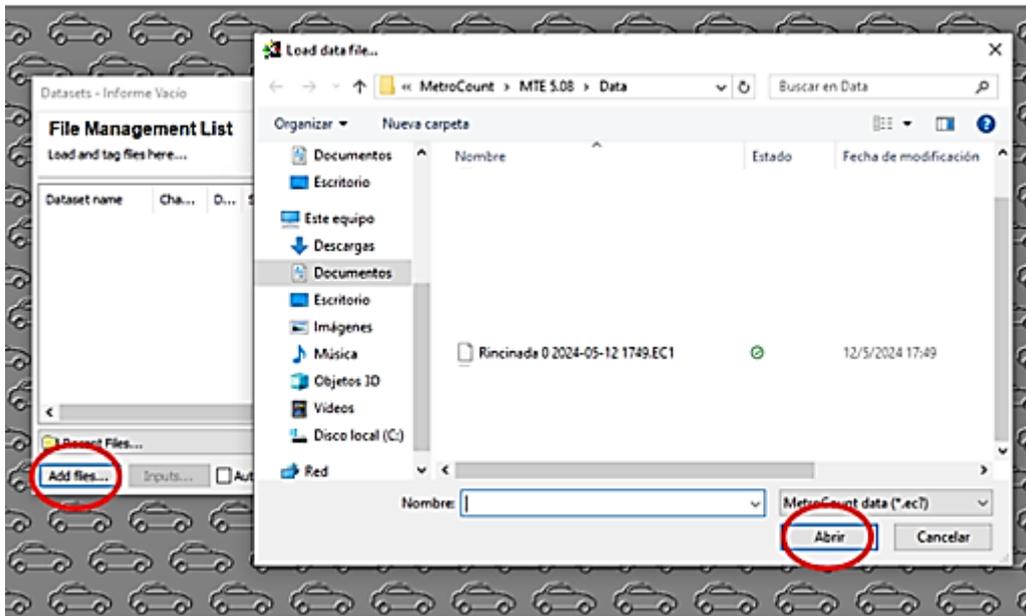


Elaborado por: La autora

A continuación, nos saldrá la siguiente pantalla, procedemos a dar clic en “Add Files” y nos desplegara la ventana donde están ubicado la descarga de los datos, escogemos la carpeta y damos clic en “Abrir” y finalmente “Next”.

Figura 39

Ventana para abrir el archivo de la descarga de datos

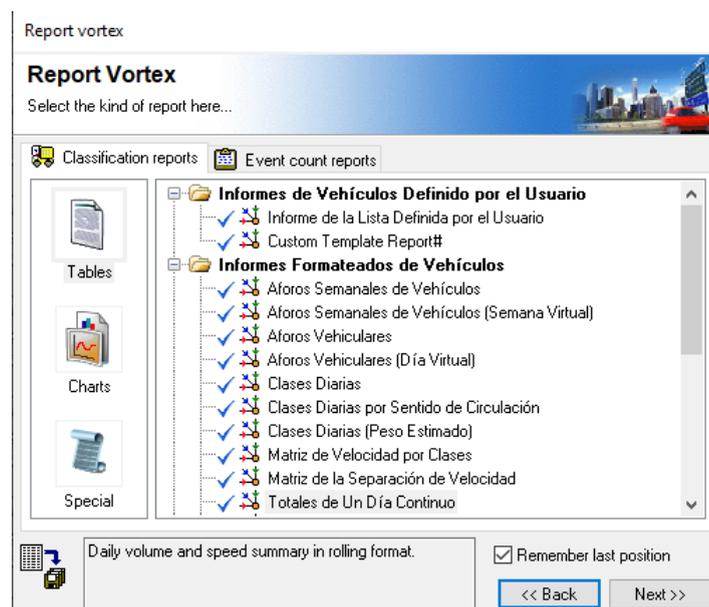


Nota. Añadir el archivo de la descarga de datos desde la ubicación ya predeterminada.
Elaborado por: La autora

Por lo cual nos saldrá la siguiente pantalla, donde tenemos diferentes opciones para crear los reportes dependiendo de las necesidades de cada proyecto.

Figura 40

Ventana de las opciones de reportes



Nota. Seleccione los diferentes tipos de reportes y escoja el adecuado para los interés del proyecto. Elaborado por: La autora

Por ejemplo:

- **Reporte de Vehículos Individuales.** - Aquel que nos indica el tipo de vehículo, separación entre ejes, velocidad, etc.
- **Reporte Aforo Semanales de Vehículos.** - Aquel que nos indica cuantos vehículos pasaron cada hora en toda la semana.
- **Reporte Aforo Vehiculares.** - Aquel que nos indica cuantos vehículos pasaron cada hora en un día.
- **Reporte Grafica por Intervalos de Clase.** - Aquel que nos indica gráficamente cuantos vehículos pertenecen dependiendo de la clasificación vehicular.
- **Reporte Grafica por Intervalos de Velocidad.** - Aquel que nos indica gráficamente el total de vehículos que pasaron en un rango de velocidad.

El programa presenta variedades de reportes que pueden ser generados desde reportes en tablas, graficas circulares, gráficas de dispersión, histogramas, espectros, etc., dependiendo del interés que necesite el proyecto.

4.3 Determinación de volúmenes de tráfico

Según (Cal & Reyes, 1995, pág. 168) “Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito son el producto de los estilos y formas de vida que hacen que las gentes sigan determinados patrones de viaje basados en el tiempo, realizando sus desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de la semana o en horas específicas del día”.

El análisis del volumen de tráfico permite a los ingenieros y planificadores identificar patrones de movimiento, evaluar la capacidad vial y determinar la necesidad de mejoras en la infraestructura. Esta información es fundamental para desarrollar soluciones que optimicen el flujo vehicular, reduzcan la congestión.

La medición del volumen de tráfico se realiza mediante diversas técnicas y herramientas, como contadores automáticos de vehículos, estudios manuales y análisis de vídeo. Estos métodos varían en su precisión y aplicabilidad, dependiendo del contexto y los objetivos específicos del estudio. Además, el análisis del volumen de tráfico no solo se limita a la cantidad de vehículos,

sino que también considera factores como el tipo de vehículos, las variaciones horarias y estacionales, y las condiciones.

En el contexto urbano, donde la congestión y la demanda de transporte están en constante cambio, la determinación precisa del volumen de tráfico es crucial para implementar políticas de gestión de tránsito eficientes, desarrollar planes de transporte sostenibles y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Asimismo, en áreas rurales o carreteras interurbanas, esta información es vital para garantizar la seguridad y la fluidez del tráfico vehicular.

4.3.1 Volumen de tráfico promedio diario

Se refiere al volumen de tráfico cuantificado en las 24 horas del día de un cierto número de días (7 días). La cuantificación de tráfico promedio diario y horario, tienen como diferencia el lapso de horas en la recopilación de datos.

