

1.1 Antecedentes

El acelerado crecimiento poblacional de la ciudad de Tarija, registrado en las últimas gestiones ha generado un crecimiento vehicular que no se ha previsto.

Desde la Dirección de Ingresos del Gobierno Municipal, su directora, Miriam Estrada, explicó que, coincidiendo con Tránsito, existe un parque automotor registrado de unos 38 mil motorizados, y señaló que existen unas 3.800 motocicletas también registradas, vale decir, que cuentan con su respectiva placa de control.

Sobre cuál sería la cantidad de motorizados que se incrementaron en relación al año 2009, la funcionaria municipal señaló que, al contar con controles anuales, el año pasado se registraron unos 36 mil 104 motorizados mientras que hasta fin de año se estima que se sobrepase los 38 mil, lo que podría significar que existe un incremento cercano a los dos mil motorizados por año.

Tránsito

Para el director del Organismo Operativo de Tránsito, coronel Grover Baldivieso, los más de 38 mil motorizados, registrados en su base de datos, rebasaron la capacidad de las vías tarijeñas, sin tomar en cuenta aquellos denominados “chutos” o indocumentados, que también circulan por la ciudad, engrosando la cantidad de automóviles y motocicletas en la capital.

El crecimiento del parque automotor ha crecido sin previa planificación del crecimiento urbano de la ciudad lo que implica un planificado crecimiento en el equipamiento vial urbano.

Cuando se construyeron las primeras calles se pensó que dadas sus características geométricas y las limitaciones de excesos de acceso no sería necesario utilizar en sus intersecciones más que las señalizaciones horizontales y verticales.

Tarija no cuenta con un plan a proyección futura ya que no se ve que se realicen obras para mejorar los problemas de congestionamiento ya que las nuevas urbanizaciones y calles siguen teniendo las mismas características que las actuales por lo que se tendrán los mismos problemas en otros sectores.

1.2 Justificación

La realidad se ha encargado de demostrar que precisamente las grandes intensidades de tráfico que pueden soportar, las calles del casco viejo de la ciudad de Tarija necesitan,

requieren de un nuevo ciclo de tiempos en sus semáforos para poder de esta manera tratar de descongestionar estas calles.

El uso creciente que se hace de las calles del casco viejo de la ciudad de Tarija ha hecho que muchos tramos estén funcionando a plena capacidad provocando así largas colas delante de los semáforos.

La finalidad de éste proyecto es contribuir de manera operativa en el área de tráfico, pretendiendo alcanzar beneficios de carácter técnico con la implementación de nuevos tiempos en el ciclo de semáforos existentes que cumplan con requerimientos, normas y especificaciones para dicho propósito, logrando así una mejor circulación vial.

Debido a que la intensidad de tráfico es grande y que no se puede recurrir a un paso a desnivel debido al alto costo que tendría además de la geometría del lugar nace la idea de rediseñar los tiempos de ciclo de Semaforización para evitar en lo posible que los vehículos se vean obligados a detenerse en los distintos semáforos sucesivos.

En el año 2010 se redujo el ancho de calzada de la calle Sucre. Por lo que se tomara como calle principal para este proyecto dicha calle por consecuencia se analizaran las calles perpendiculares que comprenden las siguientes intersecciones.

Con el presente proyecto se contribuirá en la solución del congestionamiento que existe en el casco viejo de la ciudad de Tarija, además que si fuera el caso se podrá buscar un financiamiento para lograr nuestro objetivo general, contribuyendo así a la ciudadanía tarijeña.

Con este proyecto se pretende profundizar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria, poniendo en práctica los conceptos aprendidos por los docentes en especial la asignatura de tráfico.

Además cabe recalcar que el proyecto tiene como finalidad concientizar que se debe realizar estudios periódicos y tener registros para poder enfrentar de manera adecuada a los problemas actuales y venideros.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Para evitar en lo posible que los vehículos lleguen a detenerse en los distintos semáforos sucesivos se pretende rediseñar los tiempos del ciclo del sistema de semaforización en el casco viejo de la ciudad de Tarija.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado de conocimiento sobre semaforización.
- Obtener información del lugar actual
- Determinar y/o obtener información del ciclo actual.
- Ubicar el área de estudio.
- Encontrar los volúmenes de tráfico actuales realizando un seguimiento en las intersecciones involucradas en el área de estudio para dar una solución.
- Proyectar los volúmenes actuales para un tiempo futuro
- Definir el tipo de flujo principal o secundario que tiene cada intersección.
- Definir nuevos tiempos ciclos para los semáforos instalados en el área de estudio.
- Determinar el desfase según el sentido de tránsito respectivo.
- Adecuar y coordinar los nuevos tiempos ciclos al sistema actual de funcionamiento.

1.4 Alcance

El proyecto a realizarse se encuentra en la ciudad de Tarija en el llamado casco viejo de la ciudad. La calle sucre es una de las calles principales de ingreso hacia el centro de la ciudad de Tarija, lo cual la convierte en una vía de alto tráfico, encontrándose dificultades para ingresar desde la calle virginio Lema hacia el centro del casco viejo, causando al mismo tiempo la detención de vehículos por algunos minutos que obstaculizan la fluidez, y consecuentemente reducen la capacidad vial por convertirse en tráfico forzado y discontinuo.

La calle sucre consta de un carril, un sentido, por lo que el ingreso desde la misma genera dificultades en la operación del tránsito vehicular. La preocupación por la circulación en esa arteria de la ciudad no es nueva porque se estima que diariamente circulan aproximadamente 380 veh/hora. La situación se agrava porque los semáforos no están adaptados de acuerdo a las características reales que presenta esa calle.

El sistema con el que se encuentran operando los semáforos es antiguo y no fueron readecuados con las nuevas exigencias del tráfico vehicular los tiempos no satisfacen a la demanda actual por lo que se sugiere tomar acciones rápidas para solucionar el problema generado por los semáforos en el casco viejo de la ciudad de Tarija.

Para conocer el tráfico, es necesario realizar un diagnóstico del tráfico actual y sus proyecciones a futuro, cuyos resultados están íntimamente ligados con la determinación del área de influencia, la recolección de la información y encuestas de campo, y el procesamiento de toda esta información. A partir de estos valores, se estimarán las proyecciones del tráfico a futuro.

Con este proyecto se pretende establecer nuevos tiempos ciclos. El diseño de fases debe incorporar además de su número la eliminación y/o disminución de conflictos, también su secuencia, ya que ésta afectará la duración de los entreverdes.

La entreverde es el período que va desde que termina la verde para el movimiento que pierde el derecho a vía, hasta el inicio de la verde para el movimiento siguiente en la secuencia de fases. Está compuesto por un tiempo de amarillo y un período rojo - rojo (o todo rojo), que puede existir o no.

El período de amarillo es obligatorio en el entreverde y significa que un vehículo que lo enfrenta debe detenerse, si alcanza a hacerlo

1.5 Metodología

- Recurrir al lugar de estudio para visualizar los puntos de estudio.
- Realizar aforos manuales para determinar las horas picos

Teniendo ya establecido los puntos críticos de estudio, en cada uno de ellos se efectuara el correspondiente aforo vehicular direccional - selectivo para la hora pico, adoptándose como tal hora, aquella en la que se supone existe el mayor flujo vehicular

- Definir el flujo principal y secundario
- Establecer los tiempos actuales de los semáforos.
- Para establecer los tiempos actuales en las calles de estudio se usaran cronómetros y un plano para tomar nota del funcionamiento de los semáforos encontrados en las intersecciones.
- Medir la velocidad en cada una de las cuadras
- Tomar las distancias longitudinales de cada cuadra del área de estudio.
- Procesamiento de aforos vehiculares
- Realizar el trabajo de gabinete con toda la bibliografía que se tenga a disposición

2.1. ESTUDIOS PRELIMINARES

El flujo vehicular en el casco viejo de la ciudad de Tarija es variable ya que depende de varios factores puesto que en su alrededor se encuentran colegios, bancos, restaurantes, el mercado central y otros.

Debido a que tenemos un gran porcentaje de comerciantes de todo tipo esto hace que cada intersección sea variable ya que las mismas calles están definidas por el uso frecuente de los peatones y conductores en el diario vivir.

Se toma como parámetro la calle Sucre para dar inicio a este proyecto puesto que se redujo la calzada que anteriormente contaba con 7.3 metros hoy tiene una sección transversal de 3.5 m. si antes podían circular dos flujos hoy transita uno solo por la calle sucre.

Para la elección de las intersecciones a realizar se realizó un análisis comparativo visual.

Los datos principales que se utilizaran para la obtención de todos los cálculos son el aforo de volumen y los tiempos que tarda en recorrer un vehículo en cada tramo del área de estudio.

Debido a la magnitud del proyecto se contrató gente que se capacitó previamente para la obtención de los datos de manera más confiable y verídico.

Para el proyecto se inicia con la determinación de las horas pico, para ello se toma los datos en un punto seleccionado (sucre – ingavi) durante 16 horas registrando los valores cada media hora.

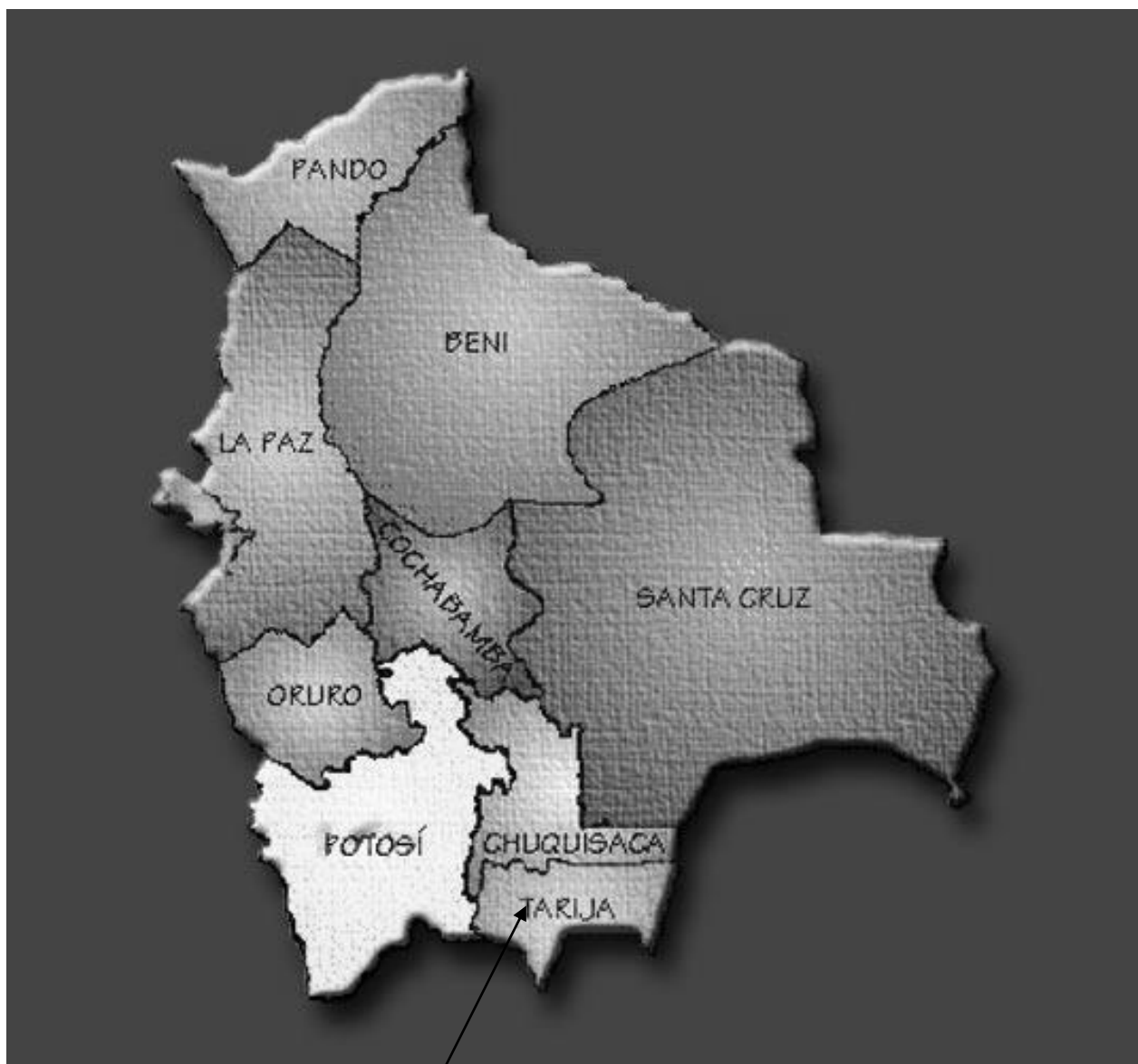
Teniendo las horas picos se tomara los datos en las horas ya establecidas para obtener la media aritmética, desviación estándar y realizar la depuración correspondiente para encontrar el volumen promedio horario.

Con los resultados se procede a diseñar el dimensionamiento de los ciclos de la semaforización y la elección del sistema a utilizar.

2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está ubicado en Bolivia en la ciudad de Tarija, la provincia de Cercado en el centro de la ciudad el área de estudio comprende desde la calle general trigo horizontalmente hasta la calle Daniel Campos, verticalmente desde la calle Corrado hasta la Calle 15 de Abril.

