

1.1 ANTECEDENTES

El congestionamiento vehicular es un problema propio de las ciudades que sobrepasan cierto límite dentro del ámbito de tráfico vehicular tanto en calles como en carreteras, sean estas ciudades en crecimiento o en vías de desarrollo; cuando el ingreso de nuevos usuarios a una vía supera su capacidad de soportar una circulación fluida del tráfico vehicular se produce congestionamiento.

Se puede decir que el congestionamiento es el medio por el cual se reduce el espacio para circular por ciertas vías a determinadas horas, además de que el congestionamiento es la condición que prevalece, si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás vehículos también aumenta incrementando así la capacidad de la vía.

Con este estudio se pretende solucionar uno de los problemas diarios que más aqueja y amenaza la calidad de circulación en el tramo de Yacuiba a Campo Pajoso, brindando una mejor comodidad a los conductores como a los peatones que circulan por el área de influencia de estudio, mejorando en el proceso y las vías de desarrollo de la ciudad para mejorar la calidad de vida de la población.

También podemos rescatar la importancia que tiene este estudio por ser un documento importante acerca de la relación entre el congestionamiento y los parámetros que lo originan, el mismo que servirá como una guía de consulta para estudios posteriores para posibles mejoras o nuevos diseños de ingeniería y aplicaciones de carácter práctico, de manera que ofrecerá beneficios tanto académicos como sociales determinando mediante la aplicación práctica la determinación de sus parámetros de estudio como ser velocidades, volúmenes, intensidad de tráfico y otros parámetros que nos ayudarán a obtener el estado actual del tráfico vehicular en esa zona.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

a) Situación Problemática

En la actualidad en muchas carreteras del país es difícil una buena circulación de tránsito vehicular, haciendo dificultosa poder transitarla con velocidades adecuadas para carreteras, ocasionando en ellas una serie de problemas como ser accidentes, flujo inestables y capacidades rebasadas, y no es excepción en la carretera de “Yacuiba - Campo Pajoso” en la cual se presentan muchos de estos problemas a diario.

b) Problema

¿Cuál será la incidencia que puede tener una Evaluación de Tráfico Vehicular Pesado en el mejoramiento de circulación Vial en el Tramo de “Yacuiba - Campo Pajoso”?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

a) Objetivo General

Evaluar el flujo del Tráfico vehicular pesado, mediante aforos manuales en el Tramo “Yacuiba – Campo” Pajoso, haciendo uso de los parámetros obtenidos en el estudio, de tal manera se puedan establecer resultados que ayuden a determinar una mejor circulación al Tráfico vehicular en la zona.

b) Objetivos específicos

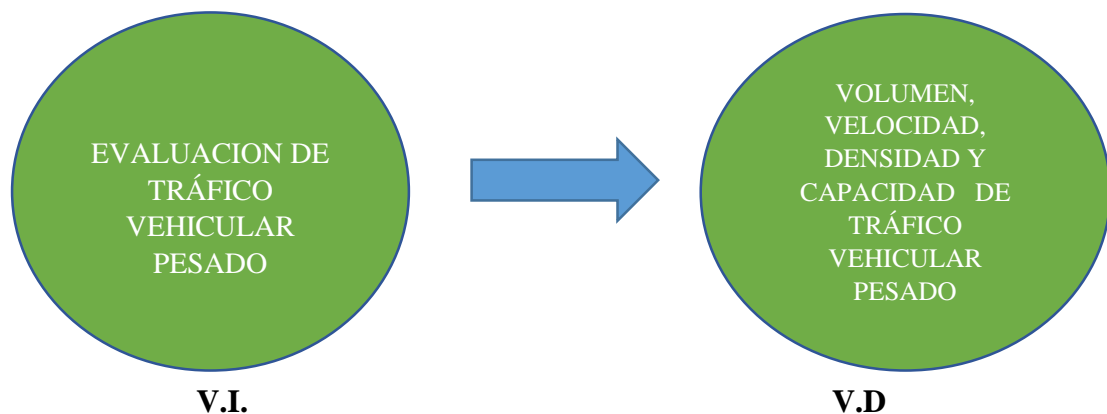
- Elaborar los aforos correspondientes a las horas establecidas teniendo en cuenta los parámetros descritos para dicho estudio.
- Determinar las horas pico, mediante el aforo realizado para volúmenes en las 24 horas del día.
- Determinar el día de mayor demanda y representar mediante gráficas el comportamiento del flujo vehicular pesado durante todo el periodo de estudio.
- Mediante métodos estadísticos realizar un análisis del comportamiento del flujo vehicular pesado en la carretera, en cuanto a parámetros como ser volumen, velocidad, densidad y capacidad.

- Determinar la capacidad y el nivel de servicio de la carretera de estudio para el flujo de vehículos pesados, y de acuerdo a los resultados obtenidos realizar un análisis del comportamiento de como intervienen en el flujo vehicular en la carretera.

1.4 HIPÓTESIS

Si se realiza una evaluación de la Distribución de Tráfico vehicular pesado que circula por el tramo Yacuiba – Campo pajoso se realizará un análisis de Densidad, volumen, velocidad y otros parámetros que ayudaran a determinar el estado actual del flujo vehicular pesado que circula por dicho tramo, en base a los resultados se podrá determinar alternativas que ayudarán a brindar una mejor circulación al flujo vehicular pesado y a los demás vehículos que circulan por la carretera.

1.5 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES Y INDEPENDIENT



1.5.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL

VARIABLES DEPENDIENTES

Evaluación de tráfico vehicular pesado.- Se refiere a una Evaluación de los parámetros característicos empleados en un estudio de Tráfico aplicado a la circulación de Vehículos Pesados en una Vía.

VARIABLES INDEPENDIENTES

Densidad de Tráfico.- Se refiere al número de vehículos que circulan por una determinada calle o carretera en un determinado periodo de tiempo.

Volumen de Tráfico.- El volumen de tráfico de una carretera está determinado por el número y tipo de vehículos que pasan por un punto dado durante un periodo de tiempo específico.

Velocidad de Trafico.-Se refiere al número de vehículos que pasa por una determinada calle o carretera por unidad de tiempo.

1.5.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL

VARIABLES DEPENDIENTES

CUADRO N°1: DEFINICIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR/ACCIÓN
Tráfico Vehicular Pesado	Es el fenómeno causado por el Flujo de vehículos pesados por una, calle o autopista	Evaluación	Practico	Campo
			Teórico	Comprobación Fundamentada

FUENTE: Elaboración propia

CUADRO N°2: DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES

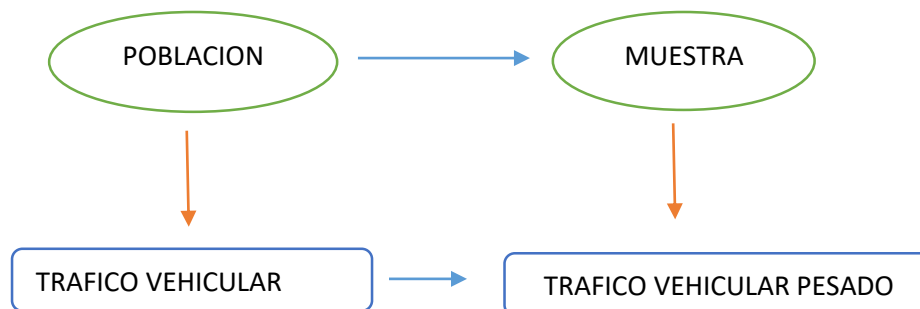
VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR/ACCIÓN
Densidad de Trafico	Se refiere al número de vehículos que circulan por una determinada calle o carretera	Cantidad de Vehículos en un determinado tiempo	Pesados	Tráfico Total
Volumen de Trafico	Se refiere al número de vehículos que circulan por una determinada zona	Volumen de vehículos	Pesados	Bajo, Medio, Alto
Velocidad de Trafico	Se refiere al número de vehículos que circulan por una determinada calle o carretera por unidad de tiempo	Velocidad de circulación	Pesados	Diseño
				Calculada

FUENTE: Elaboración propia

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

1.6.1 COMPONENTES

- **Unidad de Estudio** => EVALUACIÓN
- **Población** => TRÁFICO VEHICULAR
- **Muestra** => TRÁFICO VEHICULAR PESADO



1.6.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

1.6.2.1 MÉTODOS DE AFORO

Existen dos métodos de aforo: el manual y el automático.