Se obtiene los siguientes datos que fueron obtenidos por medio del equipo ROADPOD 5900 que fue programado para contabilizar los vehículos las 24 horas

Figura 41

Reporte de los vehículos en la semana las 24 horas

Aforos Semanales de Vehículos

VehSem-124

Sítio: Rincinada.1.0S
Descripción: Av. Camino a la Rincinada y Julio Lara
Hora del Filtro: 00:01 Lunes, 06 de mayo de 2024 => 07:00 Lunes, 13 de mayo de 2024
Esquema: Clasificación Vehicular (VRX)
Filtro: Cls(1-12,14-15) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0) Span#(0 - 100)

	lun. 06 may.	mar. 07 may.	mié. 08 may.	jue. 09 may.	vie. 10 may.	sáb. 11 may.	dom. 12 may.
Hora							
0000-0100	1	1	0	0	2	1	0
0100-0200	3	2	2	1	0	1	2
0200-0300	2	2	3	1	2	2	1
0300-0400	3	3	1	2	1	0	2
0400-0500	8	4	6	3	5	4	3
0500-0600	15	12	18	13	10	11	7
0600-0700	26	16	17	22	19	13	9
0700-0800	33	40	16	28	31	21	14
0800-0900	21	23	25	22	28	25	11
0900-1000	29	24	23	30	19	33	16
1000-1100	38	20	26	19	33	38	34
1100-1200	36	28	20	40	24	27	21
1200-1300	35	35	31	33	22	21	20
1300-1400	38	37	41	27	33	36	34
1400-1500	25	20	17	22	28	16	19
1500-1600	21	18	19	14	17	19	23
1600-1700	20	24	26	18	27	28	25
1700-1800	14	27	19	20	21	22	21
1800-1900	21	22	23	24	20	27	28
1900-2000	24	28	21	22	25	31	19
2000-2100	19	18	15	17	21	26	17
2100-2200	16	15	13	10	11	17	12
2200-2300	10	6	5	6	7	4	9
2300-2400	5	2	3	4	2	1	3
Totales	463	427	390	398	408	424	350

Nota. Se realizó el reporte de la semana las 24 horas de conteo para el cálculo de TPDA por medio del conteo automático. Elaborado por: La autora

Tabla 4

Flujo vehicular de la semana por conteo automático 24horas

CONTEO AUTOMATICO – SIETE DIAS 24 HORAS	
Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo

Hora		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL
0h00	a 01h00	1	1	0	0	2	1	0	5
01h00	a 02h00	3	2	2	1	0	1	2	11
02h00	a 03h00	2	2	3	1	2	2	1	13
03h00	a 04h00	3	3	1	2	1	0	2	12
04h00	a 05h00	8	4	6	3	5	4	3	33
05h00	a 06h00	15	12	18	13	10	11	7	86
06h00	a 07h00	26	16	17	22	19	13	9	122
07h00	a 08h00	33	40	16	28	31	21	14	183
08h00	a 09h00	21	23	25	22	28	25	11	155
09h00	a 10h00	29	24	23	30	19	33	16	174
10h00	a 11h00	38	20	26	19	33	38	34	208
11h00	a 12h00	36	28	20	40	24	27	21	196
12h00	a 13h00	35	35	31	33	22	21	20	197
13h00	a 14h00	38	37	41	27	33	36	34	246
14h00	a 15h00	25	20	17	22	28	16	19	147
15h00	a 16h00	21	18	19	14	17	19	23	131
16h00	a 17h00	20	24	26	18	27	28	25	168
17h00	a 18h00	14	27	19	20	21	22	21	144
18h00	a 19h00	21	22	23	24	20	27	28	165
19h00	a 20h00	24	28	21	22	25	31	19	170
20h00	a 21h00	19	18	15	17	21	26	17	133
21h00	a 22h00	16	15	13	10	11	17	12	94
22h00	a 23h00	10	6	5	6	7	4	9	47
23h00	a 24h00	5	2	3	4	2	1	3	20
		463	427	390	398	408	424	350	2860

Nota. Se tabulo los datos en la siguiente tabla para una mejor visualización. Elaborado por: La autora

4.4 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)

4.4.1 Determinación de factor mensual

Para el factor mensual se tiene como dato el consumo de combustible total (Gasolina y Diesel) en cada mes del año de la zona de estudio, en este caso del cantón Quito en la Provincia de Pichincha, esta información de consumo de combustible por mes se debe transformar a consumo de combustible promedio diario para cada mes, teniendo una relación del total de consumo para el número de días de cada mes.

Mediante la siguiente expresión se puede obtener el promedio de consumo diario para el mes de Mayo:

$$\text{Promedio consumo diario}_{\text{MAYO}} = \frac{\text{Total de Consumo Mensual}}{\text{Numero de dias del mes}}$$

$$\text{Promedio consumo diario}_{\text{MAYO}} = \frac{1661249}{31}$$

$$\text{Promedio consumo diario}_{\text{MAYO}} = 53588.68 \frac{\text{GLNS}}{\text{DIA}}$$

Tabla 5

Factor Mensual por información de consumo de combustible

Mes del Año	Total Consumo	Promedio	Fm
	Mensual (GLNS)	Consumo Diario (GLNS)	
Enero	1546230	49878.39	1.087
Febrero	1434347	51226.68	1.059
Marzo	1610694	51957.87	1.044
Abril	1557435	51914.50	1.045
Mayo	1661249	53588.68	1.012
Junio	1643068	54768.93	0.990
Julio	1687367	54431.19	0.996
Agosto	1625045	52420.81	1.035
Septiembre	1730170	57672.33	0.940

Octubre	1783433	57530.10	0.943
Noviembre	1709556	56985.20	0.952
Diciembre	1810362	58398.77	0.929
PROMEDIO DE CONSUMO		54231.12	

Fuente: (Auqui Parra & Ramirez Chicaiza, 2019, pág. 141)

Teniendo los siguientes datos sobre los consumos promedios y diarios, se calcula un promedio de consumo diario anual es decir de los 12 meses registrados.

Mediante la siguiente expresión se obtiene el Factor mensual para el mes de Mayo (F_m):

$$F_m = \frac{\text{Promedio de Consumo Diario}}{\text{Mes del Consumo Diario}}$$

$$F_m = \frac{54231.12}{53588.68}$$

$$F_m = 1.012$$

4.4.2 Determinación del tráfico promedio diario ANUAL (TPDA)

Se obtuvo 2860 vehículos registrados en 7 días las 24 horas por medio de reportes generados en el programa MetroCount.

$$TPDA = \frac{TPDS}{7} * F_m$$

$$TPDA = \frac{2860 \text{ veh}}{7 \text{ dia}} * 1.012$$

$$TPDA = 414 \frac{\text{veh}}{\text{dia}}$$

CAPÍTULO V

CONTEO MANUAL

5.1 Proceso de la información

5.1.1 Determinación del factor de ajuste horario

De los cuatro días que se realizó el conteo manual se obtiene un volumen total de 1300 durante las 12 horas diarias, con un promedio de 325 Veh/día.

Tabla 6

Flujo vehicular por conteo manual de 06h00 a 18h00

CONTEO MANUAL 06H00 A 18H00							
Sector	Camino a la Rincinada						
Sentido	Sur-Norte						
Mes	Mayo						
Hora			Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	TOTAL
06h00	a	07h00	12	30	20	20	82
07h00	a	08h00	16	37	38	22	113
08h00	a	09h00	15	23	27	27	92
09h00	a	10h00	20	33	25	23	101
10h00	a	11h00	38	42	26	30	136
11h00	a	12h00	24	38	30	25	117
12h00	a	13h00	25	26	37	37	125
13h00	a	14h00	38	37	36	45	156
14h00	a	15h00	26	23	24	20	93
15h00	a	16h00	28	25	19	22	94
16h00	a	17h00	29	22	27	29	107
17h00	a	18h00	20	16	31	17	84
			291	352	340	317	1300

Nota. Se tabulo datos de cuatro días para el conteo manual en un lapso de 12 horas diarias.

Elaborador por: La autora

De los cuatro días por medio de conteo automático se obtiene un volumen total de 1630 durante las 24 horas diarias que se realizaron en el conteo automático, con un promedio de 408 Veh/día.