EN BOLIVIA



UBICACIÓN DEL
UBICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO



2.3 RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende de:

- 18 intersecciones de las cuales solo 17 se encuentran semaforizadas
- La dimensión de sus calles son geométricamente iguales
- El ancho de acceso en las distintas intersecciones son variables



INTERSECCION	CALLE A			CALLE B			CICLO SEG
	R	V	A	R	V	A	

GRAL TRIGO - CORRADO	20	18	2	18	20	2	40
GRAL TRIGO - DOMINGO PAZ	22	16	2	16	22	2	40
GRAL TRIGO - BOLIVAR	16	18	2	18	16	2	36
GRAL TRIGO - INGAVI	20	14	2	14	20	2	36
GRAL TRIGO - MADRID	18	16	2	16	18	2	36
GRAL TRIGO - 15 DE ABRIL	16	18	2	18	16	2	36
SUCRE - CORRADO	22	16	2	16	22	2	40
SUCRE - DOMINGO PAZ	18	20	2	20	18	2	40
SUCRE - BOLIVAR	16	18	2	18	16	2	36
SUCRE - INGAVI	20	14	2	14	20	2	36
SUCRE - MADRID	16	18	2	18	16	2	36
SUCRE - 15 DE ABRIL	18	16	2	16	18	2	36
DANIEL CAMPOS - CORRADO							
DANIEL CAMPOS - DOMINGO PAZ	16	18	2	18	16	2	36
DANIEL CAMPOS - BOLIVAR	20	14	2	14	20	2	36
DANIEL CAMPOS - INGAVI	18	16	2	16	18	2	36
DANIEL CAMPOS - MADRID	16	18	2	18	16	2	36
DANIEL CAMPOS - 15 DE ABRIL	18	16	2	16	18	2	36

Tabla1.1 Tiempos ciclos actuales

INTERSECCION	SEMAFORO	Nº SEMAFORO	DISTANCIA(m)	
			A	B
GRAL TRIGO - CORRADO	SI	51	72,0	77,0
GRAL TRIGO - DOMINGO PAZ	SI	52	78,3	77,0
GRAL TRIGO - BOLIVAR	SI	53	71,0	75,5
GRAL TRIGO - INGAVI	SI	54	73,0	73,5
GRAL TRIGO - MADRID	SI	55	73,0	55,0
GRAL TRIGO - 15 DE ABRIL	SI	56	76,0	75,0
SUCRE - CORRADO	SI	50	97,0	82,0
SUCRE - DOMINGO PAZ	SI	49	72,0	73,0
SUCRE - BOLIVAR	SI	48	74,0	71,5
SUCRE - INGAVI	SI	47	72,0	72,0
SUCRE - MADRID	SI	46	73,5	75,0
SUCRE - 15 DE ABRIL	SI	45	75,0	76,0
DANIEL CAMPOS - CORRADO	NO		70,0	79,0
DANIEL CAMPOS - DOMINGO PAZ	SI	38	117,5	77,5
DANIEL CAMPOS - BOLIVAR	SI	39	75,0	64,0
DANIEL CAMPOS - INGAVI	SI	40	65,0	71,0
DANIEL CAMPOS - MADRID	SI	41	76,0	77,0
DANIEL CAMPOS - 15 DE ABRIL	SI	42	75,0	76,0

Tabla 1.2 numero, situación y distancia de intersecciones

2.3 ELEMENTOS Y VOLUMEN DE TRANSITO.

ELEMENTOS DEL TRANSITO.

La aparición del tránsito se remonta a los orígenes mismos del hombre, cuando para desplazarse de un lugar a otro formo veredas, al domesticar a las bestias de carga amplio las veredas a brechas, con el paso del tiempo aparece la rueda y con esta las carretas y carruajes, sé amplio la capacidad de transporte y las brechas ceden su lugar a caminos rudimentarios. Desde estas épocas comienzan a manifestarse los efectos del tránsito como producto de la interacción del camino mismo y los usuarios y peatones.

Hacen su aparición los vehículos automotores y las primeras carreteras, los vehículos evolucionan rápidamente, se hacen más potentes, más veloces y aparecen explosivamente en todo el mundo. Como consecuencia de esto último se acentúan los problemas de tránsito y se realizan las primeras investigaciones. En un principio se involucro el elemento humano como principal responsable en los conflictos de tránsito; en la actualidad se han establecido como elementos del tránsito los siguientes.

Usuarios. El peatón El pasajero El conductor El vehículo. El camino.

2.3.1 VOLUMEN DE TRANSITO.

Se define volumen de tráfico, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Se expresa como:

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

Donde:

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

N= Número Total de vehículos que pasan (vehículos)

T= Periodo determinado (unidad de tiempo)

2.3.2. TIPOS DE VOLUMEN DE TRANSITO

Específicamente, dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, estos se utilizan para clasificar los tipo de volúmenes.

2.3.2.1. Los volúmenes de tránsito anual (TA).- Es el número total de vehículos que pasan durante un año.

Determina los patrones de viaje sobre áreas geográficas

Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras

Calcular índices de accidentes

Indicar a las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de cuota.

2.3.2.2 Los volúmenes de tránsito promedio diario (TPD).- Es el número total de vehículos promedio que pasan durante una semana. ($T = 1$ semana)

Medir la demanda actual en calles y carreteras

Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial

Definir el sistema arterial de calles

Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes

Programar mejoras capitales

2.3.2.3. Los volúmenes de tránsito horario (TH).- Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso $T = 1$ hora

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:

- Volumen horario máximo anual (VHMA).- Es el máximo volumen de horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.
- Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).- Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.
- Volumen Horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH).- Es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19, y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina volumen horario de la 10ª, 20ª y 30ª hora de Máximo volumen.
- Volumen Horario de proyecto (VHP).- Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de

vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que se pueda dar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

El volumen de tránsito horario es la cantidad de movilizaciones que pasan en una hora, dependiendo del tipo de tráfico para su determinación se deben realizar aforos los cuales indicaran la cantidad de vehículos que pasan en una determinada hora

Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.

Proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones.

2.3.2.4. Las tasas de flujo (q).- Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso, $T < 1$

Analizar flujos máximos

Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda

Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito

Analizar las características de los volúmenes máximos

2.3.3 USO DE LOS VOLUMENES DE TRANSITO

a. Se usan para planificación, programación o solución de tasa de accidentes.

b. Volúmenes clasificados (por tipo de vehículo, número de ejes y/o peso)

c. Vehículos durante periodos especializados de tiempo (hora pico)

De una manera general, los datos sobre los volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos

2.3.3.1 Planeación

Clasificación sistemática de redes de carreteras

Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito

Modelos de asignación y distribución de tránsito

Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades

Análisis económicos

Estimación de la calidad del aire

Estimaciones del consumo de combustibles.

2.3.3.2 Proyecto

Aplicación a normas de proyecto geométrico

Requerimientos de nuevas carreteras

Análisis estructural de superficies de rodamiento.

2.3.3.3. Ingeniería de Transito

Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades

Caracterización de flujos vehiculares

Zonificación de velocidades

Necesidades de dispositivos para el control de transito

Estudio de estacionamiento

2.3.3.4 Seguridad

Cálculo de índices de accidentes y mortalidad

Evaluación de mejoras por seguridad

2.3.3.5. Investigación

Nuevas metodologías sobre capacidad

Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad

Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de transito

Estudios de antes y después

Estudios sobre el medio ambiente y la energía

2.3.3.6 Usos Comerciales

Hoteles y restaurantes

Urbanismo

Autoservicios

Actividades recreacionales y deportivas

2.3.3 VARIACIONES DE LOS VOLÚMENES DE TRANSITO.

El transito que circula por una infraestructura vial no es uniforme a través del tiempo ni con respecto al espacio, ya que hay variaciones de un mes a otro, variaciones diarias, variaciones horarias, variaciones en intervalos de tiempo menor a la hora y variaciones en

la distribución del tránsito en los carriles. Estas variaciones son el reflejo de las actividades sociales y económicas de la zona en estudio.

Es de suma importancia considerar estas fluctuaciones en la demanda del tránsito si se desea que las infraestructuras viales sean capaces de dar cabida a las demandas vehiculares máximas.

Cuando no se puede modificar la estructura de la vía (su geometría) es necesario recurrir a otro tipo de soluciones como ser el mejoramiento del sistema de los semáforos con la realización de los aforos respectivos para determinar qué factores se van a considerar en el estudio.

2.3.4 DETERMINACION DE HORAS PICO

INTERSECCION : CALLE SUCRE ESQ.
INGAVI

HORAS	CALLE SUCRE		CALLE INGAVI		SUCRE	INGAVI
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO IZQ		
7:00 - 7:30	70	15	85	18	85	103
7:30 - 8:00	89	27	100	29	116	129
8:00 - 8:30	104	59	115	24	163	139
8:30 - 9:00	145	48	137	32	193	169
9:00 - 9:30	103	52	108	31	155	139
9:30 - 10:00	100	45	103	30	145	133
10:00 - 10:30	115	50	120	36	165	156
10:30 - 11:00	125	57	134	24	182	158
11:00 - 11:30	97	68	119	23	165	142
11:30 - 12:00	123	68	126	26	191	152
12:00 - 12:30	111	55	112	14	166	126
12:30 - 13:00	133	46	144	36	179	180

13:00 - 13:30	82	27	91	31	109	122
13:30 - 14:00	76	11	73	10	87	83
14:00 - 14:30	110	25	127	17	135	144
14:30 - 15:00	110	58	122	15	168	137
15:00 - 15:30	100	59	120	43	159	163
15:30 - 16:00	105	45	110	35	150	145
16:00 - 16:30	108	43	110	29	151	139
16:30 - 17:00	100	65	105	30	165	135
17:00 - 17:30	96	58	122	26	154	148
17:30 - 18:00	113	60	125	27	173	152
18:00 - 18:30	110	58	142	23	168	165
18:30 - 19:00	115	67	114	27	182	141
19:00 - 19:30	102	66	112	34	168	146
19:30 - 20:00	94	67	136	26	161	162
20:00 - 20:30	80	20	90	30	100	120
20 :30 - 21:00	50	15	55	13	65	68

**Cuadro 2.1 volúmenes de tránsito en intersección
Sucre – Ingavi**

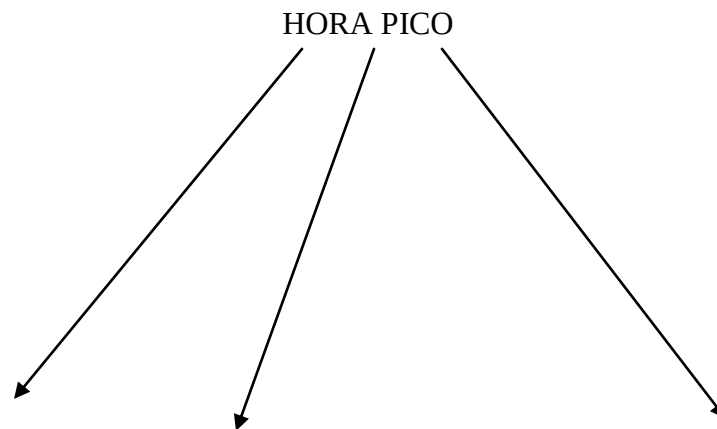
INTERSECCION: CALLE SUCRE ESQ. INGAVI

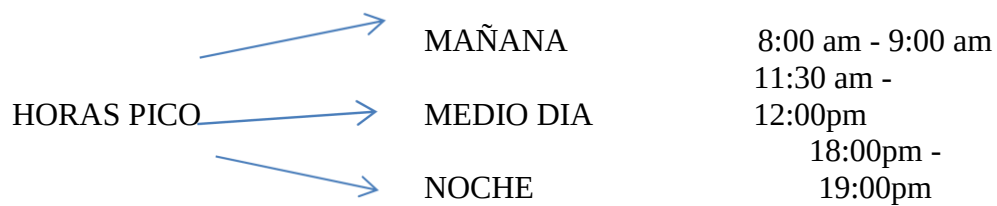
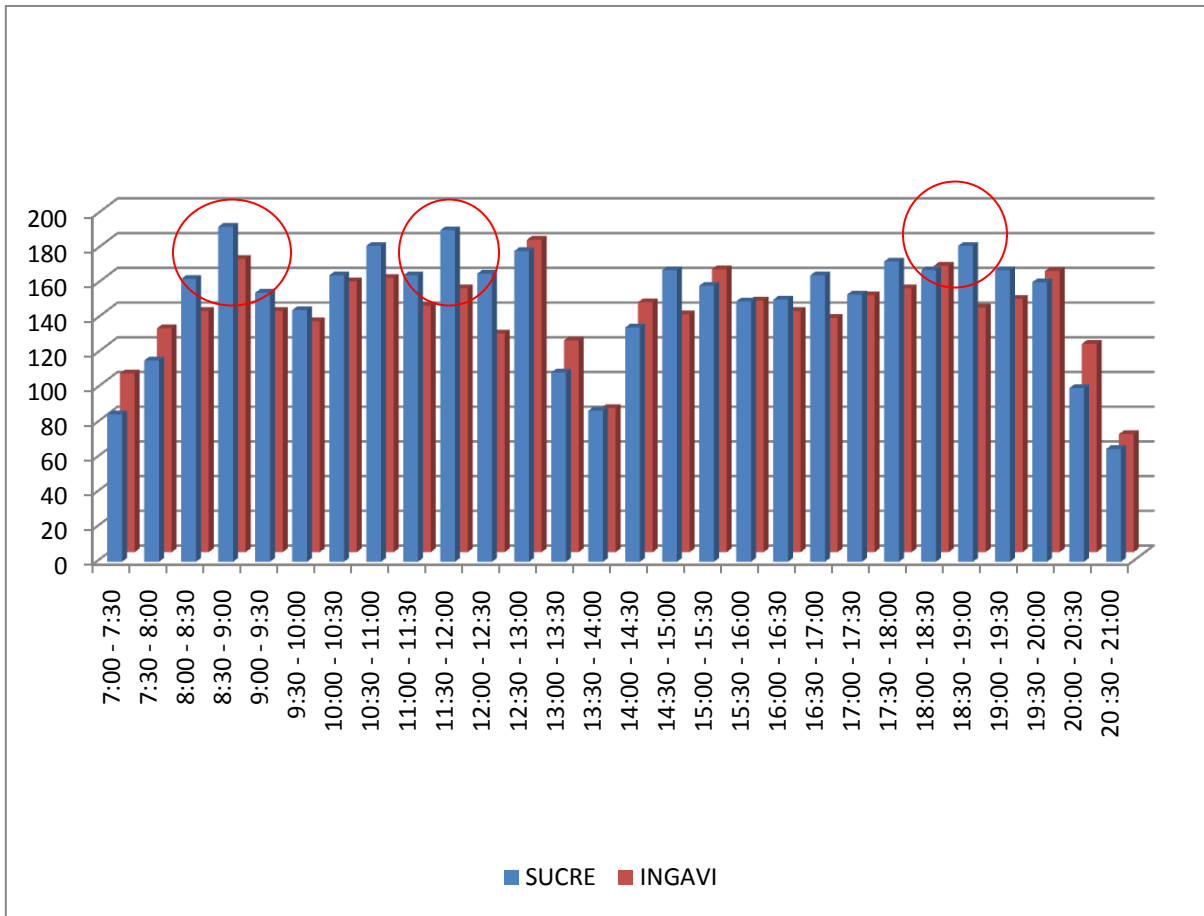
HORAS	SUCRE	INGAVI
7:00 - 7:30	85	103
7:30 - 8:00	116	129
8:00 - 8:30	163	139
8:30 - 9:00	193	169
9:00 - 9:30	155	139
9:30 - 10:00	145	133
10:00 - 10:30	165	156
10:30 - 11:00	182	158
11:00 - 11:30	165	142
11:30 - 12:00	191	152
12:00 - 12:30	166	126
12:30 - 13:00	179	180
13:00 - 13:30	109	122
13:30 - 14:00	87	83
14:00 - 14:30	135	144
14:30 - 15:00	168	137
15:00 - 15:30	159	163
15:30 - 16:00	150	145