- **Automático**

Este tipo de contadores es utilizado cuando se desea datos de más de doce horas continuas del mismo lugar, existen de diferentes tipos, entre los contadores permanentes se encuentran el de contacto eléctrico que consiste en una manguera que al paso del vehículo hace contacto con una tira metálica que cierra el circuito accionándose el dispositivo contador.

Entre los contadores se usa: detectores de radar que compara la señal que envía y recibe si existe diferencia entre estas señales indica el paso de un vehículo magnético al cruzar un campo magnético que es inducido por el aparato y si existe variación señala el paso de un vehículo.

Son limitantes: imposibilidad de poder detectar los movimientos direccionales, así como la clasificación de los vehículos, existen algunos contadores que requieren un costo inicial alto.

- **Manual.-**

Es el procedimiento más simple porque se requiere de una persona con un lápiz anotando en una hoja de campo, con todos los movimientos y/o clasificación de los vehículos, y un acceso puede ser aforado por una sola persona, aunque accesos con volúmenes de tráfico alto se puede usar hasta dos personas para registrar los movimientos vehiculares.

Este método puede resultar más exacto que los automáticos si es que se puede contar con gente capacitada para el trabajo. El inconveniente de este método es el alto costo que resulta y el de usarse en aforos de corta duración.

1.6.2.2 INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

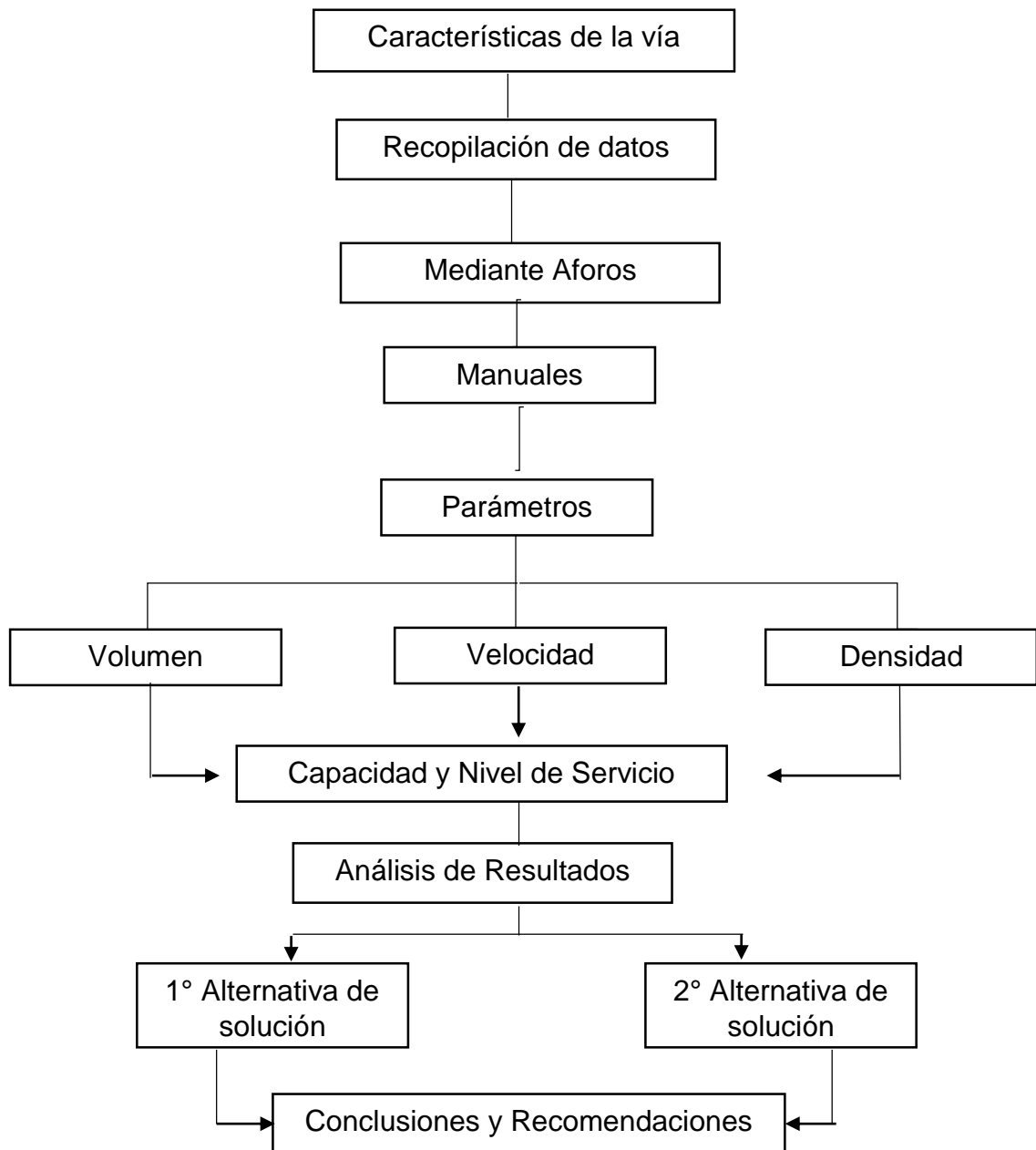
El **cronómetro** es el más utilizado manualmente para registrar velocidades de punto. Que se mide una distancia sobre la vía que se marca con pintura dos rayas sobre el mismo, donde se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrer esa distancia. El cronómetro se pone en marcha cuando las ruedas del vehículo pasa la primera marca y se detiene el cronómetro cuando las ruedas delanteras tocan la segunda marca.

El **flexómetro** es un instrumento de medición el cual es coincido con el nombre de cinta métrica, con la particularidad de que está construido por una delgada cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa metálica o de plástico. En el exterior de esta carcasa se dispone de disponen de un sistema de freno para impedir el enrollado automático de la cinta, y mantener fija alguna medida precisa de esta forma.

El **radar** se trata de un equipo accionado por la batería de un vehículo y que se basa en el principio del radar. El aparato emite ondas de alta frecuencia que rebotan en el vehículo que se acerca. Al regreso de la onda esta es registrada en el mismo aparato el cual de acuerdo con la intensidad de la onda, indica la velocidad del vehículo que se

aproxima, este aparato son utilizados con mayor uso en la policía caminera debido a que gracias este instrumento ellos pueden controlar las velocidades en diferente puntos de control.

1.6.2.3. ESQUEMA DE METODOLOGÍA



1.7 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y LA INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN

1.7.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Media aritmética

Media, número calculado mediante ciertas operaciones a partir de los elementos de un conjunto de números, x_1, x_2, \dots, x_n , y que sirve para representar la media o promedio de las observaciones.

La media aritmética es el resultado de sumar todos los elementos del conjunto y dividir por el número de ellos:

$$\boxed{\text{media aritmética} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}} \quad (1-1)$$

En estadística, la media es una medida de centralización. Se llama media de una distribución estadística a la media aritmética de los valores de las distintas observaciones que lo componen.