Tabla 7

Flujo vehicular de cuatro días por conteo automático 24 horas

CONTEO AUTOMATICO DE 00H00 A 24H00							
Sector		Camino a la Rincinada					
Sentido		Sur-Norte					
Mes		Mayo					
Hora			Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	TOTAL
00h00	a	01h00	0	1	1	0	2
01h00	a	02h00	2	3	2	2	9
02h00	a	03h00	1	2	2	3	8
03h00	a	04h00	2	3	3	1	9
04h00	a	05h00	3	8	4	6	21
05h00	a	06h00	7	15	12	18	52
06h00	a	07h00	9	26	16	17	68
07h00	a	08h00	14	33	40	16	103
08h00	a	09h00	11	21	23	25	80
09h00	a	10h00	16	29	24	23	92
10h00	a	11h00	34	38	20	26	118
11h00	a	12h00	21	36	28	20	105
12h00	a	13h00	20	35	35	31	121
13h00	a	14h00	34	38	37	41	150
14h00	a	15h00	19	25	20	17	81
15h00	a	16h00	23	21	18	19	81
16h00	a	17h00	25	20	24	26	95
17h00	a	18h00	21	14	27	19	81
18h00	a	19h00	28	21	22	23	94
19h00	a	20h00	19	24	28	21	92
20h00	a	21h00	17	19	18	15	69
21h00	a	22h00	12	16	15	13	56
22h00	a	23h00	9	10	6	5	30

23h00	a	24h00	3	5	2	3	13
			350	463	427	390	1630

Nota. Se tabulo datos de cuatro días para el conteo automático en un lapso de 24 horas diarias para evaluarlos con el conteo manual. Elaborador por: La autora

Mediante la siguiente expresión se puede obtener el Factor Horario (Fh) de los cuatro días de conteo tanto manual como automático por cada día de estudio:

$$Fh = \frac{\text{Volumen de Trafico Domingo 24 horas}}{\text{Volumen de Trafico Domingo 06h00 a 18h00}}$$

$$Fh = \frac{350 \text{ veh/dia}}{291 \text{ veh/dia}}$$

$$Fh = 1.203$$

Tabla 8

Factor horario de los cuatro días de conteo manual

Dia de la semana	Fh
Domingo	1.203
Lunes	1.315
Martes	1.256
Miércoles	1.230
PROMEDIO	1.251

Nota. Se tabulo el factor horario de los cuatro días que se realizó ambos métodos de conteo. Elaborador por: La autora

5.1.2 Determinación del factor de ajuste semanal

El Factor semanal es aquel que relaciona el volumen total vehicular de los siete días en las 24 horas por medio del conteo automático sobre los cuatro días que se realizó el conteo

manual, pero con los datos registrados de igual manera por conteo automático en un lapso de 24 horas.

$$Fs = \frac{\text{Volumen total vehicular de los 7 días 24 horas}}{\text{Volumen total vehicular de los 4 días 24 horas}}$$

$$Fs = \frac{2860 \text{ veh}}{1630 \text{ veh}}$$

$$Fs = 1.75$$

5.1.3 Determinación del factor de ajuste mensual

El factor mensual (Fm) transforma el volumen mensual promedio de tráfico hasta el valor anual o tráfico promedio diario anual TPDA.

Tabla 9

Factor Mensual por información de consumo de combustible

Mes del Año	Total, Consumo Mensual (GLNS)	Promedio Consumo Diario (GLNS)	Fm
Enero	1546230	49878.39	1.087
Febrero	1434347	51226.68	1.059
Marzo	1610694	51957.87	1.044
Abril	1557435	51914.50	1.045
Mayo	1661249	53588.68	1.012
Junio	1643068	54768.93	0.990
Julio	1687367	54431.19	0.996
Agosto	1625045	52420.81	1.035
Septiembre	1730170	57672.33	0.940
Octubre	1783433	57530.10	0.943
Noviembre	1709556	56985.20	0.952
Diciembre	1810362	58398.77	0.929
PROMEDIO DE CONSUMO		54231.12	

Fuente: (Auqui Parra & Ramirez Chicaiza, 2019, pág. 141)

5.1.4 Volumen de tráfico promedio diario

Se refiere al volumen de tráfico cuantificado en un determinado número de horas al día de los siete días de la semana, presentando como promedio para siete días.

Tabla 10

Datos vehiculares conteo manual día Domingo

DOMINGO DE 06H00 A 18H00	
CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo
HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	12
07h00 a 08h00	16
08h00 a 09h00	15
09h00 a 10h00	20
10h00 a 11h00	38
11h00 a 12h00	24
12h00 a 13h00	25
13h00 a 14h00	38
14h00 a 15h00	26
15h00 a 16h00	28
16h00 a 17h00	29
17h00 a 18h00	20
TOTAL	291

Elaborador por: La autora

Tabla 11

Datos vehiculares conteo manual día Lunes

LUNES DE 06H00 A 18H00	
CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo
HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	30
07h00 a 08h00	37
08h00 a 09h00	23
09h00 a 10h00	33
10h00 a 11h00	42
11h00 a 12h00	38
12h00 a 13h00	26
13h00 a 14h00	37
14h00 a 15h00	23
15h00 a 16h00	25
16h00 a 17h00	22
17h00 a 18h00	16
TOTAL	352

Elaborador por: La autora

Tabla 12

Datos vehiculares conteo manual día Martes

MARTES DE 06H00 A 18H00	
CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo
HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	20
07h00 a 08h00	38
08h00 a 09h00	27

09h00 a 10h00	25
10h00 a 11h00	26
11h00 a 12h00	30
12h00 a 13h00	37
13h00 a 14h00	36
14h00 a 15h00	24
15h00 a 16h00	19
16h00 a 17h00	27
17h00 a 18h00	31

TOTAL	340
--------------	------------

Elaborador por: La autora

Tabla 13

Datos vehiculares conteo manual día Miércoles

MIÉRCOLES DE 06H00 A 18H00	
CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo

HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	20
07h00 a 08h00	22
08h00 a 09h00	27
09h00 a 10h00	23
10h00 a 11h00	30
11h00 a 12h00	25
12h00 a 13h00	37
13h00 a 14h00	45
14h00 a 15h00	20
15h00 a 16h00	22
16h00 a 17h00	29
17h00 a 18h00	17

TOTAL	317
--------------	------------

Elaborador por: La autora

Se obtuvo el volumen total diario de los cuatro días de conteo manual el cual debe ser multiplicado por el correspondiente Factor Horario ya calculado anteriormente y con la sumatoria de estos, multiplicarlo por el Factor Semanal y obtenemos el Tráfico Promedio Diario Semanal.

Se puede obtener mediante la siguiente expresión:

*Volumen Total Domingo * Factor Horario Promedio*

$$291 \frac{veh}{dia} * 1.25 = 364 \frac{veh}{dia}$$

Tabla 14

Volumen total diario ajustado por el factor horario

DÍA DE LA SEMANA	PRODUCTO (veh/dio)
Domingo	364
Lunes	440
Martes	425
Miércoles	397
SUMATORIA	1626

Elaborador por: La autora

Volumen Total = 1626 vehiculos

Para obtener el Trafico Promedio Diario Semanal (TPDS) se obtiene mediante la siguiente expresión:

TPDS = Volumen Total * Factor Semanal

TPDS = 1626 vehiculos * 1.75

TPDS = 2846 vehiculos

Para obtener el Trafico Promedio Diario (TPD) se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$TPD = \frac{TPDS}{7 \text{ dias}}$$

$$TPD = \frac{2846 \text{ veh}}{7 \text{ dias}}$$

$$TPD = 407 \frac{\text{veh}}{\text{dia}}$$

5.2 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para el cálculo del tráfico promedio diario anual TPDA resulta del producto entre el tráfico promedio diario y el factor mensual. Para el cálculo del tráfico promedio diario anual TPDA resulta del producto entre el tráfico promedio diario mensual y el factor mensual.

$$TPDA = TPD * Fm$$

Donde:

TPD: Trafico promedio diario

Fm: Factor mensual

$$TPDA = 407 \frac{\text{veh}}{\text{dia}} * 1.012$$

$$TPDA = 412 \frac{\text{veh}}{\text{dia}}$$

CAPÍTULO VI

ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 Recopilación de resultados del fujo vehicular

Para la recopilación de resultados del volumen total de vehículos que fueron obtenidos por los diferentes métodos tanto manual como automático en los diferentes horarios, a continuación, se muestra el reporte generado por el programa MetroCount y la tabla de resultados por medio del conteo manual.