16:00 - 16:30	151	139
16:30 - 17:00	165	135
17:00 - 17:30	154	148
17:30 - 18:00	173	152
18:00 - 18:30	168	165
18:30 - 19:00	182	141
19:00 - 19:30	168	146
19:30 - 20:00	161	162
20:00 - 20:30	100	120
20 :30 - 21:00	65	68

**Cuadro 2.2 volúmenes totales para la determinación
de horas pico en intersección Sucre – Ingavi**

HISTOGRAMA





2.3.5 AFORO DE VOLUMEN DE TRANSITO

Contadores Mecánicos: Contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

Contadores Portátiles: Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil. Entre sus ventajas se cuentan: una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo. Entre sus desventajas se cuentan: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores (en particular los de tubo neumático) cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas.

Aforos Manuales: Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados. La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas. El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales. Durante periodos de tránsito alto, es necesaria más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

La periodicidad con que se debe realizarse los estudios, son estudios determinados o puntuales de un proyecto o son parte de un control permanente de tráfico lo ideal es estudiar los volúmenes de tráfico todos los días del año, y en los días por lo menos 12 15 horas al día sin embargo esto implica tener un buen equipo de aforadores y procesadores de datos lo cual no siempre es disponible en las instituciones relacionados a este tema por ello se establece que para estudios cortos debe ser de 3 horas del día generalmente horas pico, horas críticas y durante tres meses si se quiere acortar la duración de los registros a un mes se tendrá que aumentar las horas y días de aforo.

La ventaja de un registro manual está en que no solo se puede hacer un conteo de los vehículos numérico sino con composición vehicular e inclusive con características especiales para un proyecto especial no es posible para un aforo automático.

La desventaja que requiere mucho personal y por lo tanto mayor costo económico lo que restringe el uso del trabajo de aforo manual.

Para este proyecto se conto con 5 personas que aforaron durante 15 minutos tres veces al día, tres días por semana durante un mes teniendo un numero de 12 datos por intersección. Los datos obtenidos se refieren a intensidades de trafico que para que sean volúmenes de trafico se debe de multiplicar por un factor de tiempo en este caso 4, después de realizar esta multiplicación se procede a la depuración de datos.

Programación de los Aforos: El número de horas de aforo varía con el método usado y el propósito. Los contadores mecánicos pueden estar contando las 24 horas del día. Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Aforos por periodos de tiempo de 16 horas, proveen más información. Por lo general, para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves) a menos que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana.

Por lo general aforos realizados con incrementos de tiempo de 15 minutos son suficientes. Sin embargo, algunas veces es necesario efectuar aforos en intervalos menores para el diseño de carriles de giro y para cálculo de tiempos de semáforos. Aforos de Cordón Se entiende por este tipo de aforos a la contabilización de todos los vehículos y las personas que entran o salen de una zona (área acordonada) durante un día típico. Este tipo de estudio se usa para:

Apoyar el desarrollo de estacionamientos adecuados

Proveer las bases para la evaluación y la introducción de técnicas operacionales de tránsito (dispositivos de control, reglamentos, etc.).

Como apoyo a las compañías de transporte público, para que estas ajusten sus servicios a las necesidades del área.

Como apoyo a la policía de tránsito, en planificar actividades selectivas de vigilancia.

2.3.6 DEPURACION DE DATOS DE VOLUMEN DE TRÁFICO

En toda muestra estadística que se realice se debe calcular la dispersión de datos es decir entre que valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor obtenido en los aforos de cada punto y tramo.

Para obtener este rango se procede a ordenar todos los datos, encontrar la media aritmética, la desviación estándar y se define el rango de depuración.

MEDIA ARITMETICA

$$X = \sum_{i=0}^n \frac{x}{n}$$

Donde

X= media aritmética

x = valor de observación

n= numero de datos

DESVIACION ESTANDAR

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(x-X)^2}{n}}$$

σ = Desviación estándar

X= media aritmética

x = valor de observación

n= numero de datos

El rango se define en la siguiente ecuación: $r = X + \sigma$

$$r = X - \sigma$$

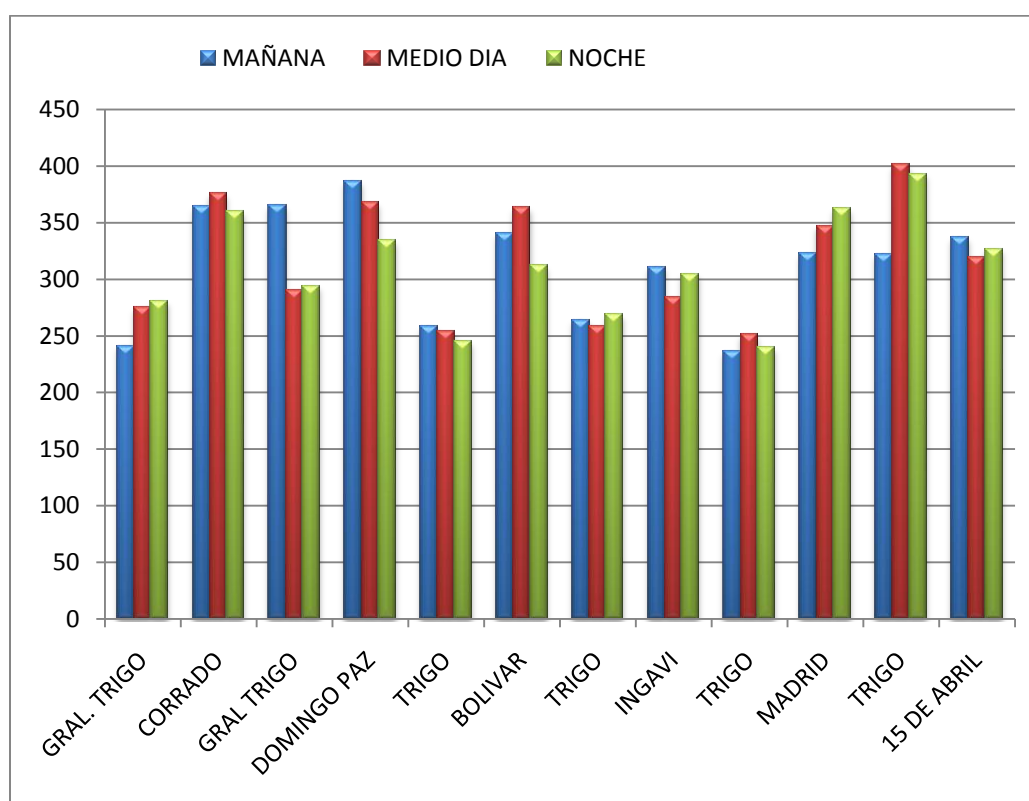
Desechando todos los datos que no estén comprendidos entre ese rango.

Gral.trigo

CALLES	VOLUMEN (Veh/h)			
	SENTIDO	MAÑANA	TARDE	NOCHE
GRAL. TRIGO	A	241	275	281
CORRADO	B	364	376	360
GRAL. TRIGO	A	365	290	294
DOMINGO PAZ	B	386	368	334
GRAL. TRIGO	A	258	254	245
BOLIVAR	B	340	363	312
GRAL. TRIGO	A	264	258	269
INGAVI	B	311	284	305
GRAL. TRIGO	A	236	251	240
MADRID	B	323	347	362
GRAL. TRIGO	A	322	401	393

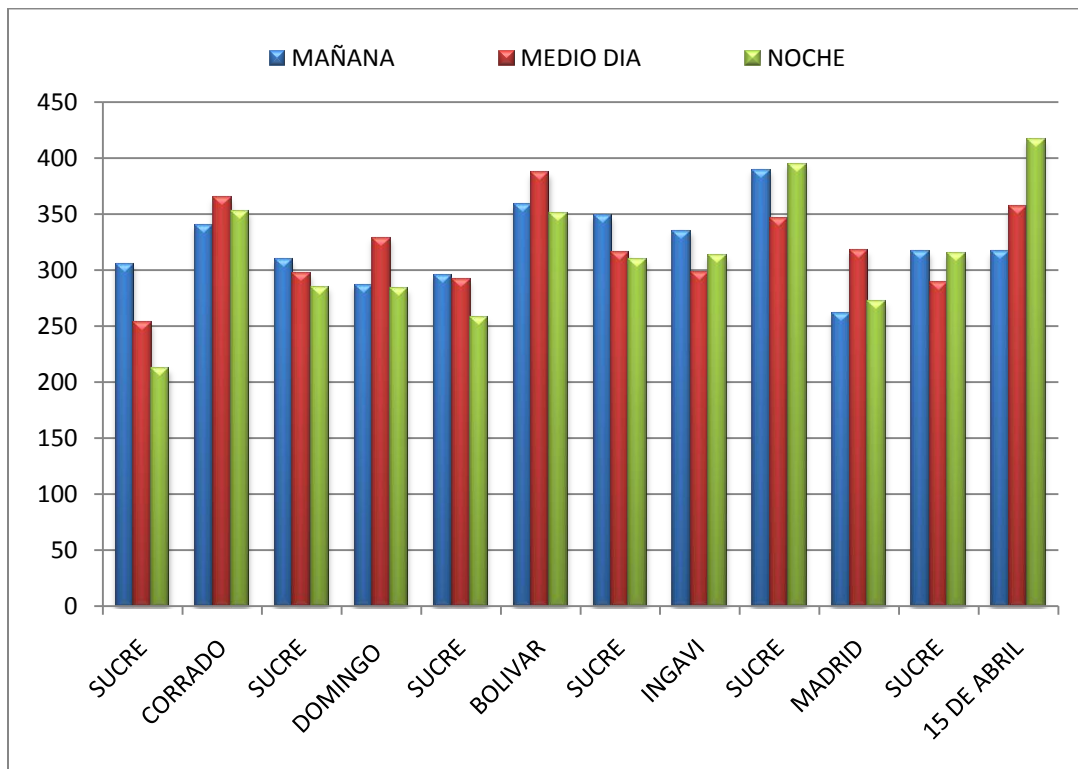
15 DE ABRIL	B	337	319	327
-------------	---	-----	-----	-----

CALLES	VOLUMEN (Veh/h)
--------	-----------------



Sucre

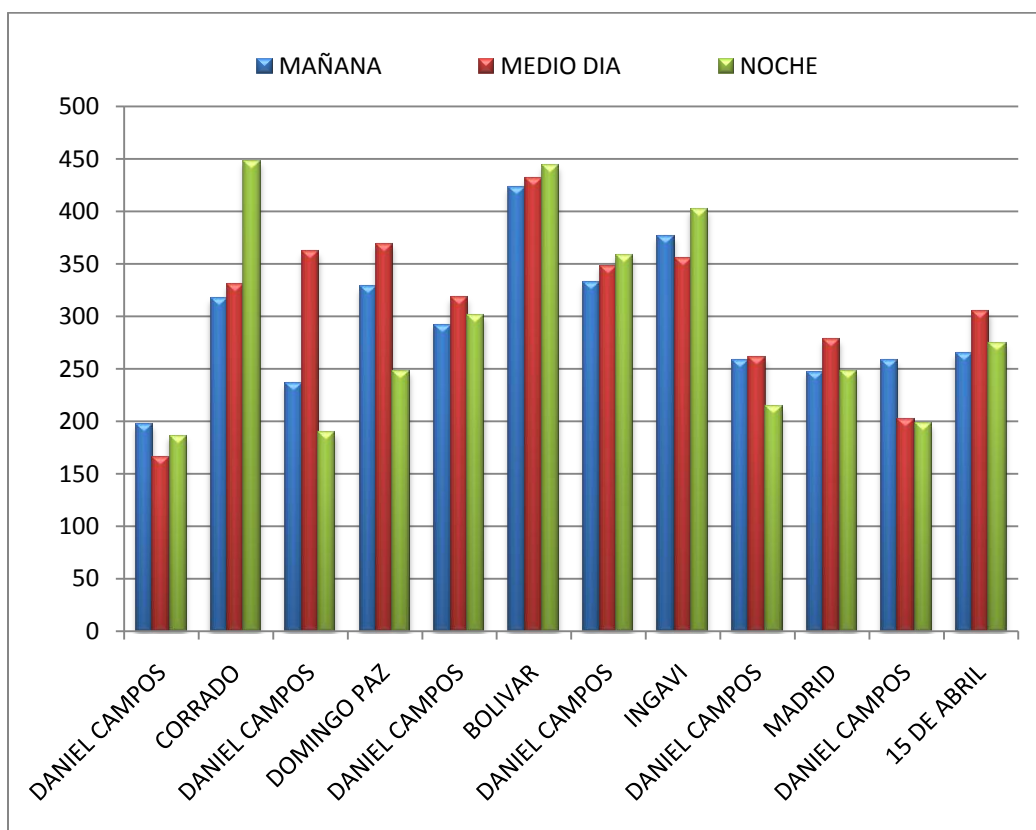
	SENTIDO	MAÑANA	TARDE	NOCHE
SUCRE	A	306	253	212
CORRADO	B	340	365	353
SUCRE	A	310	297	285
DOMINGO PAZ	B	287	329	284
SUCRE	A	295	292	258
BOLIVAR	B	359	387	351
SUCRE	A	349	316	310
INGAVI	B	335	298	313
SUCRE	A	390	347	395
MADRID	B	262	318	272
SUCRE	A	317	289	315
15 DE ABRIL	B	317	357	417