- Desviación estándar o típica

Desviación estándar, en estadística, una de las medidas de dispersión. Representa el alejamiento de una serie de números de su valor medio. Se calcula a partir de todas las desviaciones individuales con respecto a la media.

Las desviaciones son las diferencias con respecto a la media. No se puede utilizar una media simple de las desviaciones, porque automáticamente se obtendría un valor de cero (los valores positivos y negativos se cancelan entre sí), y ésta es la razón por la que se recurre a un método más complejo. En la práctica, se promedian los cuadrados de las desviaciones (los cuadrados son siempre positivos). Ésta es la desviación estándar, que se representa normalmente por el símbolo σ (sigma).

Si en una distribución estadística hay n valores, representados por x_i , y su media es entonces las desviaciones son x_i , y la desviación estándar viene dada por la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1-2)$$

La desviación típica o desviación estándar σ es la raíz cuadrada de la varianza:

$$\sigma = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1-3)$$

El par de parámetros formado por la media y la desviación típica (σ) aporta una información suficientemente buena sobre la forma de la distribución.

Dispersión de velocidades, debido a que no todos los vehículos viajan a la misma velocidad existe una dispersión de las velocidades observadas alrededor de la velocidad media que como la distribución de velocidades es aproximadamente normal, se puede definir estadísticamente por la desviación estándar (σ).

Dispersión de volúmenes de tráfico, también al realizar los aforos de volúmenes se producen dispersiones entre las mismas horas de los mismos días ya que los datos recopilados siguen aproximadamente la de una distribución normal. Por lo que se tiene niveles de confiabilidad al igual que las velocidades.

- Nivel de confiabilidad

Desviación estándar, en estadística, una de las medidas de dispersión. Representa el alejamiento de una serie de números de su valor medio, se calcula mediante la siguiente ecuación formulada por Alfa de conbrach:

$$\alpha = \left(\frac{K}{K-1}\right) * \left(1 - \frac{\Sigma si}{\Sigma sTotal}\right) \quad (1-4)$$

K = número de muestras, Σs_i = sumatoria de cada varianza, Σs_{Total} =varianza de la suma de todas la muestras

CUADRO N°3: RANGOS PARA EL NIVEL DE CONFIABILIDAD

RANGOS	MAGNITUD
0.81 -1.00	Muy Alta
0.61 - 0.80	Alta
0.41 - 0.60	Moderada
0.21 - 0.40	Baja
0.01 - 0.20	Muy Baja

FUENTE: Nivel de confiabilidad, Alfa Cron Bach

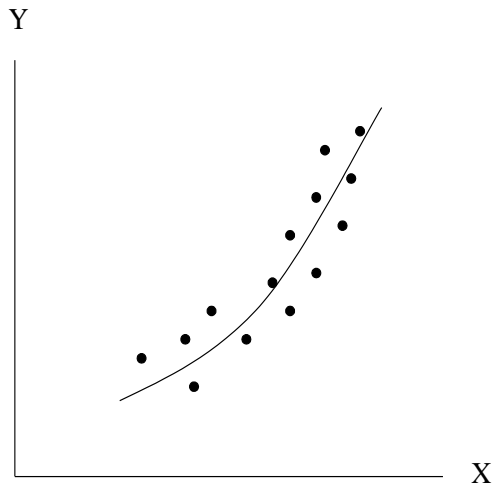
1.7.2 AJUSTE DE CURVAS Y EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

- Ajuste de curvas

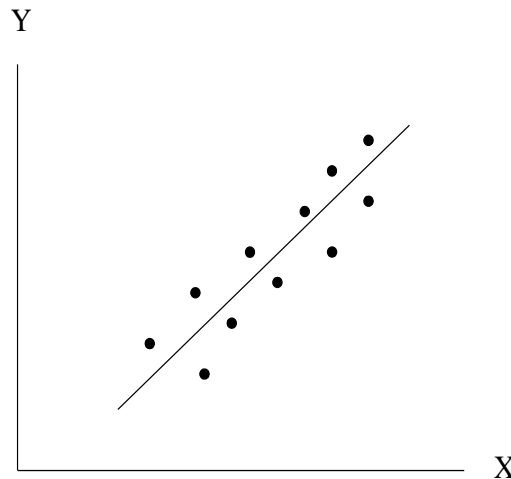
Para hallar una ecuación que relacione las variables, el primer paso a seguir es recolectar datos que muestren valores correspondientes de las variables bajo consideración que son la variable independiente X y la variable dependiente Y con sus respectivos valores X_1, X_2, \dots, X_n y Y_1, Y_2, \dots, Y_n .

Seguidamente se marcan los puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ sobre un sistema de coordenadas rectangulares. El conjunto de puntos se llama diagrama de dispersión.

A partir del diagrama de dispersión es posible, con frecuencia visualizar una curva suave que aproxima los datos. Lo cual se muestra en la figura 1 donde los datos se aproximan más a una línea recta y decimos que hay una **relación lineal** entre las variables. En la figura 2 sin embargo aunque existe una relación entre las variables, no es lineal, y se dice que es una **relación no lineal**.

FIGURA N° 1 RELACIÓN LINEAL

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 2 RELACIÓN NO LINEAL

FUENTE: Elaboración Propia

- Ecuaciones de curvas aproximantes

El problema general de hallar ecuaciones de curvas aproximantes que se ajustan a un conjunto de datos se llama ajuste de curvas. Varios tipos comunes de curvas aproximantes se presentan a continuación donde todas las letras excepto X y Y representan constantes. Las variables X e Y se llaman variable independiente y dependiente.

Línea recta

$$Y = a_0 + a_1X$$

Parábola o curva cuadrática

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$$

Curva cúbica

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3$$

Curva cuártica

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + a_4X^4$$

Curva de grado n

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_nX^n$$

Los lados derechos de las ecuaciones anteriores se llaman polinomios de grado uno, dos, tres, cuatro y n, respectivamente.

- **La recta**

El tipo más sencillo de curva aproximante es una línea recta cuya ecuación se escribe:

$$\boxed{Y = a_0 + a_1X} \quad (1-5)$$

Dados cualesquiera dos puntos (X_1, Y_1) y (X_2, Y_2) sobre la recta, se pueden determinar las constantes a_0 y a_1 . La ecuación así obtenida se puede expresar:

$$\boxed{Y - Y_1 = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) * (X - X_1) \quad \text{o sea} \quad Y - Y_1 = m(X - X_1)} \quad (1-6)$$

Dónde:

$$\boxed{m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}} \quad (1-7)$$

Se llama la pendiente de la recta y representa el cambio en Y dividido por el correspondiente cambio en X. Cuando la ecuación se escribe en la forma de línea recta la constante a_1 es la pendiente m. La constante a_0 que es el valor de Y cuando $X = 0$ se llama la Y- intersección.

1.7.3 TEORÍA DE LA CORRELACIÓN

- **Coefficiente de correlación**

Se entiende por correlación o grado de interconexión entre variables, que describe o explica la relación entre variables de una ecuación lineal o de cualquier otro tipo. Si todos los valores de las variables satisfacen una ecuación exactamente decimos que las variables están perfectamente correlacionadas o que hay correlación perfecta entre ellas.

También hay que insistir en que el valor calculado de r mide el grado de relación con referencia al tipo de ecuación que se adopta, en otras palabras el coeficiente de correlación mide la bondad del ajuste entre (1) **la ecuación adoptada** y (2) **los datos**.