Figura 42

Reporte de vehículos según las clases de MetroCount

MetroCount Traffic Executive Clases Diarias

ClasDiarias
Sitio: Rincinada.1.0S
Descripción: Av. Camino a la Rincinada y Julio Lara
Hora del Filtro: 06:00 , Lunes 06 de mayo de 2024 => 18H01 Miércoles, 08 de mayo de 2024
Esquema: Clasificación Vehicular (VRX)
Filtro: Cls(1-12, 14-15) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0) Span#(0 - 100) Carril(0-16)

Lunes 6 de mayo de 2024		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	Total
lun.*		316	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	3	403
(%)		78.4	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	0.6	
mar.*		297	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	4	338
(%)		87.9	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	1.2	
mié.*		262	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	20	330
(%)		79.4	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	6.0	

Nota. Reporte de las clases de los vehículos de los días lunes, martes y miércoles. Elaborador por: La autora

Figura 43

Reporte de vehículos según las clases de MetroCount día domingo

ClasDiarias

Sitio: Rincinada.1.0S
Descripción: Av. Camino a la Rincinada y Julio Lara
Hora del Filtro: 06:00 , Domingo 12 de mayo de 2024 => 18H01 Domingo, 12 de mayo de 2024
Esquema: Clasificación Vehicular (VRX)
Filtro: Cls(1-12, 14-15) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0) Span#(0 - 100) Carril(0-16)

Domingo 12 de mayo de 2024															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	Total
dom.*	239	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	6	317
(%)	75.4	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2	1.9	

Nota. Reporte de las clases de los vehículos del día domingo. Elaborador por: La autora

Tabla 15

Datos vehiculares de los cuatro días de conteo manual

CONTEO MANUAL DE 06H00 A 18H00							
Sector	Camino a la Rincinada						
Sentido	Sur-Norte						
Mes	Mayo						
Hora			Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	TOTAL
06h00	a	07h00	12	30	20	20	82
07h00	a	08h00	16	37	38	22	113
08h00	a	09h00	15	23	27	27	92
09h00	a	10h00	20	33	25	23	101
10h00	a	11h00	38	42	26	30	136
11h00	a	12h00	24	38	30	25	117
12h00	a	13h00	25	26	37	37	125
13h00	a	14h00	38	37	36	45	156
14h00	a	15h00	26	23	24	20	93
15h00	a	16h00	28	25	19	22	94
16h00	a	17h00	29	22	27	29	107
17h00	a	18h00	20	16	31	17	84
			291	352	340	317	1300

Elaborador por: La autora

6.1.1 Recopilación de resultados tráfico promedio diario anual

Después de obtener los resultados de volumen total vehicular y realizar los ajustes con los factores necesarios podemos calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) por medio del conteo automático y el conteo manual

Tabla 16

Resultados del TPDA por los dos métodos de conteo

TIPO DE CONTEO	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL
AUTOMÁTICO	414
MANUAL	412

Elaborador por: La autora

6.2 Estudio comparativo de resultados

Se efectuaron las tabulaciones pertinentes, incluyendo los flujos vehiculares correspondientes a cada método, durante los distintos días de conteo (Domingo, Lunes, Martes y Miércoles). Estos días fueron aquellos en los que se realizaron tanto el conteo manual como el conteo automático en un horario específico.

Tabla 17

Datos vehiculares por conteo manual y automático día Domingo

DOMINGO DE 06H00 A 18H00			
CONTEO AUTOMATICO		CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada	Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte	Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo	Mes	Mayo
HORA	VEHICULOS	HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	9	06h00 a 07h00	12
07h00 a 08h00	14	07h00 a 08h00	16
08h00 a 09h00	11	08h00 a 09h00	15

09h00 a 10h00	16	09h00 a 10h00	20
10h00 a 11h00	34	10h00 a 11h00	38
11h00 a 12h00	21	11h00 a 12h00	24
12h00 a 13h00	20	12h00 a 13h00	25
13h00 a 14h00	34	13h00 a 14h00	38
14h00 a 15h00	19	14h00 a 15h00	26
15h00 a 16h00	23	15h00 a 16h00	28
16h00 a 17h00	25	16h00 a 17h00	29
17h00 a 18h00	21	17h00 a 18h00	20
TOTAL	247	TOTAL	291

Elaborador por: La autora

Tabla 18

Datos vehiculares por conteo manual y automático día Lunes

LUNES DE 06H00 A 18H00			
CONTEO AUTOMATICO		CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada	Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte	Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo	Mes	Mayo
HORA	VEHICULOS	HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	26	06h00 a 07h00	30
07h00 a 08h00	33	07h00 a 08h00	37
08h00 a 09h00	21	08h00 a 09h00	23
09h00 a 10h00	29	09h00 a 10h00	33
10h00 a 11h00	38	10h00 a 11h00	42
11h00 a 12h00	36	11h00 a 12h00	38
12h00 a 13h00	35	12h00 a 13h00	26
13h00 a 14h00	38	13h00 a 14h00	37
14h00 a 15h00	25	14h00 a 15h00	23
15h00 a 16h00	21	15h00 a 16h00	25
16h00 a 17h00	20	16h00 a 17h00	22

17h00 a 18h00	14	17h00 a 18h00	16
TOTAL	336	TOTAL	352

Elaborador por: La autora

Tabla 19

Datos vehiculares por conteo manual y automático día Martes

MARTES DE 06H00 A 18H00			
CONTEO AUTOMATICO		CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada	Sector	Camino a la Rincinada
Sentido	Sur-Norte	Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo	Mes	Mayo
HORA	VEHICULOS	HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	16	06h00 a 07h00	20
07h00 a 08h00	40	07h00 a 08h00	38
08h00 a 09h00	23	08h00 a 09h00	27
09h00 a 10h00	24	09h00 a 10h00	25
10h00 a 11h00	20	10h00 a 11h00	26
11h00 a 12h00	28	11h00 a 12h00	30
12h00 a 13h00	35	12h00 a 13h00	37
13h00 a 14h00	37	13h00 a 14h00	36
14h00 a 15h00	20	14h00 a 15h00	24
15h00 a 16h00	18	15h00 a 16h00	19
16h00 a 17h00	24	16h00 a 17h00	27
17h00 a 18h00	27	17h00 a 18h00	31
TOTAL	312	TOTAL	340

Elaborador por: La autora

Tabla 20

Datos vehiculares por conteo manual y automático día Miércoles

MIERCOLES DE 06H00 A 18H00			
CONTEO AUTOMATICO		CONTEO MANUAL	
Sector	Camino a la Rincinada	Sector	Camino a la Rincinada

Sentido	Sur-Norte	Sentido	Sur-Norte
Mes	Mayo	Mes	Mayo
HORA	VEHICULOS	HORA	VEHICULOS
06h00 a 07h00	17	06h00 a 07h00	20
07h00 a 08h00	16	07h00 a 08h00	22
08h00 a 09h00	25	08h00 a 09h00	27
09h00 a 10h00	23	09h00 a 10h00	23
10h00 a 11h00	26	10h00 a 11h00	30
11h00 a 12h00	20	11h00 a 12h00	25
12h00 a 13h00	31	12h00 a 13h00	37
13h00 a 14h00	41	13h00 a 14h00	45
14h00 a 15h00	17	14h00 a 15h00	20
15h00 a 16h00	19	15h00 a 16h00	22
16h00 a 17h00	26	16h00 a 17h00	29
17h00 a 18h00	19	17h00 a 18h00	17
TOTAL	280	TOTAL	317

Elaborado por: La autora

6.2.1 Cálculo de error de conteo

Para poder calcular el error de conteo de cada clase de vehículo según la clasificación de la MOP es decir para livianos, buses y pesados.