Daniel Campos

CALLES	VOLUMEN (Veh/h)			
	SENTIDO	MAÑANA	TARDE	NOCHE
DABIEL CAMPOS	A	197	166	186

CORRADO	B	317	330	447
DABIEL CAMPOS	A	236	362	189
DOMINGO PAZ	B	328	369	248
DABIEL CAMPOS	A	292	318	301
BOLIVAR	B	423	432	444
DABIEL CAMPOS	A	332	348	359
INGAVI	B	376	355	402
DABIEL CAMPOS	A	258	261	214
MADRID	B	247	278	248
DABIEL CAMPOS	A	258	202	198
15 DE ABRIL	B	264	305	274



2.3.7 PRONOSTICOS DEL TRANSITO.

Uno de los factores más importantes que debe considerarse en el análisis de la sección transversal de un camino y en general en un proyecto de todo tipo de obra vial es estimar el volumen de transito que circula y circulara a lo largo de la misma.

La auscultación permanente de las infraestructuras viales proporciona la información básica para la toma de decisiones respecto a su mantenimiento y ampliación.

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico, que es aquel que realiza los aforos automáticamente y el manual.

Los anteriores métodos permiten conocer el grado de ocupación y las condiciones en que operan las vialidades; así como el análisis de la evolución histórica de la demanda permite definir las tendencias de crecimiento y el momento a partir del cual ciertos segmentos dejaran de prestar un servicio adecuado, convirtiéndose en cuellos de botella que propicien el estancamiento del desarrollo en lugar de propiciarlo.

Con el objeto de actualizar y detallar las características de tránsito, en un tramo de carretera deben realizarse aforos de corta duración bajo la observación de importantes aspectos locales. O si la zona es de influencia turística, estudiar los periodos normales y los de mayor afluencia del turismo.

No se ha establecido una duración estándar para efectuar un aforo de tránsito, esto supone una cierta libertad para elegirlo. El criterio que debe seguirse en la elección debe considerar el grado de precisión que se desee y la variabilidad de los volúmenes a lo largo de la semana, en general, se recomienda periodos de tres horas y cinco o siete días. Los aforos de tres horas se realizan dentro del periodo de mayor demanda y sirven para determinar el volumen de la hora de máxima demanda, así como para estimar la composición vehicular. Los aforos de 15 horas se realizan de siete de la mañana a diez de la noche en lugares con gran variabilidad en el tránsito durante el transcurso del día. Los aforos de 48 horas se efectúan con medios mecánicos y deben realizarse en días hábiles. Los aforos de cinco o siete días se efectúan también con medios mecánicos y deben abarcar también los días sábado y domingo.

Los puntos de medición o estaciones de aforo han de corresponder a puntos importantes y representativos del tramo. Una carretera entre dos centros de población puede tener dos caminos alimentadores, en este caso se recomienda contar con tres puntos de medición, con este sistema se puede determinar de manera confiable los niveles promedio de tránsito en ambas direcciones.

La demanda de transporte es producto de la interacción en el espacio de las actividades socioeconómicas y el pronóstico de su magnitud es decisivo para predecir los volúmenes de tráfico que se manifestaran en una instalación de transporte cualquiera.

El estudio de la evolución de la demanda de transporte puede efectuarse a partir de dos perspectivas: desagregada y agregada. La primera, que se basa en el análisis del comportamiento individual para estimar la magnitud de la demanda total de un sistema, constituye un enfoque de reciente aparición que aun no se aplica en forma generalizada en países en vías de desarrollo. Por sus menores requerimientos en materia de información, en estos países se usa el enfoque desagregado que pronostica directamente la demanda futura a partir de los valores conocidos de variables de interés.

En el campo de las carreteras, algunos modelos de frecuente utilización son los siguientes:

2.3.7.1 Modelos de crecimiento lineal

Es un método que supone en la demanda en base a una tasa de interés simple. Es el método más utilizado, su expresión matemática es:

$$T_n = T_o (1 + r / 100 * n)$$

Donde:

T_n: tránsito en el año

T_o: tránsito en el año o

r: tasa de crecimiento anual del tránsito en porcentaje

$$T_n = T_o (1 + r / 100 * n)$$

$$T_n = 38000 (1 + 5.5 / 100 * 2)$$

$$T_n = 39045 \text{ vehículos}$$

2.3.7.2 Modelos de crecimiento exponencial

Son los modelos que anteriormente se usaban, y son de la forma:

$$T_n = T_o (1 + r / 100) ^n$$

Donde:

T_n: tránsito en el año n

T_o: tránsito en el año o

r: tasa de crecimiento anual del tránsito en porcentaje

$$T_n = T_o (1 + r / 100) ^n$$

$$T_n = 38000 (1 + 5.5 / 100) ^2$$

$$T_n = 42294 \text{ vehículos}$$

2.3.7.3 Modelos logísticos

Su expresión analítica es la siguiente:

$$T_n = T_{\max} / (1 + e + Bn)$$

Donde:

T_n : tránsito en el año n

$T_{\max}$: tránsito máximo que puede atender la instalación analizada

B : parámetros estadísticos

2.4 VELOCIDAD

La velocidad es un factor importante en el transporte terrestre y generalmente se asocia con la calidad del viaje, junto con el tiempo de recorrido. Además puede ser percibida directamente tanto por el conductor como por el resto de usuarios del sistema de transporte, cosa que no sucede con otros parámetros del tránsito, como el volumen o la densidad, que son conocidos únicamente por los ingenieros de tránsito o quien se dedique a su estudio.

La velocidad es la relación del movimiento del tránsito, dada entre la distancia que recorre y el tiempo que transcurre mientras lo hace, se expresa por unidad de tiempo y en nuestro país, generalmente en kilómetros por hora (km/h). La velocidad puntual se define como la velocidad instantánea (teóricamente, en un tiempo infinitamente pequeño) de un vehículo cuando pasa por un punto dado de una vía.

Límites de velocidad: La velocidad está condicionada por las características del vehículo, del conductor y de la vía, por el volumen del tránsito, condiciones atmosféricas y los límites impuestos por los reglamentos de tránsito, debido a ello la velocidad con que marchan los vehículos varía constantemente especialmente en vías urbanas.

Conceptos:

- **Tiempo de recorrido:** es el lapso que transcurre mientras un vehículo recorre cierta distancia incluyendo el invertido en paradas, excepto cuando estas son ajenas a la vía.
- **Velocidad media de recorrido:** definida como el cociente que resulta de dividir el espacio andado por un vehículo entre el tiempo de recorrido correspondiente a ese espacio. Sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas.
- **Tiempo de Marcha:** periodo de tiempo durante el cual un vehículo se encuentra en movimiento, es decir, es el tiempo total de recorrido descontando aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido por cualquier causa.

- ***Velocidad de Marcha:*** Es la relación entre la distancia recorrida por un vehículo y su tiempo de marcha mientras recorrió esa distancia. Su valor es superior o igual a la velocidad de recorrido.
- ***Velocidad Directriz:*** Es la seleccionada para proyectar y relacionar entre si las características físicas de una vía que influyen en el movimiento de los vehículos. Es la velocidad máxima a la cual los vehículos individuales pueden circular en un tramo de vía, cuando las características físicas de la vía son los únicos factores que gobiernan la seguridad.
- ***Velocidad Instantánea:*** Es la velocidad de un vehículo en un instante determinado cuando pasa por un punto dado de una vía. Los estudios de velocidad instantánea se usan para establecer restricciones de velocidad, indicar la velocidad segura en curvas, proporcionar información relativa a la situación de las señales de tránsito y establecer la relación entre los accidentes y la velocidad.

2.4.1 Métodos para determinar la velocidad Existen varios métodos para encontrar los valores de las distintas velocidades como para el dimensionamiento de la semaforización se emplea la velocidad de punto o instantánea se mencionara el procedimiento para la misma.

2.4.1.1 Métodos para determinar la Velocidad Instantánea:

Medidores de Velocidad: Existen dos clases, los que usan un motor de velocidad constante y un embrague eléctrico y los electrónicos que emplean un circuito de descarga calibrada. Ambos se activan cuando las ruedas delanteras del vehículo pisan el primer tubo para detenerse cuando cruzan el segundo detector, midiendo la velocidad con la que transcurre el vehículo, siendo necesario ponerlos en cero después de cada observación.

Radar: Se basa en el principio fundamental de una onda de radio reflejada por un objeto en movimiento que experimenta una variación en su frecuencia en función velocidad del objeto. Estos instrumentos son portátiles y cuando se apunta con ellos a un vehículo indican inmediatamente su velocidad en un cuadrante, con una precisión de unos 3 km/h. No tienen elementos que haya que colocar sobre la calzada y trabajan a una distancia de hasta 45 m; pero funcionan mejor a unos 10m de la trayectoria de los vehículos y a un ángulo de 15° de ella.

Otros métodos: Existen otros métodos para determinar la velocidad instantánea en un punto, que ofrecen mayor exactitud y número de datos, para realizar investigaciones

técnicas, pero el equipo es muy costoso y la obtención de datos toma mucho tiempo. Entre ellos tenemos el procedimiento fotográfico y células fotoeléctricas con instrumentos registradores gráficos.

2.5 VELOCIDAD DE PUNTO

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea.

Se define con la siguiente expresión:

$$V_{punto} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo}}$$

Medida del tiempo de recorrido en una distancia fija: Midiendo una distancia sobre la vía, se calcula con un cronómetro el tiempo que emplea el vehículo en recorrerla. La longitud de la línea base se determina por la visibilidad, características físicas de la vía y la velocidad general de los vehículos que se observan.

Cuando el tránsito es muy intenso, no es posible medir la velocidad de cada vehículo y hay que hacer una selección al azar; por ejemplo observando un vehículo cada 2 minutos – 3 minutos, etc. o cada 15 a 20 seg. También existen dispositivos mecánicos que ponen en marcha y detienen automáticamente el cronómetro, empleando tubos sobre la calzada para captar las señales del paso del vehículo. Estos dispositivos eliminan los errores por el tiempo de reacción del observador.

Como ya se menciono anteriormente existen varios tipos de velocidad pero se hará énfasis en la velocidad de punto.

El método a utilizar es el método manual del cronometro, se procedió de la siguiente manera:

- 1.- Una vez definido el área de estudio que se puede visualizar en un plano se procede a nombrar los tramos.
- 2.- Teniendo ya nombrados los tramos se tiene que marcar la distancia fija que será recorrida por los vehículos para tal caso se hace uso de una cinta y se demarca una distancia de 20 m. en cada tramo del área de estudio.

3.- Con las planillas ya establecidas se procede a tomar el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia. El conteo inicia desde el instante en que las ruedas delanteras tocan la línea, hasta que las mismas toquen la segunda línea.

4.- Este valor se lo introduce en las planillas.

5.- Se debe realizar unas cinco mediciones en el mismo punto para tener un promedio en ese tramo.

6.- Antes de realizar la segunda medición se debe esperar a que pasen por lo menos 3 vehículos.

7.- El mismo procedimiento se lo realiza en todos los tramos que consta de 18 intersecciones, y 18 tramos horizontales (E – O) y 18 tramos verticales (N – S).

8.- Se calcula la velocidad con la relación distancia entre tiempo.

2.5.1 DEPURACION DE DATOS DE VELOCIDAD

En toda muestra estadística que se realice se debe calcular la dispersión de datos es decir entre que valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor obtenido en los aforos de cada punto y tramo.

Para obtener este rango se procede a ordenar todos los datos, encontrar la media aritmética, la desviación estándar y se define el rango de depuración.

MEDIA ARITMETICA

Es el promedio ponderado que resulta de multiplicar el número de vehículos de cada grupo de velocidades por la velocidad media de su grupo respectivo, sumando todos esos productos y dividiendo la suma entre el número total de vehículos observados:

Se debe registrar la velocidad de un número suficiente de vehículos, de manera que se produzcan datos para determinar una velocidad conveniente que cubra a la mayoría de conductores (usualmente el 85%) con un grado razonable de seguridad, la cual debe ser tomada como base para establecer limitaciones a la velocidad máxima o mínima que deben adoptar los conductores.