Los valores varían entre -1 y +1, se usan los signos + y – para las correlaciones positivas y negativas. Generalmente los valores no son negativos entonces están entre 0 y 1

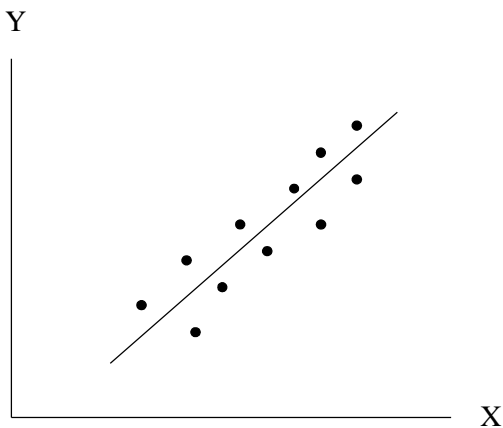
- Cuando es $r = 0$ significa que no hay apenas correlación lineal entre variables, puede haber una fuerte correlación no lineal entre ellas.
- Cuando $r = 1$ o -1 la correlación es alto entre ellas

- **Correlación lineal.-**

Si X y Y son las dos variables en cuestión, un diagrama de dispersión muestra la localización de los puntos (X,Y) sobre un sistema rectangular de coordenadas. Si todos los puntos del diagrama de dispersión parecen estar en una recta como en la figura N°3 y N° 4 la correlación se llama lineal, en todo caso una ecuación lineal es adecuada a efectos de regresión o estimación. Si Y tiende a crecer cuando X crece como en la figura 3 la correlación se dice positiva o directa. Si Y tiende a decrecer cuando X crece como la figura N° 4 la correlación se dice negativa o inversa.

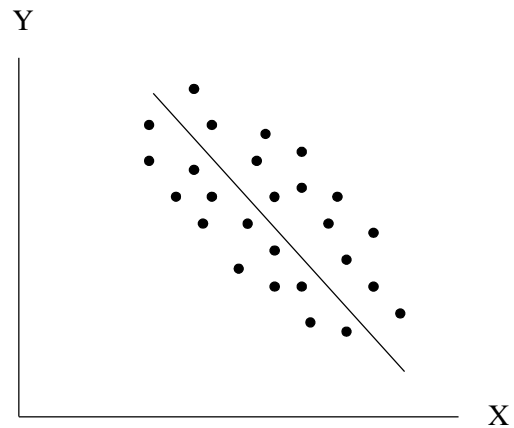
Si no hay relación entre las variables como en la figura N° 5 decimos que no hay correlación entre ellas.

FIGURA N° 3 CORRELACIÓN LINEAL POSITIVA

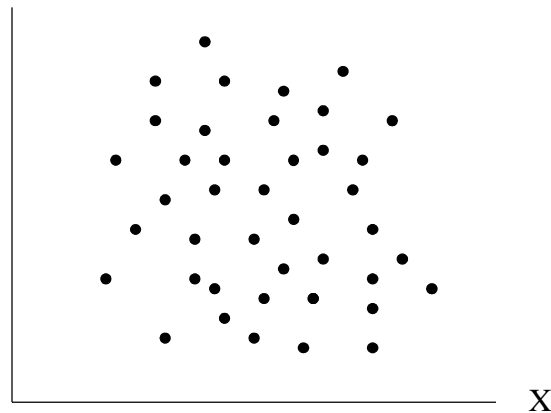


FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 4 CORRELACIÓN LINEAL NEGATIVA



FUENTE: Elaboración Propia

Y **FIGURA N° 5 SIN CORRELACIÓN**

FUENTE: Elaboración Propia

- **Medidas de correlación**

Podemos determinar de forma cualitativa con que precisión describe una curva dada la relación entre variables por observación directa del propio diagrama de dispersión. Por lo que en la figura N° 3 se ve que una recta es mucho más conveniente para describir la relación entre X e Y que para los de la figura N° 5 porque hay menos dispersión relativa a la recta en la figura N° 3

Si hemos de enfrentarnos al problema de la dispersión de datos muestrales respecto de rectas o curvas de modo cuantitativo, será necesario definir medidas de correlación.

- **Fórmulas momento-producto para el coeficiente de correlación lineal**

Si se supone una relación lineal entre dos variables la ecuación es la siguiente:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (1-8)$$

Donde $x = X - \bar{X}$ e $y = Y - \bar{Y}$ esta fórmula que da automáticamente el signo apropiado de r se llama la fórmula momento producto y muestra claramente la simetría entre X y Y.

1.8 ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN

- Se obtendrá los elementos necesarios para la justificación plateándose el problema que se pretende solucionar.
- Se dará a conocer los objetivos, tanto como el objetivo general así como el objetivo específico.
- Se planteará el diseño metodológico para luego definir los factores básicos que intervienen en la evaluación del tráfico vehicular pesado en el respectivo tramo, de los cuales se estudiarán y a su vez se evaluarán volúmenes, velocidades y capacidad vial para su correcta aplicación en la rama de la ingeniería civil.
- Se deberá realizar aforos de los parámetros ya mencionados en las 24 Hrs del día durante una semana tanto en el carril de ingreso como en el carril de salida pudiendo así determinar las horas pico que serán de vital importancia en el análisis de algunos parámetros.
- Se brindará alternativas de solución al problema del tráfico vehicular pensando ante todo en la seguridad de los usuarios como así de su comodidad.
- Finalmente se dará a conocer todas las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos por el análisis y/o evaluación que resultan de los cálculos obtenidos de datos de campo y laboratorio para así en un futuro tomar en cuenta dichas recomendaciones que ayuden a mejorar el funcionamiento y el buen desempeño de la carretera brindando así comodidad y seguridad a los usuarios y las personas que viven en la zona.

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1. VEHÍCULO

En nuestras vías se observan diferentes variedades de vehículos, conforme pasa el tiempo los vehículos que se fabrican varían en sus características que son su peso, dimensiones, maniobrabilidad y la velocidad que tienen como también el número de vehículos que van aumentando cada día es considerable, esto se debe a la tecnología que el hombre ha ido avanzando.

2.1.1.1. TIPOS DE VEHÍCULOS

Los tipos de vehículos que circulan por las vías son: Biciclos, Ligeros, Pesados y Especiales.

Ligeros se encuentran los automóviles, camionetas, jeeps y furgones que transportan de 1 a 9 personas y una carga útil máxima de 2 toneladas respectivamente.

FIGURA N° 6: TIPO DE VEHÍCULO LIGERO



FUENTE: Elaboración Propia

Medianos se encuentran los tractores agrícolas y carros de limpieza como lo son los basureros fabricados para realizar una determinada actividad.

También se pueden clasificar de acuerdo a su capacidad que tienen en livianos, medianos y pesados y de acuerdo al uso que se le dé en públicos y privados en nuestra vialidad.

FIGURA N° 7: TIPO DE VEHÍCULO MEDIANO

FUENTE: Elaboración Propia

Pesados se encuentran los autobuses, camiones, camiones con remolque y camiones tractor con semirremolque que transportan de 1 a 55 personas y carga útil en gran cantidad respectivamente.

FIGURA N° 8: TIPO DE VEHÍCULO PESADO

FUENTE: Elaboración Propia

CUADRO N°4: CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

Servicio	Públicos	Privados
Livianos	automóvil (taxi)	automóvil
		jeep
		vagoneta
		camioneta
		minibús
Medianos	microbús	camiones medianos
		furgones
Pesados	ómnibus	volvo
		volqueta
		camión
		Tractor-camión

FUENTE: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

2.1.1.2 DIMENSIONES Y PESOS

La anchura de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limitan las dimensiones de los vehículos. De la misma manera, estas dimensiones imponen unas características geométricas mínimas a la vía.