Los datos fueron recopilados y tabulados, teniendo en cuenta que la clasificación que usa el programa MetroCount Traffic Executive, no es la misma clasificación que está dado por la zona de estudio.

Los vehículos los clasificamos según como corresponde teniendo en cuenta estos rangos en la separación de ejes:

Tabla 21

Clasificación de vehículos según el MetroCount

TIPO	DESCRIPCION	DISTANCIA ENTRE EJES
SV		1.7m – 3.2m
TB2		> 3.2m

Elaborado por: La autora

Tabla 22

Datos obtenidos día Domingo y clasificados según el programa MetroCount

CONTEO AUTOMATICO DOMINGO 06H00 A 18H00							
Sector	Camino a la Rincinada						
Sentido	Sur-Norte						
Mes	Mayo						
Hora			(1)	(3)	(14)	(15)	TOTAL
			SV	TB2	M/C	BICLYCLE	
06h00	a	07h00	8	1	6	0	15
07h00	a	08h00	13	1	9	2	25
08h00	a	09h00	10	1	1	0	12
09h00	a	10h00	16	0	5	1	22
10h00	a	11h00	34	0	7	0	41
11h00	a	12h00	21	0	3	0	24
12h00	a	13h00	20	0	5	1	26
13h00	a	14h00	32	2	7	1	42
14h00	a	15h00	19	0	9	0	28
15h00	a	16h00	21	2	0	0	23
16h00	a	17h00	24	1	5	1	31
17h00	a	18h00	21	0	7	0	28

239

8

64

6

317

247

Elaborado por: La autora

Tabla 23*Clasificación según Ministerio de Transporte y Obras Públicas*

TIPO	DESCRIPCION	DISTANCIA ENTRE EJES
LIVIANOS		1.60 m - 3.10 m
2DA		3.11 m - 4.40 m
BUS		4.41 m – 4.90 m
2DB		> 4.91 m

Elaborado por: La autora

Tabla 24*Datos obtenidos día Domingo y clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Públicas*

CONTEO AUTOMATICO DOMINGO 06H00 A 18H00					
Sector	Camino a la Rincinada				
Sentido	Sur-Norte				
Mes	Mayo				
Hora			LIVIANOS	2DA	TOTAL
06h00	a	07h00	8	1	9

07h00	a	08h00	11	3	14
08h00	a	09h00	10	1	11
09h00	a	10h00	15	1	16
10h00	a	11h00	32	2	34
11h00	a	12h00	21	0	21
12h00	a	13h00	19	1	20
13h00	a	14h00	31	3	34
14h00	a	15h00	17	2	19
15h00	a	16h00	23	0	23
16h00	a	17h00	23	2	25
17h00	a	18h00	21	0	21
			231	16	247

Elaborado por: La autora

Tabla 25

Datos obtenidos día Lunes y clasificados según el programa MetroCount

CONTEO AUTOMATICO LUNES 06H00 A 18H00							
Sector	Camino a la Rincinada						
Sentido	Sur-Norte						
Mes	Mayo						
Hora			(1)	(3)	(14)	(15)	TOTAL
			SV	TB2	M/C	BICLYCLE	
06h00	a	07h00	24	2	6	0	32
07h00	a	08h00	33	0	4	1	38
08h00	a	09h00	19	2	4	0	25
09h00	a	10h00	29	0	8	0	37
10h00	a	11h00	34	4	3	0	41
11h00	a	12h00	33	3	6	0	42
12h00	a	13h00	33	2	10	0	45
13h00	a	14h00	37	1	2	0	40
14h00	a	15h00	23	2	11	1	37
15h00	a	16h00	20	1	5	0	26

16h00	a	17h00	19	1	2	0	22
17h00	a	18h00	12	2	4	0	18
			316	20	65	2	403
			336				

Elaborado por: La autora

Tabla 26

Datos obtenidos día Lunes y clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas

CONTEO AUTOMATICO LUNES 06H00 A 18H00						
Sector	Camino a la Rincinada					
Sentido	Sur-Norte					
Mes	Mayo					
Hora			LIVIANOS	2DA	2DB	TOTAL
06h00	a	07h00	25	1	0	26
07h00	a	08h00	33	0	0	33
08h00	a	09h00	20	1	0	21
09h00	a	10h00	29	0	0	29
10h00	a	11h00	36	2	0	38
11h00	a	12h00	34	1	1	36
12h00	a	13h00	35	0	0	35
13h00	a	14h00	38	0	0	38
14h00	a	15h00	23	1	1	25
15h00	a	16h00	21	0	0	21
16h00	a	17h00	19	1	0	20
17h00	a	18h00	14	0	0	14
			327	7	2	336

Elaborado por: La autora

Tabla 27

Datos obtenidos día Martes y clasificados según el programa MetroCount

CONTEO AUTOMATICO MARTES 06H00 A 18H00

Sector	Camino a la Rincinada						
Sentido	Sur-Norte						
Mes	Mayo						
Hora			(1)	(3)	(14)	(15)	TOTAL
			SV	TB2	M/C	BICLYCLE	
06h00	a	07h00	14	2	4	2	22
07h00	a	08h00	36	4	6	1	47
08h00	a	09h00	22	1	2	0	25
09h00	a	10h00	24	0	6	0	30
10h00	a	11h00	20	0	0	0	20
11h00	a	12h00	26	2	0	0	28
12h00	a	13h00	34	1	2	0	37
13h00	a	14h00	36	1	2	1	40
14h00	a	15h00	19	1	0	0	20
15h00	a	16h00	16	2	0	0	18
16h00	a	17h00	23	1	0	0	24
17h00	a	18h00	27	0	0	0	27
			297	15	22	4	338

312

Elaborado por: La autora

Tabla 28

Datos obtenidos día Martes y clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas

CONTEO AUTOMATICO MARTES 06H00 A 18H00						
Sector	Camino a la Rincinada					
Sentido	Sur-Norte					
Mes	Mayo					
Hora			LIVIANOS	2DA	2DB	TOTAL
06h00	a	07h00	13	3	0	16
07h00	a	08h00	36	3	1	40

08h00	a	09h00	22	1	0	23
09h00	a	10h00	24	0	0	24
10h00	a	11h00	20	0	0	20
11h00	a	12h00	25	3	0	28
12h00	a	13h00	34	1	0	35
13h00	a	14h00	36	0	1	37
14h00	a	15h00	19	1	0	20
15h00	a	16h00	17	1	0	18
16h00	a	17h00	24	0	0	24
17h00	a	18h00	27	0	0	27
			297	13	2	312

Elaborado por: La autora

Tabla 29

Datos obtenidos día Miércoles y clasificados según el programa MetroCount

CONTEO AUTOMATICO MIERCOLES 06H00 A 18H00							
Sector	Camino a la Rincinada						
Sentido	Sur-Norte						
Mes	Mayo						
Hora			(1)	(3)	(14)	(15)	TOTAL
			SV	TB2	M/C	BICLYCLE	
06h00	a	07h00	16	1	3	2	22
07h00	a	08h00	16	0	5	2	23
08h00	a	09h00	23	2	4	1	30
09h00	a	10h00	22	1	3	2	28
10h00	a	11h00	24	2	5	0	31
11h00	a	12h00	20	0	1	2	23
12h00	a	13h00	29	2	4	3	38
13h00	a	14h00	38	3	1	0	42
14h00	a	15h00	16	1	1	0	18
15h00	a	16h00	17	2	0	1	20

16h00	a	17h00	25	1	1	4	31
17h00	a	18h00	16	3	2	3	24
			262	18	30	20	330
			280				

Elaborado por: La autora

Tabla30

Datos obtenidos día Miércoles y clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas

CONTEO AUTOMATICO MIERCOLES 06H00 A 18H00						
Sector		Camino a la Rincinada				
Sentido		Sur-Norte				
Mes		Mayo				
Hora			LIVIANOS	2DA	2DB	TOTAL
06h00	a	07h00	14	1	1	17
07h00	a	08h00	16	0	0	16
08h00	a	09h00	23	2	1	25
09h00	a	10h00	20	2	1	23
10h00	a	11h00	25	1	0	26
11h00	a	12h00	20	0	0	20
12h00	a	13h00	29	2	0	31
13h00	a	14h00	40	1	0	41
14h00	a	15h00	17	0	0	17
15h00	a	16h00	17	2	0	19
16h00	a	17h00	25	0	1	26
17h00	a	18h00	18	1	0	19
			264	12	4	280

Elaborado por: La autora

Tabla 31

Datos obtenidos por conteo manual día Domingo clasificados según Ministerio de Transporte

CONTEO MANUAL DOMINGO 06H00 A 18H00					
Sector	Camino a la Rincinada				
Sentido	Sur-Norte				
Mes	Mayo				
Hora			LIVIANOS	2DA	TOTAL
06h00	a	07h00	11	1	12
07h00	a	08h00	15	1	16
08h00	a	09h00	13	2	15
09h00	a	10h00	19	1	20
10h00	a	11h00	38	0	38
11h00	a	12h00	24	0	24
12h00	a	13h00	23	2	25
13h00	a	14h00	35	3	38
14h00	a	15h00	25	1	26
15h00	a	16h00	28	0	28
16h00	a	17h00	28	1	29
17h00	a	18h00	20	0	20
			279	12	291

Elaborado por: La autora

Tabla 32

Datos obtenidos por conteo manual día Lunes clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas

CONTEO MANUAL LUNES 06H00 A 18H00						
Sector	Camino a la Rincinada					
Sentido	Sur-Norte					
Mes	Mayo					
Hora			LIVIANOS	2DA	2DB	TOTAL
06h00	a	07h00	28	1	1	30

07h00	a	08h00	36	1	0	37
08h00	a	09h00	23	0	0	23
09h00	a	10h00	32	1	0	33
10h00	a	11h00	40	2	0	42
11h00	a	12h00	37	0	1	38
12h00	a	13h00	25	1	0	26
13h00	a	14h00	37	0	0	37
14h00	a	15h00	22	1	0	23
15h00	a	16h00	24	0	1	25
16h00	a	17h00	21	1	0	22
17h00	a	18h00	16	0	0	16
			341	8	3	352

Elaborado por: La autora

Tabla 33

Datos obtenidos por conteo manual día Martes clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas

CONTEO MANUAL MARTES 06H00 A 18H00						
Sector	Camino a la Rincinada					
Sentido	Sur-Norte					
Mes	Mayo					
Hora			LIVIANOS	2DA	2DB	TOTAL
06h00	a	07h00	18	2	0	20
07h00	a	08h00	33	4	1	38
08h00	a	09h00	26	1	0	27
09h00	a	10h00	24	1	0	25
10h00	a	11h00	25	1	0	26
11h00	a	12h00	26	3	1	30
12h00	a	13h00	36	1	0	37
13h00	a	14h00	34	1	1	36

14h00	a	15h00	23	1	0	24
15h00	a	16h00	17	2	0	19
16h00	a	17h00	26	1	0	27
17h00	a	18h00	28	2	1	31
			316	20	4	340

Elaborado por: La autora

Tabla 34

Datos obtenidos por conteo manual día Miércoles clasificados según Ministerio de Transporte y Obras Publicas

CONTEO MANUAL MIÉRCOLES 06H00 A 18H00						
Sector	Camino a la Rincinada					
Sentido	Sur-Norte					
Mes	Mayo					
Hora			LIVIANOS	2DA	2DB	TOTAL
06h00	a	07h00	15	4	1	20
07h00	a	08h00	21	1	0	22
08h00	a	09h00	22	3	2	27
09h00	a	10h00	19	4	0	23
10h00	a	11h00	28	2	0	30
11h00	a	12h00	24	1	0	25
12h00	a	13h00	34	2	1	37
13h00	a	14h00	43	2	0	45
14h00	a	15h00	18	1	1	20
15h00	a	16h00	21	1	0	22
16h00	a	17h00	26	2	1	29
17h00	a	18h00	15	1	1	17
			286	24	7	317

Elaborado por: La autora

Tabla 35*Resumen del conteo automático según las clases vehiculares*

CONTEO AUTOMATICO 06H00 A 18H00				
Sector	Camino a la Rincinada			
Sentido	Sur-Norte			
Mes	Mayo			
Día de la Semana	LIVIANOS	Pesados	TOTAL	
Domingo	231	16	247	
Lunes	327	9	336	
Martes	297	15	312	
Miércoles	264	16	280	
	1119	56	1175	

Elaborado por: La autora

Tabla 36*Resumen del conteo manual según las clases vehiculares*

CONTEO MANUAL 06H00 A 18H00				
Sector	Camino a la Rincinada			
Sentido	Sur-Norte			
Mes	Mayo			
Día de la Semana	LIVIANOS	Pesados	TOTAL	
Domingo	279	12	291	
Lunes	341	11	352	
Martes	316	24	340	
Miércoles	286	31	317	
	1222	78	1300	

Elaborado por: La autora

Para calcular el error de conteo de las diferentes clases de vehículos según la zona de estudio en este caso, usamos la clasificación de la MOP donde nos indica que se dividen en tres clases: livianos, buses y pesados. Indicando que no se presentaron la clase de buses, por lo cual se calculó el error de conteo de livianos y pesados.

A continuación, mediante la siguiente expresión se puede obtener el error de conteo de los vehículos livianos:

$$\mathbf{Error\ Conteo\ LIVIANOS} = V.Total\ Conteo\ Manual - V.Total\ Conteo\ Automatico$$

$$\mathbf{Error\ Conteo\ LIVIANOS} = 1222 - 1119 = 103\ vehiculos$$

Teniendo como dato 103 vehículos de diferencia, entre el conteo manual y el conteo automático, dividimos para el número de los días donde se realizó al mismo tiempo los dos tipos de conteo:

$$\mathbf{Error\ Conteo\ LIVIANOS} = \frac{103}{4} = 26\ veh/día$$

A continuación, para determinar el error de conteo relacionamos el número de vehículos al día para el número de horas donde se realizó los dos tipos de conteo:

$$\mathbf{Error\ Conteo\ LIVIANOS} = \frac{26\ veh}{12\ horas} = \mathbf{2\ veh/hora}$$

Y finalmente, mediante la siguiente expresión se puede obtener el error de conteo de los vehículos pesados:

$$\mathbf{Error\ Conteo\ PESADOS} = V.Total\ Conteo\ Manual - V.Total\ Conteo\ Automatico$$

$$\mathbf{Error\ Conteo\ PESADOS = 78 - 56 = 22\ vehiculos}$$

Teniendo como dato 22 vehículos de diferencia, dividimos para el numero de los días de conteo:

$$\mathbf{Error\ Conteo\ PESADOS = \frac{22}{4} = 6\ veh/día}$$

Para determinar el error de conteo relacionamos el número de vehículos al día para el número de horas donde se realizó los dos tipos de conteo:

$$\mathbf{Error\ Conteo\ PESADOS = \frac{6\ veh}{12\ horas} = 1\ veh/hora}$$

6.3 Discusión

6.3.1 Posibles causas del error

6.3.1.1 Error en el conteo manual de vehículos

- La fatiga humana puede hacer que los contadores lleguen a cansarse llevando a cometer errores en la precisión del conteo, comúnmente esto puede suceder durante largos periodos de tiempo.
- Los observadores pueden llegar a distraerse ya sea por el celular móvil, por platicar con otra persona o por otros motivos, lo que puede causar que se pierda de vista algunos vehículos o subestimar datos.
- Las condiciones meteorológicas como la lluvia, la neblina o el exceso de calor pueden dificultar la visibilidad y afectar la precisión del conteo.
- En las denominadas “horas pico” donde se presenta condiciones de tráfico pesado puede ser difícil distinguir y contar los vehículos con precisión.
- La posición del observador no puede ser la más adecuada para la realización del conteo, lo que puede limitar su campo de visión y presentar errores.
- Al momento de clasificar los vehículos los observadores pueden tener diferentes criterios para su clasificación y esto puede llevar a presentar inconsistencia en los datos.