Donde

$\bar{X}$ = media aritmética

x = valor de observación

n = numero de datos

DESVIACION ESTANDAR

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(x - X^2)}{n}}$$

σ = Desviación estándar

X= media aritmética

x = valor de observación

n= numero de datos

El rango se define en la siguiente ecuación:

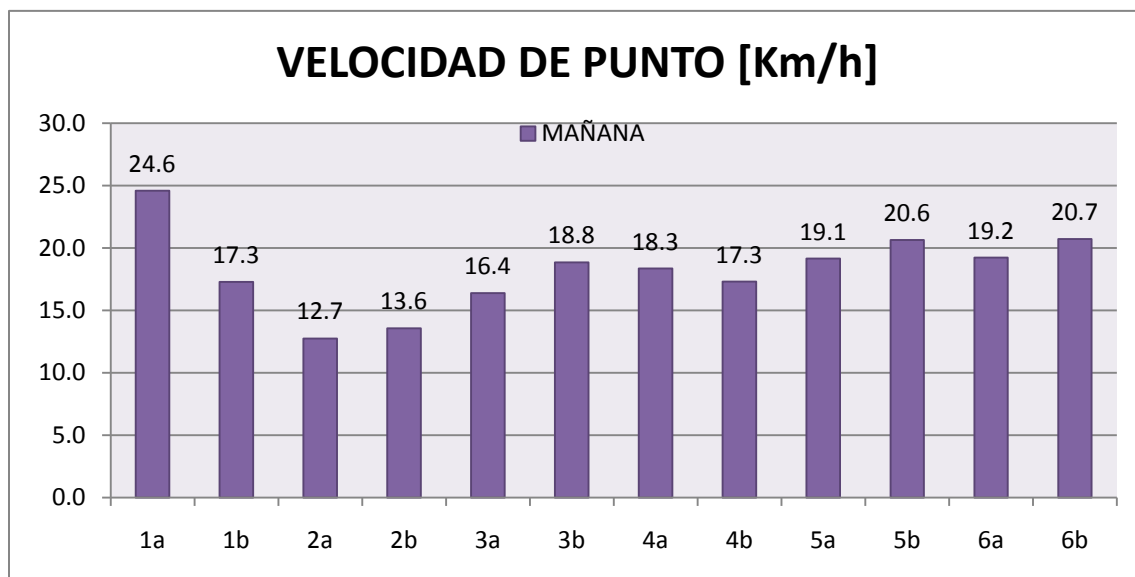
$$r = X + \sigma$$

$$r = X - \sigma$$

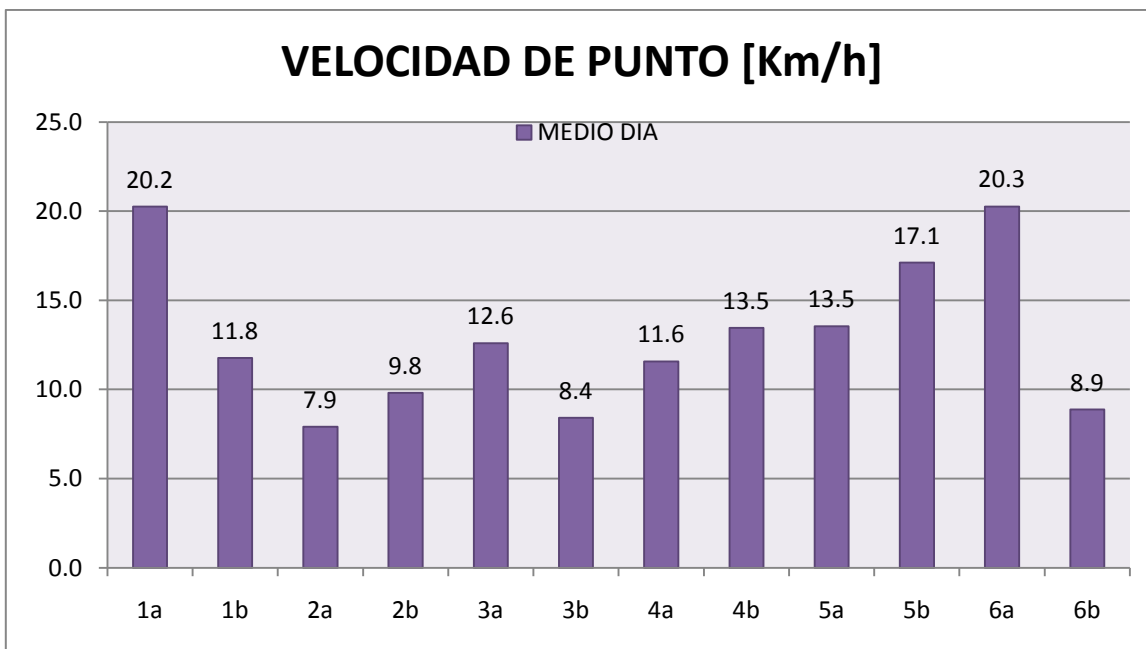
Desechando todos los datos que no estén comprendidos entre ese rango.

GRAL. TRIGO

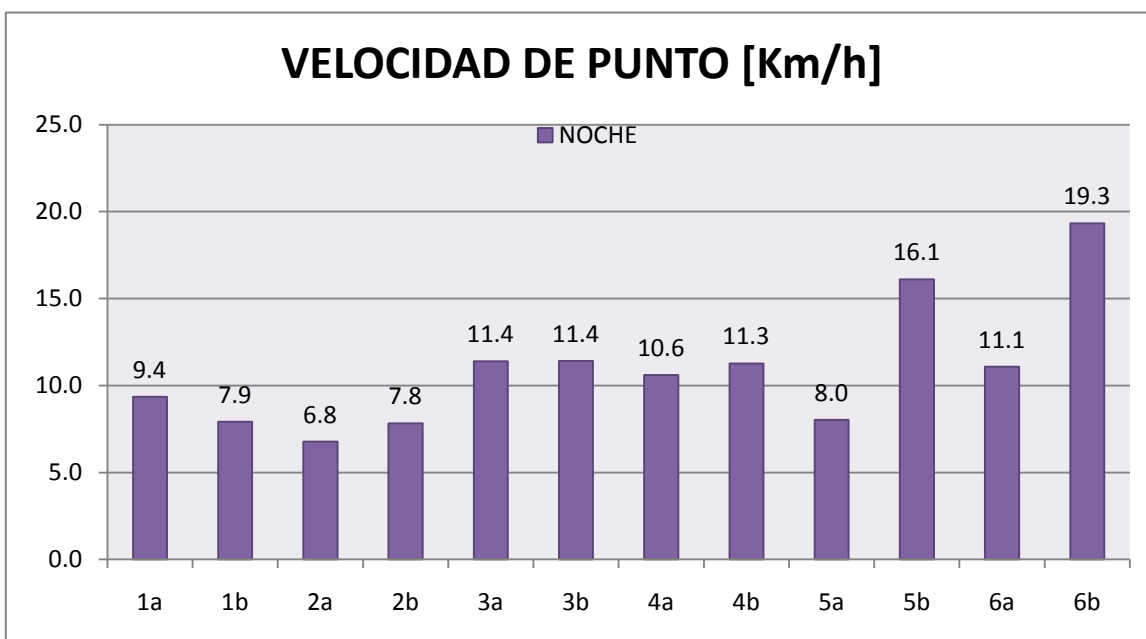
PROMEDIO Km/h											
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
24,6	17,3	12,7	13,6	16,4	18,8	18,3	17,3	19,1	20,6	19,2	20,7



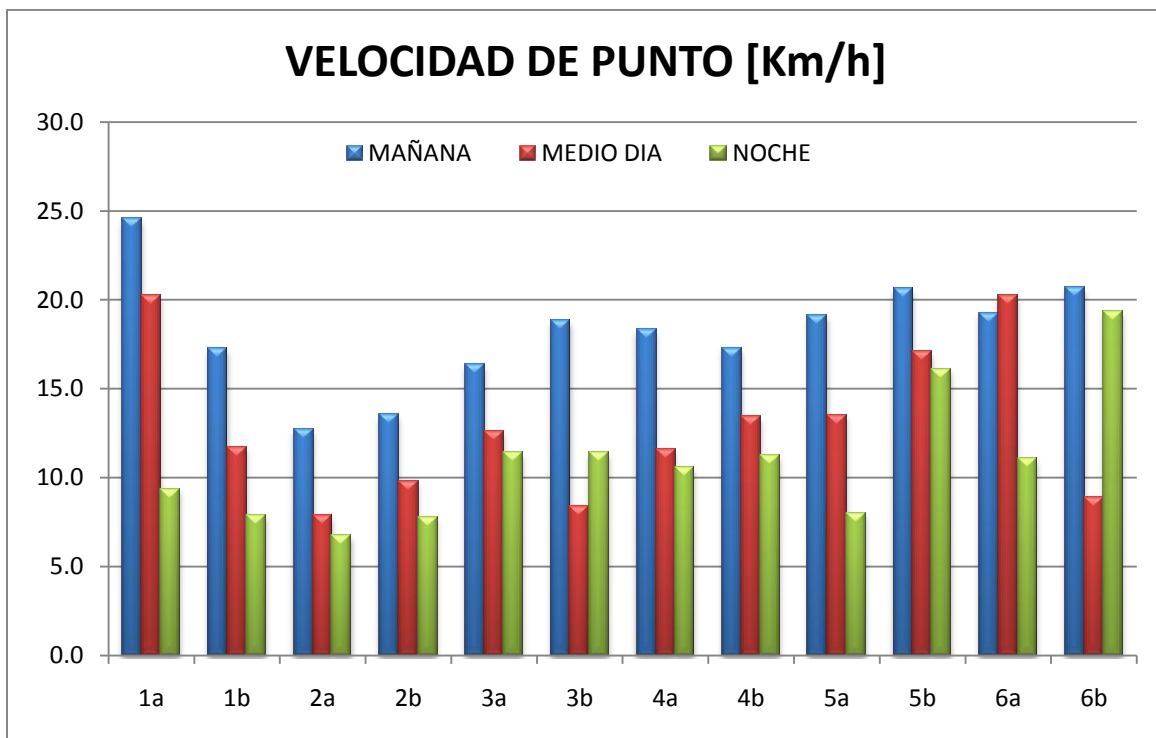
PROMEDIO Km/h											
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
20,2	11,8	7,9	9,8	12,6	8,4	11,6	13,5	13,5	17,1	20,3	8,9



PROMEDIO Km/h											
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
9,4	7,9	6,8	7,8	11,4	11,4	10,6	11,3	8,0	16,1	11,1	19,3

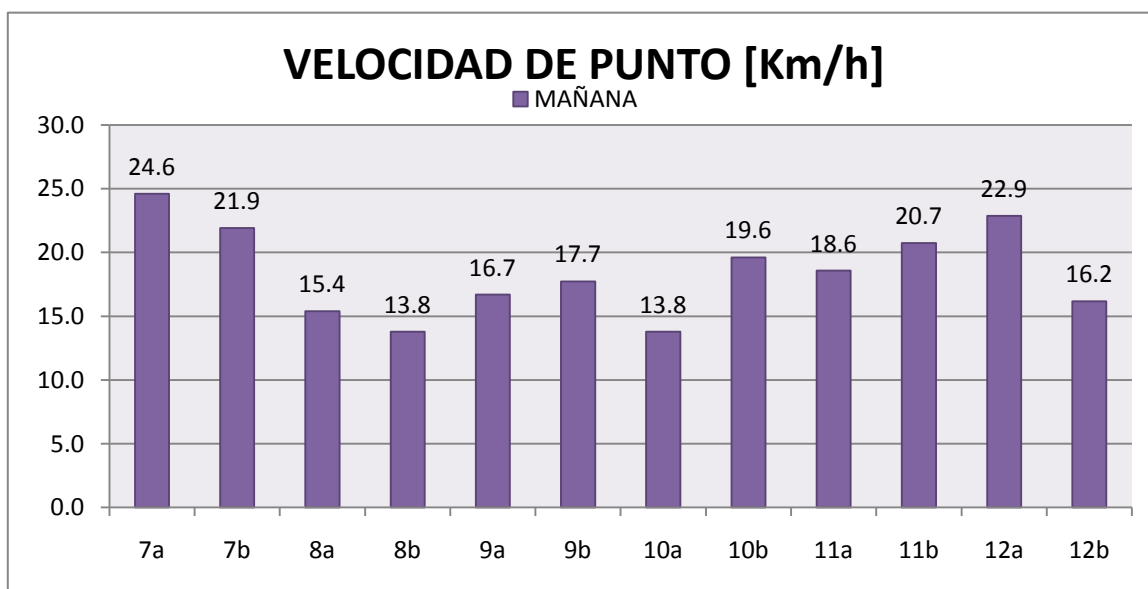


COMPUESTO



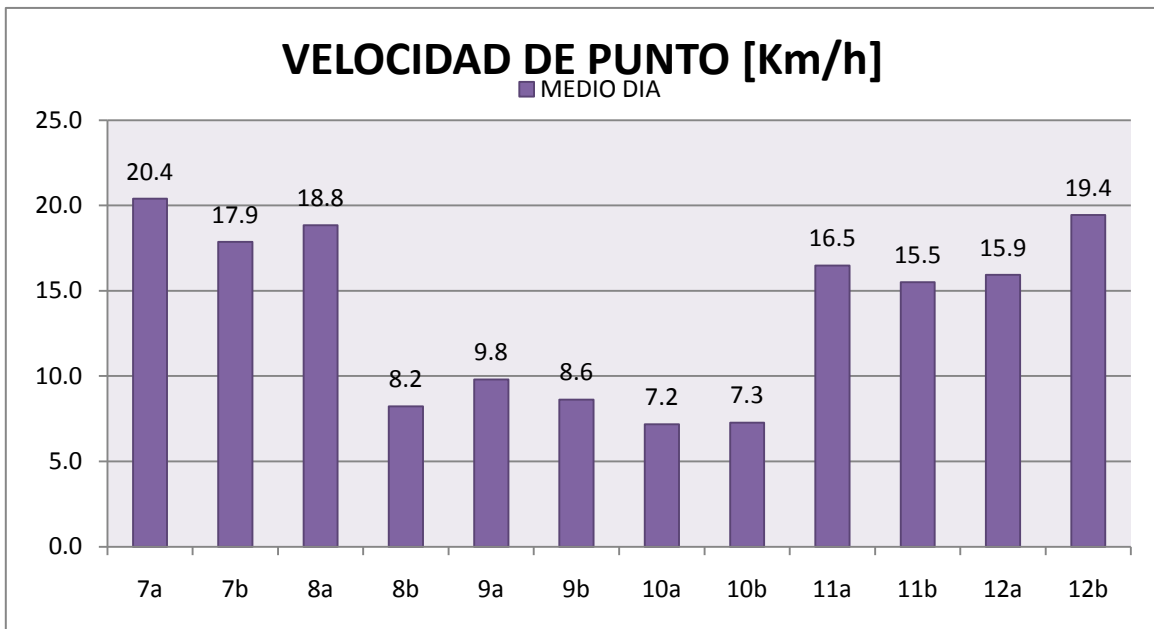
SUCRE

7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
24,6	21,9	15,4	13,8	16,7	17,7	13,8	19,6	18,6	20,7	22,9	16,2