La interdependencia entre la vía y el vehículo tiene también lugar en lo referente a los pesos totales o por eje que afectan esencialmente al tipo y resistencia de los pavimentos y a la resistencia de las estructuras el tamaño y el peso de un coche son siempre mucho menores que los de un autobús o un camión y, por tanto, no influyen en aquellas vías destinadas a ser utilizadas por toda clase de vehículos. Sin embargo en vías exclusivamente destinadas a coches como las que pueden ser de acceso, salida o interiores de muchos estacionamientos públicos y privados, es posible admitir características resistentes o geométricas restringidas y limitadas sólo al paso de estos vehículos.

CUADRO N°5 : DIMENSIONES DE VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LA VÍA

Tipo de vehículo	Longitud (m)	Ancho (m)	Capacidad
Liviano público (automóvil)	3,90-4,15	1,45-1,65	4-6 pasajeros
Liviano privado (automóvil, jeep, camioneta, vagoneta, minibús)	4,00-5,50	1,60-2,20	2-9 pasajeros ≤ 2 toneladas
Mediano público (microbús)	7,00-7,50	2,20-2,30	17-21 pasajeros
Mediano privado (camiones medianos, furgones)	7,00-7,50	2,20-2,30	2-3,68 toneladas
Pesado público (ómnibus)	12,50-13,00	2,50-2,60	50-55 pasajeros
Pesado privado (volqueta, camión toyota, camión)	7,00-8,50	2,20-2,40	4-6,44 toneladas

FUENTE: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

2.1.1.3 PESOS Y DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS PESADOS EN EL PROYECTO

- Camión simple largo 14.00 m, altura 4.10 m
- Camión con acoplado largo 20.00 m, altura 4.10 m
- Buses de larga distancia largo 15.0 m, altura 4.5 m

FIGURA N° 9: TIPO DE VEHÍCULO CAMIÓN CON ACOPLADO



FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 10: TIPO DE VEHÍCULO CAMIÓN SIMPLE



FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 11: TIPO DE VEHÍCULO BUS DE LARGA DISTANCIA



FUENTE: Elaboración Propia

2.2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE ESTUDIO

2.2.1. VOLUMEN E INTENSIDAD DE TRÁFICO

El volumen de tráfico vehicular se expresa generalmente en la cantidad de vehículos que pasan por la sección de una vía en un determinado periodo de tiempo, ese volumen de tráfico tiene características espaciales por ocupar un lugar y características temporales porque se observan en un tiempo establecido. El volumen que se determina se considera los que circulan en un solo sentido o en ambos sentidos.

La intensidad es la cantidad de vehículos que pasan en una fracción de hora donde el tráfico vehicular es más intenso.

La unidad del volumen es expresada en (veh/hr).

- Volumen de tráfico promedio diario (TPD)

El volumen de tráfico promedio diario es el número total de vehículos que pasan durante 24 horas o días completos igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

De acuerdo al número de días del periodo se presentan los siguientes volúmenes de tráfico promedio diarios:

Tráfico promedio diario anual

$$\boxed{TPDA = \frac{TA}{365}} \quad (2-1)$$

Tráfico promedio diario mensual

$$\boxed{TPDM = \frac{TM}{30}} \quad (2-2)$$

Tráfico promedio diario semanal

$$\boxed{TPDS = \frac{TS}{7}} \quad (2-3)$$

- **Volumen de tráfico promedio horario (tph)**

El volumen de tráfico promedio horario es el número total de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo, dividido entre el valor de ese periodo de tiempo en horas.

2.2.1.1. MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO

Determinar la cantidad de vehículos ya sean horarios o diarios, es una necesidad dentro de la ingeniería de tráfico por lo tanto desde el inicio de esta ciencia se han buscado métodos que se adecúen a la realidad de cada estudio y a las posibilidades que se tengan de realizar los mismos. Existen dos tipos marcados de aforamiento que son los métodos manuales y los métodos automáticos.

- **Métodos Manuales**

Son aquéllos en los cuales se considera que el conteo de vehículos va a ser realizado en forma manual por uno o varios observadores quienes en base a una planilla preestablecida realicen el conteo de vehículos en un punto de aforo definido y en tiempos determinados.

La desventaja de este método es que es muy lento, trabajoso y con posibilidades de tener errores personales, además de tener un costo elevado por la cantidad de personal necesario.

La ventaja de este método está en que el aforamiento puede ser más completo y tomando en cuenta varias variables como ser tipo de vehículos, número de ejes, tipo de vehículos por servicio (Comerciales, de servicio público, particulares, de carga, etc.)

- **Métodos Automáticos**

Los métodos automáticos son aquellos que han tratado de aminorar los costos, la cantidad de personal y la precisión de información sobre el número de vehículos registrados en un punto. Se ha tenido una evolución respecto a estos métodos en función a los equipos que se han ido utilizando, una primera de realizar automáticamente el aforo fue mediante las membranas eléctricas que fueron colocadas transversal al eje de la calle o carretera que ante el paso de los vehículos producían un impulso eléctrico el cual estaba conectado a un contador que avanzaba en cada impulso. Esta metodología es utilizada hasta ahora teniendo la ventaja de que puede realizarse conteos diarios u horarios pero con la desventaja de que no muestra la composición del tráfico ni las características del mismo.

Para mejorar este sistema luego han sido creados los bucles magnéticos que estaban colocados como un lazo transversal a la calzada de la calle o carretera y estos también conectados a un contador y en los últimos modelos a un ordenador, la ventaja de este sistema es que los bucles estaban calibrados para un determinado peso, por lo tanto el paso de diferentes tipos de vehículos ya estaba diferenciado y podía formarse su composición aunque en principio tenía el defecto de no diferenciar el número de ejes que posteriormente fue solucionado colocando dos bucles continuos por lo tanto ya intervenía la longitud del vehículo que está en relación directa al número de ejes.

2.2.1.2. COMPOSICIÓN DEL VOLUMEN

Si bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o, calle en periodos de tiempo definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículo que circulen en ese periodo de tiempo entendiéndose como la composición del tráfico.

Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en vehículos livianos, medianos y de alto tonelaje o pesados, entendiéndose en livianos por automóviles, camionetas jeeps y otros que generalmente están compuestos de 2 ejes y 4 ruedas.

Generalmente los medianos representados buses de mediano tonelaje como ser micros y camiones pequeños diferenciándose por la capacidad de pasajeros o carga que puedan transportar este tipo de vehículos.

En el tipo Pesados, se tendrá vehículos de alto tonelaje diferenciándose de acuerdo al número de ejes o ruedas y al tipo y cantidad de carga que puedan soportar

Este tipo de la clasificación de la composición no es rígida pudiendo establecerse la más adecuada para un proyecto en particular de una carretera.

Es necesario conocer los porcentajes de cada tipo de vehículos que circulan para analizar los efectos que éstos producen como ser: el porcentaje de vehículos pesados que ejercerán una disminución de la capacidad de una ruta reducirán las velocidades de circulación requerirán mayor espacio para las maniobras.

2.2.1.3. PERIODO DE RECUESTO

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento de acuerdo a la periodicidad.

- a) Permanente
- b) Periódicos
- c) De tiempo específico

a) Recuentos permanentes

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales. Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en concesión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico. Esto obviamente obliga a tener un presupuesto destinado al registro de valores de tráfico.

b) Recuento periódico

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establece que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores contables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año. Estos recuentos periódicos a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

c) Recuento de tiempo específico

La ejecución de estudios de diseño de carreteras, diseño de trazos urbanos evaluación de carreteras ya existentes, evaluación de trazos urbanos, estudios de variantes y ampliaciones por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector del trazo urbano definido se establece que recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su información para correlacionar con los ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día en ese tiempo específico y procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año se elegirán la época más adecuada más significativa.