6.3.1.2 Error en el conteo automático de vehículos

- Los dispositivos que realizan los conteos automáticos necesitan ser calibrados de la manera correcta ya que una mala calibración puede dar como resultados errores en el conteo.
- Los sensores pueden funcionar o fallar de manera incorrecta debido a las diferentes condiciones meteorológicas adversas como: suciedad en la vía de estudio o daños físicos en el mismo.
- Presentar limitaciones en el software dependiendo del equipo de conteo automático que se va a utilizar.
- En tráfico muy denso algunos vehículos pueden quedar ocultos o no ser contados
- El sistema puede registrar los falsos positivos, es decir contar algo que no es un vehículo o falsos negativos que sería no contar un vehículo que está presente.

CONCLUSIONES

Se realizó el debido conteo del flujo vehicular en la vía “Camino a la Rincinada”, por medio del conteo manual y el conteo automático teniendo datos de los siete días de la semana por parte del conteo automático en un periodo de 24 horas permanentes, y para el conteo manual de cuatro días de la semana (Domingo, Lunes, Martes, Miércoles) donde se presentó diferente flujo vehicular en un periodo de 12 horas diarias, permitiendo realizar los cálculos necesarios para la obtención del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual).

En la obtención del TPDA presento una alta precisión en ambos métodos, al comparar los resultados en el conteo automático se pudo calcular un TPDA de 414 vehículos, mientras que en el conteo manual mediante diferentes factores de ajuste (horario, mensual y semanal) se pudo obtener un TPDA de 412 vehículos. Esa diferencia **mínima de 2 vehículos** indica un margen de **error muy bajo**.

Mientras que al momento de calcular el error de conteo y teniendo el horario definido para los dos métodos, es decir, se realizó los cálculos necesarios con los datos obtenidos en los días domingo, lunes, martes y miércoles de 06h00 a 18h00, teniendo como resultado el desglose por tipo de vehículo, donde se presentó un error de conteo en los cuatro días de estudio, en **vehículos livianos de 2 vehículos por hora** y en **vehículos pesados de 1 vehículo por hora** en un lapso de 12 horas diarias.

Estos resultados sugieren que **ambos métodos son confiables** para la recopilación de información al tratarse de datos de tráfico, teniendo en cuenta que el conteo automático ofrece una ligera ventaja en términos de eficiencia y reducción de la carga de trabajo para los observadores.

Además, la precisión que tiene un conteo automático con respecto al conteo manual respalda su **viabilidad** como una herramienta efectiva para el monitoreo del tráfico, sin olvidar que para mantener resultados positivos es crucial mantener adecuadamente los equipos para asegurar su rendimiento óptimo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir las instrucciones que pueden ser brindadas en el manual de uso del equipo que se vaya a utilizar como contador automático, teniendo en cuenta su instalación y diferentes configuraciones que se necesita para cada proyecto. Asegurar un mantenimiento regular del equipo y la calibración precisa del mismo para minimizar posibles errores y maximizar su rendimiento en comparación del conteo manual.

Al momento de instalar el equipo ROADPOD VT-5900 los sensores deben estar lo más tensos posibles en ambos extremos de la vía, con esto nos aseguramos que las mangueras no puedan ser desplazadas por los vehículos y las mediciones serán las más óptimas. Para un mejor ajuste de las mangueras, se puede colocar en la parte central de la vía pedazos de cintas asfálticas (chova), teniendo en cuenta previamente la limpieza de la zona con el fin de que haya mejor adherencia a la superficie.

Es recomendable verificar la batería del equipo antes de instalarlo y configurarlo, lo que nos ayudara a realizar mediciones seguras durante el periodo de tiempo seleccionado.

Capacitar al observador y obtener el equipo necesario para el conteo manual además de necesidades básicas como comida, agua, etc.; sin olvidar que se pueden presentar diferentes condiciones climáticas en el periodo de conteo.

Implementar rotaciones frecuentes entre los observadores para evitar fatiga y asegurarse que los contadores están bien capacitados y enfocados según las normas en la zona de estudio, una ayuda o tecnología de asistencia podría ser una cámara que podrá respaldar el conteo durante el periodo de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auqui Parra, J. C., & Ramirez Chicaiza, D. R. (2019). *GUÍA PRÁCTICA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS*. Universidad Politecnica Salesiana , Quito.
Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16966/1/UPS-ST003964.pdf>
- Benavides Pinchao, T. L. (2021). *Evaluación del tráfico vehicular para dar solución al congestionamiento en la intersección entre la Av. Rodrigo Pachano y Manuelita Sáenz de la ciudad de Ambato*. Universidad Tecnica de Ambato, Ambato.
- Bizarro, A., Herrera, J., & Villanueva, J. (2018). *Sistema de detección de tránsito vehicular* . Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente , Jalisco.
- Briceño, J. (2018). *Tránsito en pavimentos*. Universidad de los Andes, Venezuela .
- Bustillos, J. (2011). *Estudio de tráfico vehicular, Calculo del TPDA actual y futuro*. Gualaquiza.
Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/06-09-2011_informe_tecnico_zamora_gualaquiza_parteII.pdf
- Cal, R., & Reyes, M. (1995). *Ingenieria de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. Mexico, D.F: Alfaomega.
- Cuenca, P. (2014). *Análisis de la Capacidad y Nivel de Servicio aplicando metodología de HCM en la via Loja-Zamora*. Universidad Tecnica Particular de Loja , Loja.
- De Solminihac, H., Echaveguren , T., & Chamorro, A. (2019). *Gestion de infraestructura vial*. Bogota: Alfaomega. Obtenido de [file:///C:/Users/usuar/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/J18H0YAM/preview-9789587785081_A43740055\[1\].pdf](file:///C:/Users/usuar/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/J18H0YAM/preview-9789587785081_A43740055[1].pdf)
- Gomez Johnson , R. C. (2004). *Guia de Ingenieria de Tráfico*. *Guia de Ingenieria de Tráfico*. Universidad San Simon, Cochabamba. Obtenido de

https://www.academia.edu/16248348/TEXTO_DEL_ALUMNO_INGENIERIA_DE_TR%C3%81FICO_CIV_326_UNIVERSIDAD_MAYOR_DE_SAN_SIMON_FACULTAD_DE_CIENCIAS_Y_TECNOLOGIA_CARRERA_DE_INGENIERIA_CIVIL

Hernández Hernández , F. J. (Junio de 2015). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOFTWARE MODULAR PARA LA GENERACIÓN DE ESTUDIOS DE TRÁFICO VEHICULAR MEDIANTE EL USO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE FACILITE PROCESOS DE AFORO EN LA UNIDAD DE SECRETARIA DE TRANSITO SECCIONAL MONTERÍA. Monteria, Colombia . Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/ce51bd4-536f-431a-8901-6f7be54f2141/content>

Lauro, A., & Rodriguez, G. (2005). *Carreteras*. Mérida: Ediciones de la Universidad Autónoma de México.