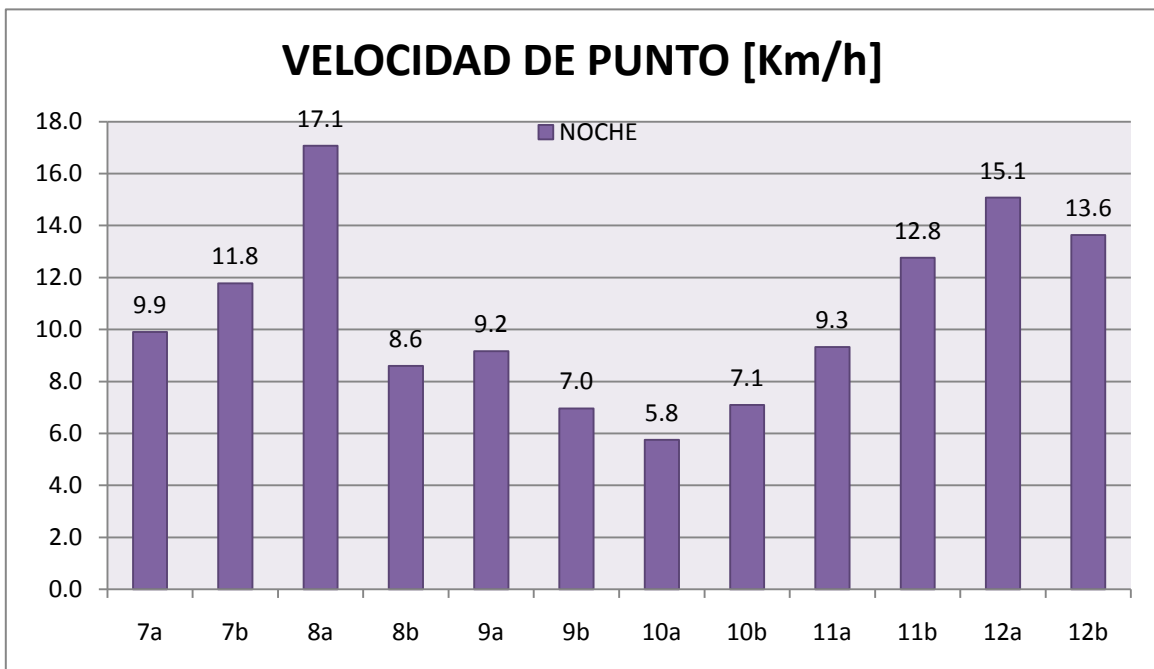


PROMEDIO Km/h

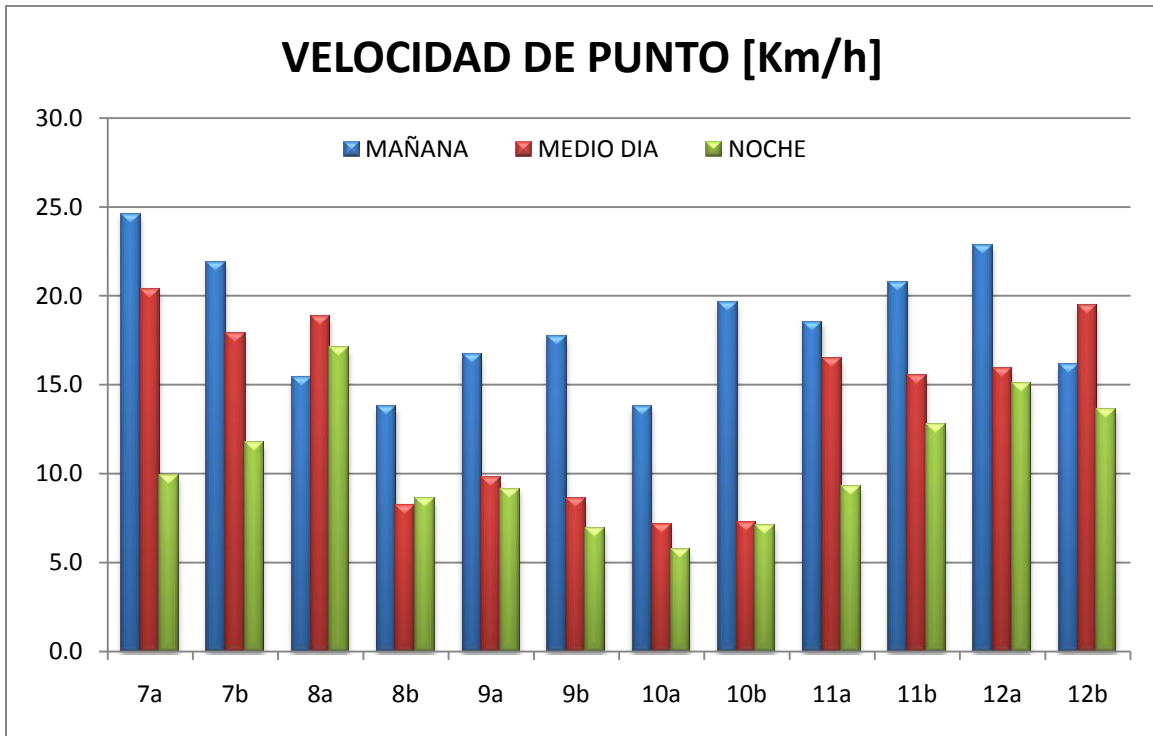
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
20,4	17,9	18,8	8,2	9,8	8,6	7,2	7,3	16,5	15,5	15,9	19,4



PROMEDIO Km/h											
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
9,9	11,8	17,1	8,6	9,2	7,0	5,8	7,1	9,3	12,8	15,1	13,6

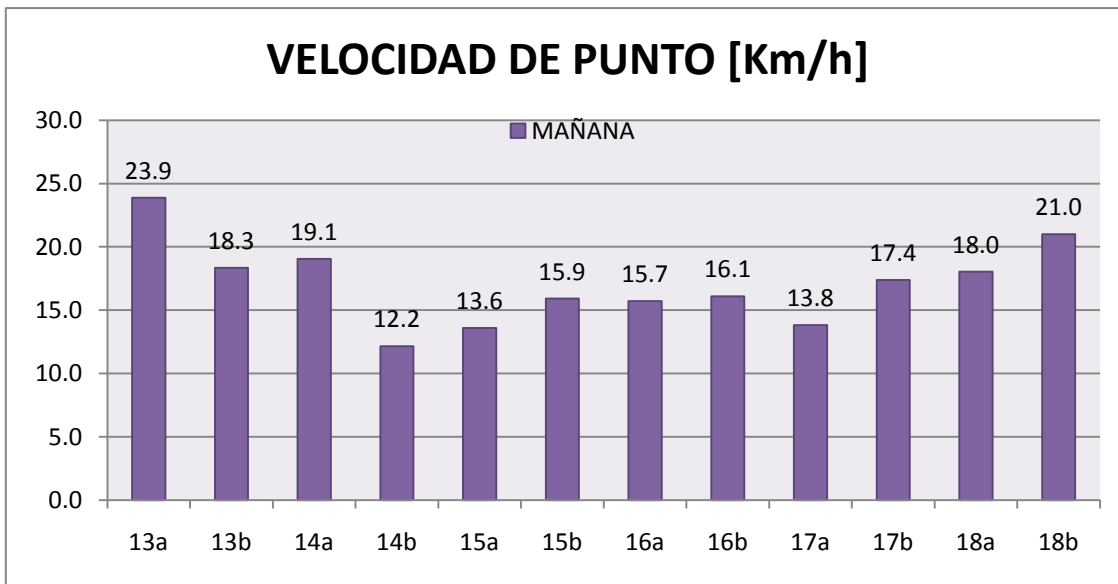


COMPUESTO

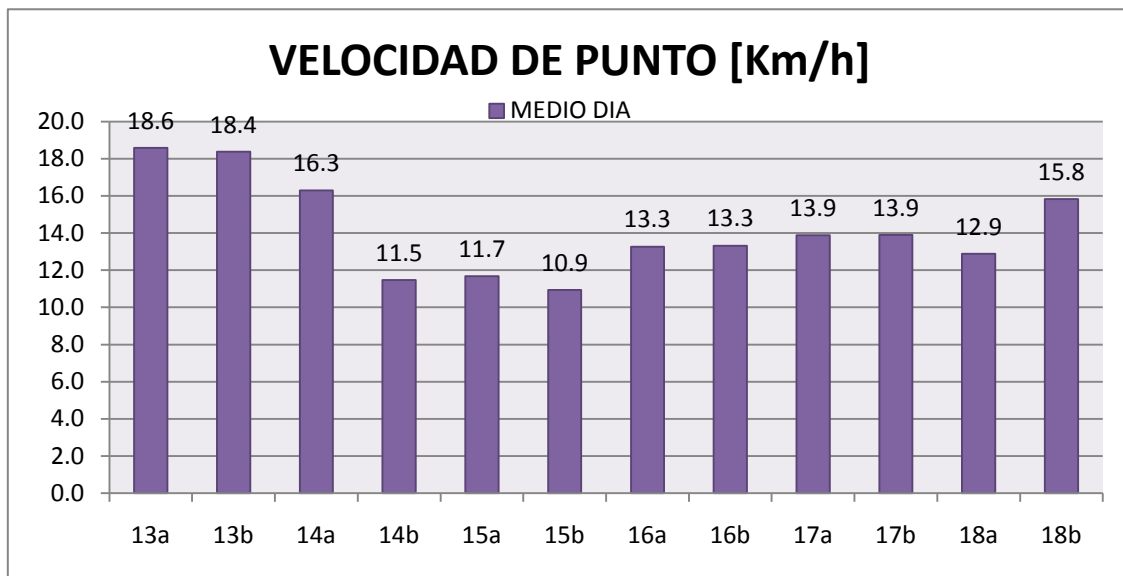


DANIEL CAMPOS

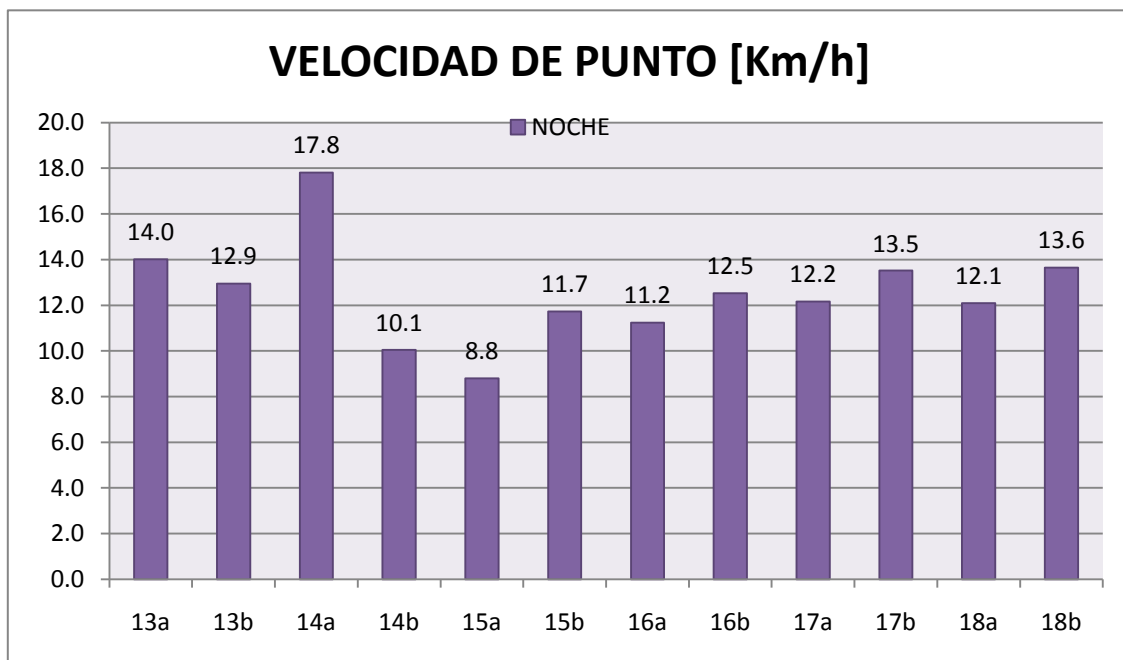
PROMEDIO Km/h											
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
23,9	18,3	19,1	12,2	13,6	15,9	15,7	16,1	13,8	17,4	18,0	21,0