2.2.2. VELOCIDAD

La velocidad es el espacio que recorre un vehículo y el tiempo que tarda en recorrerlo. La velocidad es variable que depende de las características mismas del vehículo, del conductor, de la vía, del volumen vehicular que se encuentra circulando y las condiciones atmosféricas. Se puede decir que un vehículo que circula a grandes velocidades ahorra un tiempo es decir que la distancia recorrida es la misma pero sufre variaciones en el tiempo.

La unidad de la velocidad es expresada en (km/hr).

La velocidad de los vehículos está afectada por las características y estado de la vía, volumen y composición del tráfico, condiciones climatológicas y otros factores diversos que varían con el tiempo y el lugar.

- Velocidad de punto

Llamada también velocidad instantánea es la velocidad con la que un vehículo pasa por un determinado punto de la vía.

Estos estudios tienen como propósito calcular el valor y la distribución de la velocidad de todos (conjunto) los vehículos que circulan por un lugar determinado bajo las condiciones imperantes en el momento de hacer el estudio.

Las características de la velocidad de punto tienen muchas aplicaciones en la ingeniería de tráfico en las cuales pueden ser:

- En la determinación de tendencias de la velocidad que pueden ser específicas por tipo de vehículo
- Establecer límites de velocidad tanto máxima como mínima
- Indicar la velocidad segura en curvas como en intersecciones
- Establecer longitudes de zonas de rebase prohibido
- Analizar zonas de protección para peatones en escuelas y universidades

- **Velocidad de recorrido total**

Llamada también velocidad de viaje es la distancia que recorre desde el inicio hasta el final del viaje entre el tiempo total de recorrido correspondiente. El tiempo total de recorrido incluye los tiempos de demora ya sea por disminución de velocidad y paradas a causa del volumen de tráfico en circulación y los dispositivos de control. Al realizar estudios de velocidad de recorrido total es necesario medir los tiempos de recorrido y de las demoras.

El estudio de estos tiempos se realiza con el siguiente propósito:

- Evaluar la eficiencia de una vía
- Estimar el consumo de combustible
- Determinar los lugares donde se retrasan más los vehículos y las causas de estos retrasos
- Estos tiempos de recorrido se usan para tomar ciertas medidas de control en el tráfico como es prohibir los estacionamientos y coordinar señales.

- **Velocidad de cruceo**

Llamada también velocidad de marcha que resulta de dividir la distancia que recorre el vehículo entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Ese tiempo de marcha es un periodo de tiempo durante el cual un vehículo se encuentra en movimiento y no así ese tiempo que se tiene debido a las paradas o esperas a causa de la existencia de semáforos.

Al realizar estudios de velocidad de cruceo nos determinan la calidad del movimiento vehicular a lo largo de la ruta.

- **Velocidad media temporal**

Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos o un cierto grupo de vehículos, que pasan por una sección específica (punto) de una vía urbana o rural durante un intervalo de tiempo seleccionado. Por lo tanto se tiene una distribución temporal de velocidades de punto.

Para datos de velocidades de punto no agrupados se tiene la siguiente expresión que se define como:

$$\overline{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \quad (2-4)$$

Donde:

V_t = velocidad media temporal

V_i = velocidad del vehículo i

n = número total de vehículos observados

Para datos de velocidades de punto agrupados se tiene:

$$\overline{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^m f_i * V_i}{n} \quad (2-5)$$

Donde:

m = número de grupos de velocidad

f_i = número de vehículos en el grupo de velocidad i

V_i = velocidad de punto del grupo i

- **Velocidad de proyecto**

Llamada también velocidad directriz es la seleccionada para proyectar las características físicas de una vía que influyen en el movimiento de los vehículos. La velocidad de proyecto es la velocidad máxima a la cual los vehículos individuales pueden circular en un tramo de vía.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la categoría de la futura vía, de la magnitud del volumen de tráfico, de la topografía de la región, del uso del suelo y de

la disponibilidad de los recursos económicos (a mayor velocidad mayor costo de la obra).

Al proyectar un tramo de una vía es conveniente, aunque no siempre factible mantener un valor constante para la velocidad de proyecto. Pero debido a los cambios de topografía que se presentan, se pueden usar diferentes velocidades de proyecto para distintos tramos.

2.2.2.1. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE VELOCIDADES

Los métodos de medición de velocidades de punto son las siguientes:

- Métodos manuales (cronómetro)
- Métodos automáticos (radar)

También para medir la velocidad de recorrido total como la velocidad de cruce se utilizan métodos manuales, el instrumento para estas mediciones es el cronómetro que en todo caso se necesitarían dos cronómetros uno para medir el tiempo de recorrido y el otro para medir la duración de las demoras. Es importante tener un cronómetro que mida el tiempo en segundos y décimas de segundos.

- Métodos manuales

El **cronómetro** es el más utilizado manualmente para registrar velocidades de punto. Que se mide una distancia sobre la vía que se marca con pintura dos rayas sobre el mismo, donde se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrer esa distancia. El cronómetro se pone en marcha cuando las ruedas del vehículo pasan la primera marca y se detiene el cronómetro cuando las ruedas delanteras tocan la segunda marca.

La distancia que se medirá está determinada por la visibilidad, las características físicas de la vía y la velocidad general de los vehículos que se observan. Estas distancias por lo general están entre (20-100) metros de longitud. Al realizar mediante este método la medición de los tiempos, en las observaciones se pueden cometer errores de paralaje, los cuales se pueden evitar mediante el uso de enoscopios.

FIGURA N° 12: CRONÓMETRO



FUENTE: www.google.com/instrumentosdemedicion

- Métodos automáticos

El **radar** se trata de un equipo accionado por la batería de un vehículo y que se basa en el principio del radar. El aparato emite ondas de alta frecuencia que rebotan en el vehículo que se acerca. Al regreso de la onda está es registrada en el mismo aparato el cual de acuerdo con la intensidad de la onda, indica la velocidad del vehículo que se aproxima. La medida de velocidades con radar no es fácil cuando el volumen de tráfico es elevado, en cuyo caso es difícil distinguir un vehículo de otro y por otra parte cuando en el campo del aparato hay varios vehículos, siempre señala aquel la velocidad del más rápido.

Estos instrumentos mecánicos contribuyen a evitar los errores causados por el tiempo de reacción del observador cuando estos son realizados manualmente.

FIGURA N° 13: RADAR



FUENTE: www.google.com/instrumentosdemedicion

2.2.3. DENSIDAD

La densidad de tráfico es la cantidad de vehículos que en un instante dado se encuentran en una vía por unidad de longitud. La unidad de la densidad es expresada en (veh/km).

La densidad puede alcanzar un valor máximo cuando todos los vehículos están parados en fila, sin huecos entre ellos. En estas condiciones a los vehículos les resultaría imposible moverse incluso a pequeña velocidad sin chocar unos con otros.

La densidad de tráfico influye de forma directa en la calidad de la circulación ya que al aumentar la densidad resulta más difícil mantener la velocidad que el conductor desea y este se ve obligado a realizar un mayor número de maniobras (cambios de carril, aceleraciones y frenados) lo que hace la conducción más incomoda. Si la densidad se acerca a su valor máximo, se circula muy lentamente con frecuentes paradas y arranques. Por ello la densidad se utiliza como variable definitoria del nivel de calidad de la circulación en una vía, al estudiar el nivel de servicio en ella.