METROCOUNT ARX. (2007). *MTE User Manual - Classification Schemes*.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2003). Norma de diseño geométrico de carreteras. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/>

Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador (Vol. 2). (2013). Norma para estudios y diseños viales (NEVI). Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

Morales Sosa, H. (2006). *Ingeniería Vial (Vol. 1)*. Santo Domingo, República Dominicana: Alianza. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=OcefqXpOiswC&pg=PA5&dq=libros+de+dise%C3%B1o+vial&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjM9q6W-9XwAhVfGFkFHYtXDGIQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=libros%20de%20dise%C3%B1o%20vial&f=true>

- Real Academia Española. (1970). *Diccionario de la Lengua Española*. Madrid: Espasa Calpe S.A.
- Roberto, Á. (2011). *Análisis de la capa de rodadura y su relación con la calidad de vida de los habitantes del sector*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Sisalima Ortega, F. R. (31 de mayo de 2018). Sistema para detección de y conteo vehicular aplicando técnicas de visión artificial . Loja , Loja, Ecuador . Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20892/1/Sisalima%20Ortega%2C%20Fabricio%20Roberto.pdf>
- Solis Jacome, D. (s.f.). “*ESTUDIO DE LA COMUNICACIÓN VIAL AL CENTRO DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LOS*”. Universidad Técnica de Ambato, Ambato .
- Solminihaq, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (1998). *Gestión de Infraestructura Vial*. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Universidad de Sevilla. (2018). Sistema de control de tráfico mediante simulación. 9. Obtenido de https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12012/fichero/3_Introduccion.pdf
- Vargas Cordero, Z. (2009). *LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER*. (Educación, Ed.) San Pedro, Costa Rica. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- Vargas, W., Rincon , M., & Gonzalez, C. (2012). *Ingeniería de Tránsito conceptos Básicos* . Bogotá.

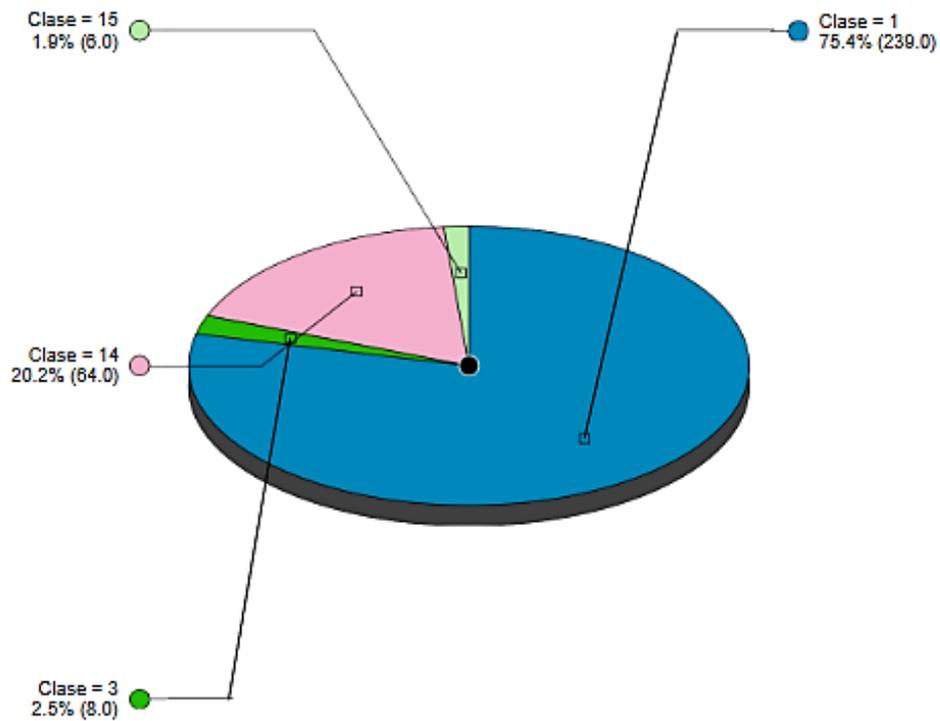
ANEXOS

Anexo 1

Reporte generado por MetroCount de clases de vehículos en gráficas circulares día domingo

Gráfica por Intervalos de Clase

CasiClase-99 (Métrico) Sitio: Rincinada.1.0S
Descripción: Av. Camino a la Rincinada y Julio Lara
Hora del Filtro: 8:00 domingo, 12 de mayo de 2024 => 18:01 domingo, 12 de mayo de 2024
Filtro: Cls(1-12, 14-15) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0) Span#(0 - 100) Carril(0-18)
Esquema: Clasificación Vehicular (VRX)
Total=317

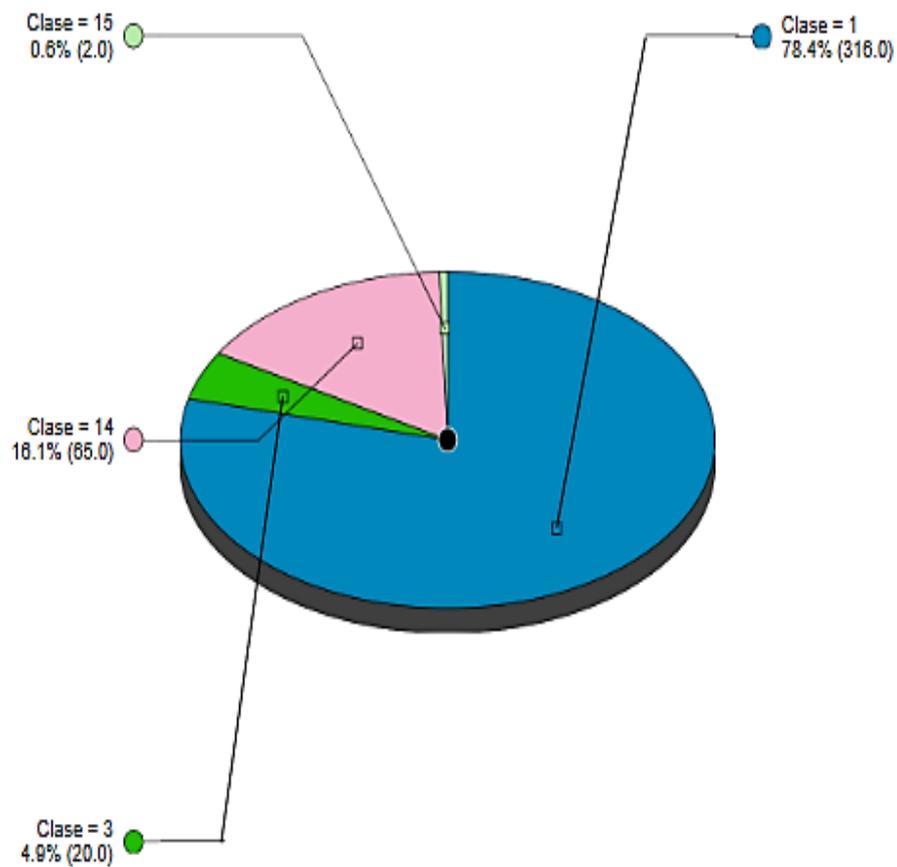


Anexo 2

Reporte generado por MetroCount de clases de vehículos en gráficas circulares día lunes

Gráfica por Intervalos de Clase

CasiClase-131 (Métrico) Sitio: Rincinada.1.0S
Descripción: Av. Camino a la Rincinada y Julio Lara
Hora del Filtro: 8:00 lunes, 08 de mayo de 2024 => 18:01 lunes, 08 de mayo de 2024
Filtro: Cls(1-12, 14-15) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0) Span#(0 - 100) Carril(0-16)
Esquema: Clasificación Vehicular (VRX)
Total=403



Anexo 3

Reporte generado por MetroCount de clases de vehículos en gráficas circulares día martes

Gráfica por Intervalos de Clase

CasiClase-136 (Métrico) Sitio: Rincinada.1.0S
Descripción: Av. Camino a la Rincinada y Julio Lara
Hora del Filtro: 06:00 martes, 07 de mayo de 2024 => 18:01 martes, 07 de mayo de 2024
Filtro: Cls(1-12, 14-15) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0) Span#(0 - 100) Carril(0-16)
Esquema: Clasificación Vehicular (VRX)
Total=338