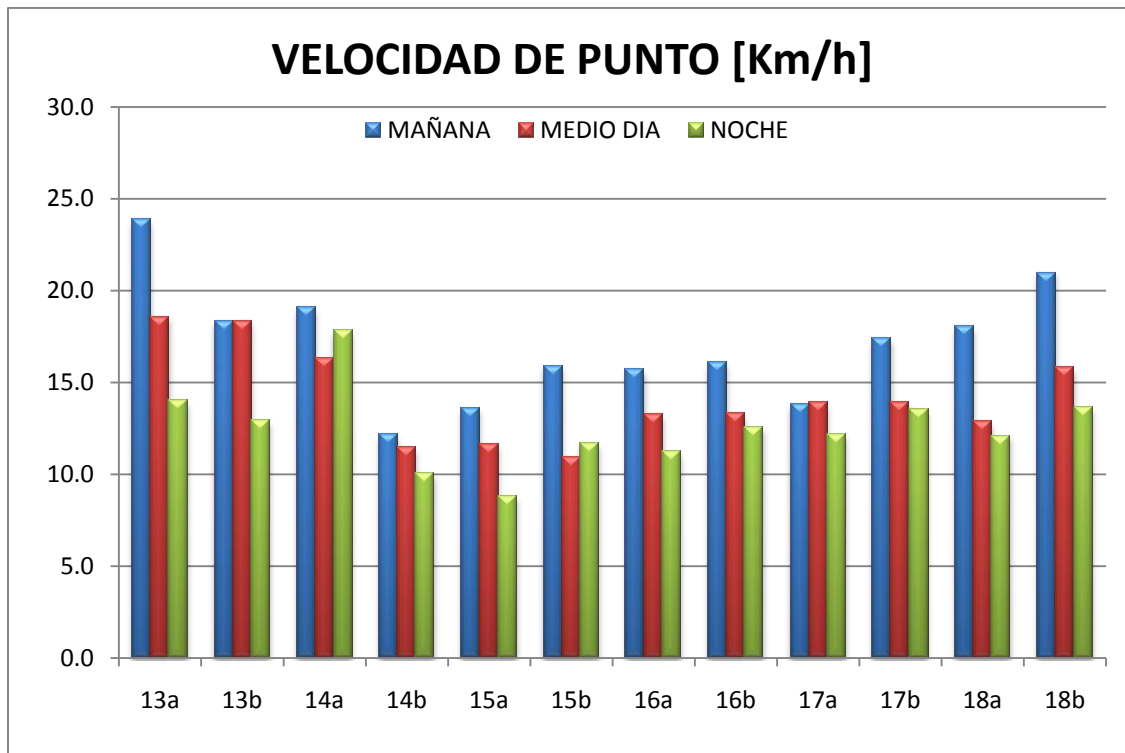
PROMEDIO Km/h											
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
18,6	18,4	16,3	11,5	11,7	10,9	13,3	13,3	13,9	13,9	12,9	15,8



PROMEDIO Km/h											
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
14,0	12,9	17,8	10,1	8,8	11,7	11,2	12,5	12,2	13,5	12,1	13,6



COMPUESTO



2.6 GENERALIDADES DE SEMAFOROS

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

El semáforo es un dispositivo útil para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones.

Debido a la asignación, prefijada o determinada por el tránsito, para los diferentes movimientos en intersecciones y otros sitios de las vías, el semáforo ejerce una profunda influencia sobre el flujo del tránsito. Por lo tanto, es de vital importancia que la selección y uso de tan importante artefacto de regulación sea precedido de un estudio exhaustivo del sitio y de las condiciones del tránsito.

Los semáforos se usarán para desempeñar, entre otras, las siguientes funciones:

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.

- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- Controlar la circulación por carriles.
- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionar un ordenamiento del tránsito.

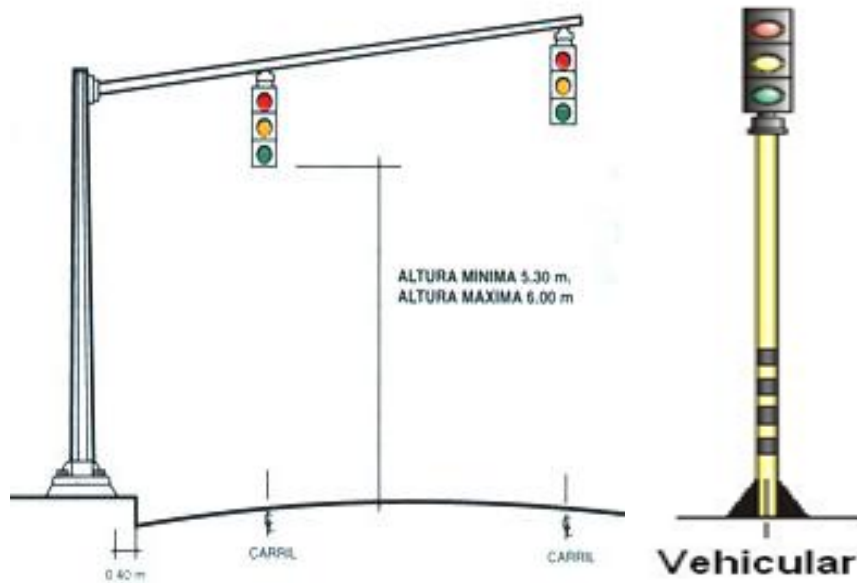
Los semáforos que controlan el tránsito deberán ser instalados y operados en vías públicas únicamente por la autoridad de tránsito competente, o en quien ella delegue esta actividad, y complementados con una vigilancia efectiva para hacer respetar sus indicaciones.

La instalación de señales u otros artefactos que obstaculizan o interfieren la visibilidad de cualquier semáforo deberá ser prohibida.

2.6.1 CLASIFICACIÓN

De acuerdo con el mecanismo de operación de sus unidades de control, los semáforos se clasifican en:

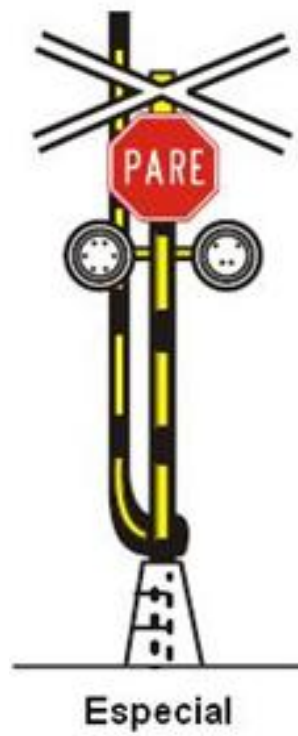
1. Semáforos para el control del tránsito de vehículos.



2. Semáforos para pasos peatonales



3. Semáforos especiales



2.6.2 COMPONENTE DE UN SEMAFORO.

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como la cabeza, soportes, cara, lentes, visera y placa de contraste. Sus definiciones y características se enumeran a continuación:

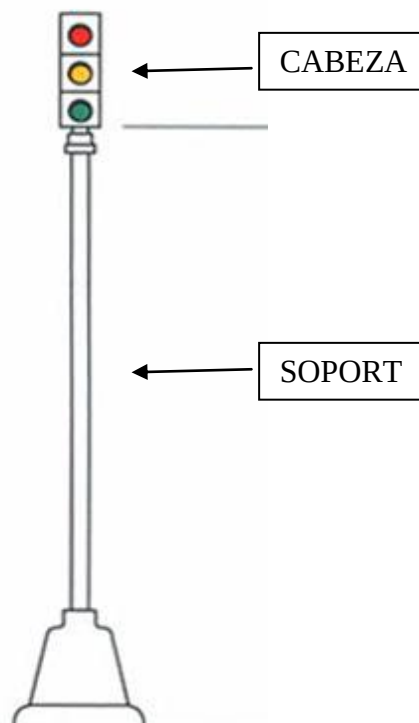
2.6.2.1 CABEZA

Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

2.6.2.2 SOPORTES

Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

Algunos elementos de soporte deberán permitir ajustes angulares, verticales y horizontales de las caras de los semáforos.



Grafica 2.1 componentes de un semáforo

2.6.2.2.1 UBICACIÓN DE SOPORTES

Por su ubicación en la intersección, los soportes se clasifican así:

Ubicación a un lado de la vía:

- Postes
- Ménsulas cortas

Ubicados en la vía:

- Ménsulas largas sujetas a postes laterales
- Cables de suspensión
- Postes y pedestales en islas

2.6.2.3 CARA: Es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara o bombillo y porta lámpara) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, usualmente tres, o más unidades ópticas para regular uno o más movimientos de circulación.

2.6.2.3.1 MONTAJE DE LAS CARAS

Existen los siguientes tipos de montaje de caras de semáforos:

a) Al lado de la vía de tránsito:

- Postes entre 2,50 y 4,50 metros de alto.
- Brazos cortos adheridos a los postes (a las mismas alturas).

B) Por encima y dentro de la vía de tránsito:

- Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.
- Suspendidos mediante cables.
- Postes o pedestales en islas.

La cara del semáforo instalado en soporte tipo poste o pedestal debe colocarse en posición vertical con una orientación de menos 6 grados hacia el centro de la vía con el fin de aumentar su visibilidad y a 90 grados con respecto al eje del acceso

2.6.2.4 LENTE

Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada.

2.6.2.4.1 LENTES

Todas las lentes de los semáforos para control vehicular peatonal deberán ser de forma circular.

Existen dos diámetros nominales de 20 cm y de 30 cm. Los diámetros de la parte visible de las lentes deberán ser como mínimo de 19,7 cm para las de 20 cm y de 28,5 cm para las de 30 cm; los diámetros exteriores mínimos de las lentes serán de 21,3 cm para las de 20 cm y de 30,5 cm para las de 30 cm.

A veces conviene instalar la lente roja de 30 cm y las demás de 20 cm para dar mayor énfasis en la indicación restrictiva más importante: EL PARE.

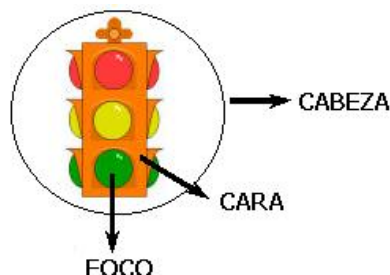
Las lentes de 30 cm son aconsejables cuando hay riesgo de que el semáforo pueda pasar inadvertido por el conductor, ya que proporcionan un importante aumento de visibilidad para el semáforo. Estos riesgos ocurren en los casos siguientes:

Las lentes de la cara de un semáforo deben formar una línea vertical, El rojo debe encontrarse en la parte más alta, en medio el amarillo, y el verde estará abajo.

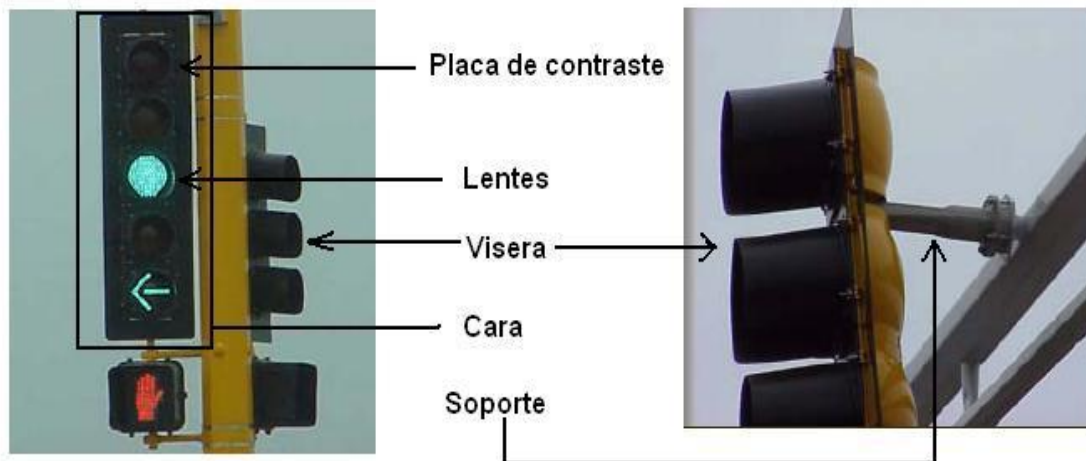
Las lentes verdes con flecha direccional deben ser colocadas lo más cerca posible del lado del movimiento que regulan.

2.6.2.5 VISERA

Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre éstas y den la impresión de estar iluminadas, así como también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos hacia el cual está enfocado.



Partes de un Semaforo



Gráfica 2.2: Partes de cara de un semáforo

2.6.3 EQUIPO DE CONTROL

Es un mecanismo electromecánico o electrónico que sirve para ordenar los cambios de luces en los semáforos. Adicionalmente, puede realizar las siguientes funciones: procesar la información generada por los detectores para ajustar los tiempos a las necesidades de la intersección; recibir y enviar información a un centro de control o controlador maestro con el fin de operar en forma coordinada; y proveer los elementos que garanticen la seguridad de los usuarios evitando señalizaciones conflictivas y reportar al centro de control el tipo de falla que puede presentar.