- Medición de la densidad (k)

Es el número N, de vehículos que ocupan una longitud específica d, de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), ya sea referido a un carril o todos los carriles de una calzada.

$$\boxed{k = \frac{N}{d}} \quad (2-6)$$

- Determinación de la densidad

La densidad se puede determinar mediante la siguiente correlación que se lo conoce como la ecuación fundamental del tráfico vehicular, se lo expresa de la siguiente manera:

$$\boxed{V = v * k} \quad (2-7)$$

Donde:

V = volumen (Veh/Hr)

v = velocidad (Km/Hr)

k = densidad (Veh/Km)

2.2.4. CAPACIDAD

Se define a la capacidad vehicular como el número de vehículos máximo que pasa por una sección de una calle o carretera en un periodo de tiempo que puede ser normalmente horario o diario y que razonablemente puede esperarse que pasen por dicho tramo de camino o calle.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

- Factores de influencia

En la Capacidad.- Existen varios factores que influyen y reducen la capacidad de las calles, de entre ellas la mayoría de las normas han hecho énfasis de las tres más importantes que son:

- Vehículos pesados
- Movimientos de giro (izquierda y derecha)

En el Nivel de Servicio de los factores que afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc.

Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

- Capacidad en vías ininterrumpidas

Las corrientes vehiculares ininterrumpidas sólo suelen circular en autopistas, carreteras y en ciertos tramos de caminos rurales comunes que no están afectados por la influencia de intersecciones a nivel. Sin embargo, aun en esas vías ciertas condiciones propias de ellas y del tráfico pueden causar interrupciones en la corriente normal. No obstante, cuando se efectúa un estudio sobre capacidad de vías resulta esencial conocer la capacidad de las mismas para conducir corrientes vehiculares ininterrumpidas, a fin de poder aplicar luego ciertas deducciones correspondientes a circunstancias que causan interrupciones en la corriente.

2.2.5. NIVELES DE SERVICIO

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de Nivel de Servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De acuerdo al manual de Capacidades de carretera de 1985, Special Report 209, del TRB14, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España⁴⁹, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F.

- ***Nivel de servicio A:***

Se define a una condición de flujo libre con volúmenes bajos y altas velocidades. Ninguna restricción para realizar maniobras y los conductores pueden mantener las velocidades deseadas, con poco o ningún retraso.

- ***Nivel de servicio B:***

Es aquel que tiene flujo estable con velocidades de operación que empiezan a verse algo restringidas. Los conductores tienen todavía una razonable libertad para seleccionar su velocidad y carril de circulación.

- *Nivel de servicio C:*

Este nivel todavía está en la zona de flujo estable pero las condiciones y la maniobrabilidad están más controladas a causa de los mayores volúmenes. La mayoría de los conductores ven restringida su libertad de elegir su propia velocidad, cambio de carril o sobrepaso. Sin embargo todavía se obtiene una velocidad de operación relativamente satisfactoria. Este nivel de servicio ha sido asociado a los volúmenes de servicio usados en la práctica para diseño.

- *Nivel de servicio D:*

Se acerca a un flujo inestable manteniendo las velocidades de operación tolerables. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones pueden causar caídas de las velocidades de operación. Los conductores tienen poca facilidad para maniobrar y poco confort.

- *Nivel de servicio E:*

Se acerca más al flujo inestable con velocidades menores que el nivel D con volúmenes cercanos a la capacidad de la carretera. El flujo es inestable y puede haber detenciones de duración momentánea.

Define una operación forzada del flujo a baja velocidad donde los volúmenes están por debajo de la capacidad estas condiciones son las resultantes de colas de vehículos detrás de una restricción de maniobras. En el límite tanto la velocidad como el volumen pueden bajar a 0 creándose el congestionamiento.

2.2.6 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

El procedimiento para el cálculo de las capacidades y niveles de servicio de las carreteras de dos carriles, que con fines ilustrativos se describe a continuación se basa en la metodología indicada en el manual de capacidad de carreteras SIECA en su versión 2004.

1.- resumen de los datos de estudio de tránsito y de las características de la carretera

- Volumen de tránsito en las horas pico (veh por hora)
- Factor de horas pico FHP

- Composición del tránsito (vehículos livianos o recreativos, Vehículos medianos y vehículos pesados).
- Distribución direccional del tránsito.
- Tipo de terreno conocido por observación o resultados de estudio preliminar.
- Ancho de carril y Bermas en (m), dimensiones de alternativas del estudio.
- Velocidades (Km/ Hr)

2.- El cálculo del nivel de servicio se realiza mediante la sgte. Formula

$$S_{fi} = 2800 * (V/C) * f_d * f_w * f_{hv} \quad (2-8)$$

Donde:

S_{fi} : Volumen del servicio para el nivel de servicio seleccionado

2800= factor para flujo de vehículos ideal en ambos sentidos

f_d : factor de distribución direccional del tránsito

f_w : factor para ancho de carril y bermas

f_{hv} : factor de vehículos pesados

3.- El factor de vehículos pesados para cada nivel de servicio se calcula con la sgte.

Formula:

$$f_{hv} = 1 / [1 + PT(ET-1) + PB(EB-1) + PR(ER-1)] \quad (2-9)$$

Donde ET es la equivalencias en automóviles para camiones pesados, EB para vehículos medianos y autobuses y ER para vehículos recreativos o livianos, son tomadas del manual de capacidades para carreteras SIECA edición 2004 que se presentaran a continuación, los factores PT, PB Y PC corresponden a la fracción decimal de la proporción de vehículos livianos, medianos y pesados del volumen de tránsito total.

CUADRO N° 6: NIVEL DE SERVICIO (V/C) PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

Nivel de Servicio (NS)	Terreno plano						Terreno Ondulado						Terreno Montañoso					
	Restricción de paso, %						Restricción de paso, %						Restricción de paso, %					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

FUENTE: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

CUADRO N°7: FACTORES DE AJUSTE POR DISTRIBUCIÓN EN CARRETERAS DE DOS CARRILES

Separación Direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

FUENTE: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

CUADRO N° 8: FACTORES DE HORA PICO (FHP) PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

Volumen Horario (vehiculos/hora)	FHP
100	0.83
200	0.87
300	0.90
400	0.91
500	0.91
600	0.92
700	0.92
800-900	0.93
1000-1400	0.94
1500-1800	0.95
1900	0.96

FUENTE: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

**CUADRO N° 9: FACTORES DE AJUSTE POR EFECTO COMBINADO DE
CARRILES ANGOSTOS Y HOMBROS (BERMAS) RESTRINGIDOS,
CARRETERA DE DOS CARRILES**

Hombro (m)	Carril de 3.65m		Carril de 3.35m		Carril de 3.05m		Carril de 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

FUENTE: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

**CUADRO N° 10: AUTOMÓVILES EQUIVALENTES POR CAMIONES Y
AUTOBUSES EN FUNCIÓN AL TIPO DE TERRENO, CARRETERAS DE DOS
CARRILES**

Tipo de Vehículo	NS	Tipo de Terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5

FUENTE: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

2.3. RELACIÓN DE PARÁMETROS FUNDAMENTALES

2.3.1. RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD-VOLUMEN

A un aumento de volumen corresponde una reducción de la velocidad media hasta llegar a un punto de densidad crítica que corresponde al máximo volumen. A partir de este punto decrecen ambas: velocidad e volumen.

Este comportamiento se observa en tramos completos mejor que en secciones aisladas y cuanto más largo sean los tramos, los resultados son de mayor consistencia. La velocidad media se deduce del conjunto de las velocidades de cada vehículo que son menos dispersas a medida que la densidad es más alta.

La velocidad depende también de otros factores, independientes del volumen, y que son función unas veces de la vía, características geométrica, control de sus accesos y otras de agentes externos como las condiciones atmosféricas.

La relación velocidad media-volumen en condiciones de circulación continua o ininterrumpida puede representarse por una curva. En condiciones de circulación interrumpida o discontinua que son normales por ejemplo en vías urbanas con semáforos es difícil establecer la relación volumen-velocidad. La velocidad está condicionada por factores muy distintos, límites de velocidad, progresión de los semáforos o capacidad de intersecciones próximas. Los resultados obtenidos son poco consistentes.

2.3.2 RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD-DENSIDAD

Aunque la densidad número de vehículos por una determinada longitud es un valor instantáneo, puede también expresarse como el valor medio de varias situaciones sucesivas.

La relación de velocidad-densidad es similar a la relación velocidad-volumen en la parte de la curva en que la circulación es estable. Una vez pasado el punto crítico, la densidad continua aumentando, mientras el volumen decrece. La relación velocidad-densidad puede representarse en forma lineal con un grado de correlación aceptable para vías con accesos controlados: en calles sin control de accesos parece que se ajusta mejor una curva con alguna concavidad, para densidades comprendidas entre 15 y 100 vehículos por kilómetro.

En un estudio realizado en la universidad de Yale sobre las relaciones entre densidad, volumen y velocidad, se llegó a la conclusión de que la corriente de tráfico puede encontrarse en tres situaciones distintas: circulación normal, inestable y forzada pudiendo definirse cada zona en términos de probabilidad. La densidad define así el grado de inestabilidad de tráfico. En el caso de corrientes de tráfico discontinuas, los resultados que se obtienen son similares.

2.3.3 RELACIÓN ENTRE VOLUMEN-DENSIDAD

La relación entre el volumen de circulación y la densidad tiene forma aproximada de parábola de eje vertical, si la densidad se representa en el eje de abscisas y con el vértice en la parte superior.

La densidad crítica es decir aquella para la que se alcanza la máxima capacidad varia con el tipo de carretera habiéndose observado que cuando las características de esta son más favorables, los conductores tienden a mantener intervalos más reducidos. En las condiciones americanas las densidades críticas se sitúan entre 35 y 45 vehículos por kilómetro de carril.

Hasta llegar a valores próximos a la densidad crítica, a un aumento de densidad corresponde un incremento en volumen, pero no exactamente proporcional, pues los conductores al crecer la densidad van reajustando las velocidades. Al llegar al mínimo intervalo tolerable, que corresponde a la densidad crítica, un aumento de la densidad solo se consigue reduciendo considerablemente la velocidad y consecuentemente, el volumen baja. Cuando se alcanza una situación de congestión y se reduce el volumen, si los vehículos continúan llegando al tramo congestionado en mayor medida que salen de el, se producen acumulaciones que originan una onda de congestión que avanza en sentido contrario a la marcha de los vehículos. Aunque la causa que produjo la congestión haya desaparecido, la acumulación de vehículos creada por ella puede mantener la congestión durante un tiempo considerable, que a veces llega a ser de más de una hora y afectar a tramos que pueden alcanzar algunos kilómetros de longitud.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

A partir de los datos de volúmenes recopilados directamente del tramo de estudio seguido de un respectivo análisis se pudo determinar el volumen máximo de vehículos por día de toda la semana el cual corresponde a 845 vehículos del día lunes.

Mediante un análisis de velocidad al flujo vehicular pesado se pudo determinar que al encontrarse en tránsito libre sólo para este tipo de vehículos las velocidades aumentan durante toda la trayectoria del día aumentando en un incremento del 15 %.

A partir de los datos de volúmenes recopilados directamente del tramo de estudio seguido de un respectivo análisis se pudo determinar que la hora pico o de máxima demanda vehicular para vehículos pesados, corresponde a las horas 5 a.m. a 6 a.m.

De los cálculos realizados para la determinación de la capacidad de la carretera para vehículos pesados se pudo determinar la capacidad para diferentes tipos de niveles de servicio los cuales nos brindan para un nivel satisfactorio de circulación un rango de 39 a 108 vehículos pesados por Hora tanto para el carril de entrada como para el carril de salida.

Al resultado obtenido para el nivel de servicio de la carretera en su estado actual de tráfico se pudo determinar un nivel de servicio "D" el cual se acerca a un flujo inestable manteniendo las velocidades de operación tolerables. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones pueden causar caídas de las velocidades de operación.

Mediante un análisis estadístico de todos los datos tomados directamente de campo se tanto en velocidades de punto, como de volúmenes mediante la fórmula de la desviación estándar y el método de Alfa Cronbach se obtuvo un nivel de confiabilidad del 78.43 % de todos los datos.

De los aforos y cantidad de observaciones realizados en el tramo de estudio se pudo determinar que la mayor parte de vehículos que circula por la zona son de tipo ligero y mediano a comparación de los vehículos tipo pesado que aun así forman una menor parte de la cantidad que representa no deja de ser significativa en el comportamiento de la vía.

Del análisis de la primera alternativa se pudo observar, que al mantener el flujo de vehículos pesados en la vía distribuyendo de manera equitativa las horas más críticas donde mayor cantidad de volumen presenta, y pasándolo a horas de menor cantidad de volumen, la capacidad de la vía mejora y su vez el nivel de servicio, presentando un costo de 414446.83 Bs.

Después del análisis de la segunda alternativa de solución, se pudo observar que al retirar del tramo el movimiento de vehículos pesados, se redujo la calidad y el nivel de servicio del tramo haciendo que este mejore de un nivel de servicio D a un nivel de servicio "C" permitiendo así llevar el flujo vehicular a una zona más estable, permitiendo mayor comodidad tanto a los vehículos como a los transeúntes disminuyendo volúmenes permitiendo así obtener un mejor servicio para la carretera.

En función a distintas características y parámetros que se presentaron en las dos propuestas, se tomará como mejor alternativa de solución a la propuesta número 1, esto en base a que presenta mejoras en los rendimientos en cuanto a; volumen, velocidad y capacidad de servicio, teniendo en cuenta que presenta una diferencia bastante representativa en cuanto a costo, además tendrá que realizarse un trabajo con mayor esfuerzo en cuanto a concientización social, ya que al restringir el paso de vehículos pesados por el tramo, será un cambio bastante incomodo para el usuario en un principio, presentando mejoras y mayor comodidad de transitabilidad.

4.2. RECOMENDACIONES

Se deben realizar un análisis muy minucioso en cuanto a las relaciones de los principales parámetros como ser volúmenes, velocidades y densidades de los cuales nos brindarán resultados de cómo se comparta el tráfico en nuestro lugar de estudio.

El tiempo necesario para recopilar la información debe ser lo suficiente para que las observaciones sean representativas y se tengan las características reales del flujo vehicular en el tramo en estudio.

Es muy importante y necesario en un estudio de tráfico realizar los aforos durante el periodo de las 24 horas del día para así poder determinar las horas de máxima demanda o también llamada hora pico.

Al realizar un estudio en un determinado tramo es necesario identificar el punto más crítico donde existan las variaciones más notables, esto para facilitar y reducir al operador los puntos de aforo.

Puede ser de mucha ayuda contar con datos de gestiones anteriores con el cual se pueda realizar una comparación de los datos y así tener una estimado de lo que se pretende obtener en cuanto a resultados.

Es necesario realizar una depuración de todos los datos obtenidos en campo para así procesarlos y mediante métodos estadísticos obtener datos más confiables para el procedimiento de los cálculos y resultados.

Para todo estudio de tráfico es necesario contar con la cantidad de personas necesarias y los instrumentos necesarios para el trabajo debido a que es un estudio muy moroso en el cual se debe de trabajar con la mayor precisión posible.