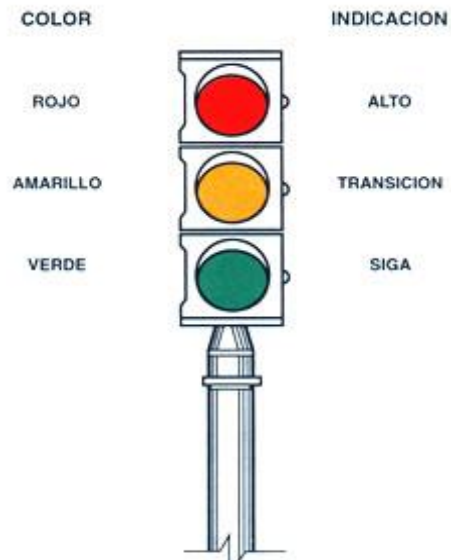
2.6.4 DETECTORES

Son dispositivos capaces de registrar variables de tránsito tales como: volumen, velocidad, ocupación, sentido, tipo de vehículo (a través de la detección del numero de ejes), etc., y generar señales para ser analizadas por el controlador local o el controlador central.

2.7 SIGNIFICADO DE LAS INDICACIONES

Las lentes de los semáforos para el control vehicular deberán ser de color rojo, amarillo y verde. Cuando se utilicen flechas, éstas también serán rojas, amarillas y verdes sobre fondo negro.

Las lentes de las caras de un semáforo deberán formar una línea vertical. El rojo debe encontrarse sobre la parte alta, en medio el amarillo, y el verde abajo.



Grafica 2.3 Significado de las indicaciones

Las flechas direccionales deberán apuntar en el sentido de la circulación permitida. La flecha vertical, apuntando hacia arriba, indica circulación de frente; la horizontal indica giro aproximadamente en ángulo recto hacia la izquierda o hacia la derecha, y la flecha oblicua a 45 grados apuntando hacia arriba indica giro a calles que forman un ángulo distinto al de 90 grados.

Cuando la cara del semáforo contenga una o varias flechas direccionales con luz verde, el hecho de encenderse ésta o estas flechas, significa que los vehículos sólo pueden tomar la dirección o direcciones así indicadas.

2.7.1 INTERPRETACIÓN DE LOS COLORES

a) Verde

Los conductores de los vehículos, y el tránsito vehicular que observe esta luz podrán seguir de frente o girar a la derecha, a menos que alguna señal prohíba dichos giros, siempre y cuando se tenga la vía despejada de peatones o de otros vehículos.

Los peatones que avancen hacia el semáforo y observen esta luz podrán cruzar la vía (por los pasos peatonales marcados) a menos que algún otro semáforo indique lo contrario.

b) Amarillo

Advierte a los conductores de los vehículos que el período de verde asignado a un flujo vehicular ha terminado y está a punto de iniciar el período de rojo y, por lo tanto, debe asumir una conducta de prevención tal como sigue:

- Acabar su marcha si está muy próximo a la intersección y una frenada brusca podría ocasionar situaciones peligrosas con los vehículos de atrás.
- Detener su marcha con el fin de que la intersección no sea bloqueada y los vehículos de las demás corrientes pueden circular en el período de verde que va a iniciar.
- Cuando se ilumine la lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. El amarillo intermitente deberá emplearse en la vía que tenga preferencia.

c) Rojo

- Los vehículos y el tránsito vehicular deben detenerse antes de la línea de PARE y si no la hay a una distancia de dos metros antes del semáforo (poco antes del cruce de cebra), deben permanecer parados hasta que aparezca el verde correspondiente.
- Ningún peatón frente a esta luz debe cruzar la vía, a menos que esté seguro de no interferir con algún vehículo o que un semáforo peatonal indique su paso.

d) Intermitentes

1. Rojo Intermitente: Cuando se ilumine una lente roja con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán un alto obligatorio y se detendrán antes de la raya de paso peatonal. El rojo intermitente se empleará en el acceso a una vía preferencial.

2. Amarillo Intermitente (señal de precaución): Cuando se ilumine la lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. El amarillo intermitente deberá emplearse en la vía que tenga preferencia. El amarillo fijo no debe ser usado como señal de precaución.

3. Verde intermitente: Cuando la lente verde funcione con destellos intermitentes, advierte a los conductores el final de tiempo de luz verde.

2.7.2 Secuencia de encendido y apagado de las luces.

El orden en que se encienden y apagan las luces del semáforo, es el siguiente:

a) En semáforos vehiculares:

Rojo-Verde-Amarillo-Rojo

Rojo-Amarillo-Verde-Amarillo-Rojo

B) En semáforos peatonales:

Verde-Rojo

2.7.3 Flechas direccionales

Las flechas direccionales deberán apuntar en el sentido de la circulación permitida. La flecha vertical, apuntando hacia arriba, indica circulación de frente, la horizontal indica vuelta aproximadamente en ángulo recto hacia la izquierda o hacia la derecha, y la flecha oblicua a 45 grados apuntando hacia arriba indica vuelta a calles que forman un ángulo distinto al de 90 grados. Cuando la cara del semáforo contenga una o varias flechas direccionales con luz verde, el hecho de encenderse ésta o estas flechas significa que los vehículos sólo pueden tomar la dirección o direcciones así indicada.

A) Verde con flecha para seguir de frente (exclusivamente)

1. Los conductores de vehículos y el tránsito vehicular en general podrán seguir de frente y no darán vuelta a la derecha ni a la izquierda.

Estos conductores deben respetar el posible derecho de vía de otros vehículos y peatones que se encuentren legalmente dentro de la intersección al mismo tiempo que se enciende esta luz.

2. Los peatones que se encuentren frente a esta señal pueden cruzar la vía dentro de su paso, marcado o no, a menos que la señal o el semáforo peatonal indique otra cosa.

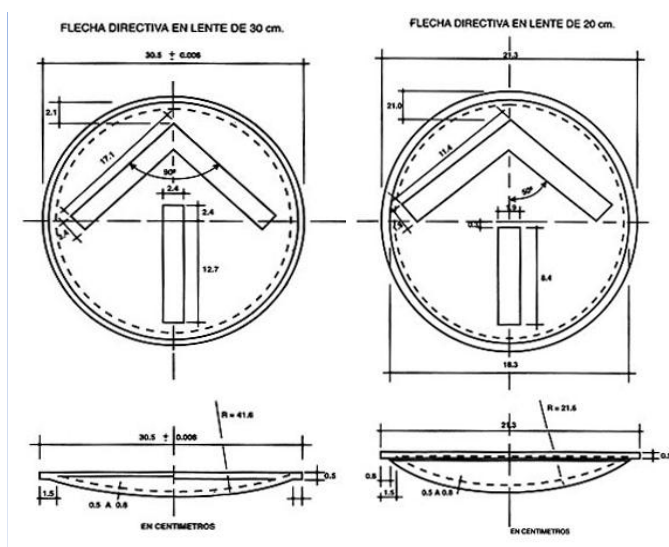
B) Flechas para vuelta a la izquierda o a la derecha:

Los conductores de los vehículos darán vuelta a la izquierda o a la derecha según lo indique la flecha.

El tránsito vehicular debe ceder el derecho de vía a los peatones que se encuentren legalmente dentro de la calzada, así como de otros vehículos que en ese momento se encuentren dentro de la intersección también legalmente.

La eficiencia de las flechas direccionales se aumenta considerablemente si existen carriles especiales para el movimiento o giro indicado complementados con marcas en el pavimento y con un señalamiento adecuado.

Cuando se intente permitir que el tránsito se mueva desde cierto carril haciendo cierto giro, pero prohibiendo que proceda de frente, debe encenderse la lente roja para esos vehículos al mismo tiempo que la lente verde con flecha hacia el lado que permita el giro. Cuando se intente permitir que el tránsito direccional o desde cualquier carril proceda de frente, pero prohibiéndole cierto giro o giros, debe iluminarse una flecha verde para cada una de las direcciones y la lente roja de la misma cara no debe encenderse. Deben tener las dimensiones que indican la figura 1



Grafica 1: Dimensiones de la flecha en semáforos

2.8 SEMÁFOROS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS

2.8.1 CLASIFICACIÓN

Los semáforos para el control del tránsito de vehículos se clasifican de la siguiente forma:

a) Semáforos de tiempos fijos o predeterminados (dependientes del tiempo).

Estos tipos de semáforos, por medios de estudios de flujo de tránsito, se determina la duración de los diferentes tiempo de luces, garantizando la seguridad de los conductores y transeúntes. El tiempo de duración de las luces puede ser constante, así como variar y adaptarse para mejorar el flujo de tráfico en las horas pico.

Los semáforos de control pre sincronizados se adaptan mejor a las intersecciones donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes, o donde las variaciones del tránsito que se registran pueden tener cabida mediante una programación pre sincronizado sin causar demoras o congestión no razonables. El control pre sincronizado es particularmente adaptable a intersecciones donde se desee coordinar la operación de semáforos con instalaciones existentes o planificadas en intersecciones cercanas en la misma calle o calles adyacentes.

b) Semáforos accionados o activados por el tránsito (dependientes del tránsito):

El funcionamiento de estos sistemas depende del flujo de tráfico que detecten los sensores de flujo de tráfico tanto de peatones como de automóviles, los cuales suministran información al controlador local.

2.8. 2 ESTUDIOS NECESARIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO

Se debe efectuar previamente una investigación de las condiciones del tránsito y de las características físicas de la intersección, para determinar si se justifica la instalación de semáforos y para proporcionar los datos necesarios para el diseño y la operación apropiada de un semáforo.

Los principales datos a recopilar son los siguientes:

- a) Número de vehículos que ingresan a la intersección.
- b) El volumen de vehículos para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículos.

c) Volumen peatonal.

2.9 CRITERIOS PARA DECIDIR LA INSTALACION DE SEMAFOROS

Este tipo de semáforos se debe instalar y operar solamente si se satisfacen uno o más de los requisitos o condiciones siguientes:

Si el volumen de circulación disminuye al 50% o menos de los volúmenes mínimos especificados durante un lapso de cuatro horas consecutivas o más, es conveniente que las operaciones normales de los semáforos se sustituyan por operaciones de destellos o intermitentes, las cuales se deben restringir a no más de tres períodos diferentes durante el día.

2.9.1 Volumen mínimo de vehículos. (Condición A)

La condición de volumen mínimo de vehículos, se entiende que es para ser aplicada donde el volumen de tránsito intersectante es la razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

La condición se cumple cuando en la calle principal y en los accesos de mayor flujo de la calle secundaria existen los volúmenes mínimos indicados en la tabla siguiente en cada una de ocho horas de un día representativo.

REQUISITO (A)
VOLUMEN MÍNIMO DE VEHÍCULO

Número de Carriles de		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)
Calle Principal	Calle Secundaria		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 ó más	2 o más	600	200
2 ó más	2 o más	500	200

Tabla 1.1 Condición (A)

Los volúmenes de tránsito de vehículos para las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. El sentido de circulación del tránsito de mayor volumen en la calle secundaria puede ser por un acceso durante algunas horas y por la aproximación opuesta durante las horas restantes.

Si la velocidad que comprende el 85% del tránsito en la calle principal excede de 60 kilómetros por hora, o si la intersección queda dentro de la zona urbana de una población aislada de 10,000 habitantes o menos, el requisito de volumen se reduce al 70% del indicado en la tabla.

2.9.2 Interrupción del tránsito continuo. (Condición B)

La condición de interrupción del tránsito continuo se entiende que es para ser aplicada donde las condiciones de operación de una calle sean tales, que el tránsito de la calle secundaria sufra un retardo o riesgo indebido al entrar en la calle principal o al cruzarla.

Este requisito se satisface cuando, durante cada una de ocho horas de un día representativo, en la calle principal y en la aproximación de mayor volumen de la calle secundaria, se tienen los volúmenes mínimos indicados en la tabla siguiente y si la instalación de semáforos no transforma la circulación progresiva del tránsito.

REQUISITO (B) VOLUMEN MÍNIMO DE VEHÍCULO

Número de Carriles de		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)
Calle Principal	Calle Secundaria		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 ó más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Tabla 1.2 Condición (B)

Los volúmenes en las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. Durante esas ocho horas, el sentido de circulación del volumen mayor de la calle secundaria puede ser hacia una dirección durante algunas horas y hacia la otra durante las demás

Si la velocidad dentro de la cual está comprendido el 85% del tránsito de la calle principal excede a 60 kilómetros por hora, o si la intersección queda dentro de la zona urbana de una población con 10,000 habitantes o menos, el requisito de interrupción de tránsito continuo se reduce al 70% de los volúmenes indicados en la tabla.

2.9.3 Volumen mínimo de peatones. (Condición C)

Se satisface esta condición, si durante cada una de ocho horas de un día representativo en la calle principal se verifican los siguientes volúmenes de tránsito:

1) Si entran 600 o más vehículos por hora en la intersección (total para ambos accesos), o si 1,000 o más vehículos por hora entran a la intersección en la calle principal, cuando existe una faja separadora con anchura mínima de 1.20 m.

2) Si durante las mismas ocho horas mencionadas, cruzan 50 o más peatones por hora en el cruce de mayor volumen correspondiente a la calle principal.

Cuando la velocidad que comprende el 85% de vehículos exceda de 60 kilómetros por hora, o si la intersección está en zona urbana de una población con 10,000 habitantes o menos, el requisito de volumen mínimo de peatones se reduce al 70% de los valores indicados, en reconocimiento de las diferencias en la naturaleza y características de operación del tránsito en medios urbanos y rurales y municipalidades más pequeñas.

Un semáforo instalado bajo esa condición en una intersección aislada, debe ser del tipo semi-activo por el tránsito con botones operados por los peatones que cruzan la calle principal.

En conexión con semáforos para el control del tránsito instalados en cruces escolares, queda entendido que un semáforo no es único remedio ni necesariamente la solución correcta del problema complejo de los conflictos del tránsito entre los vehículos y los niños de la escuela.

Los períodos cortos durante los cuales los riesgos son inusitadamente altos, con frecuencia son mejor dirigidos mediante el control de un oficial o guardias adultos de cruce.

En algunas circunstancias, los alumnos responden a las indicaciones del semáforo en forma tan inadecuada que el semáforo puede convertirse en un factor que contribuya a aumentar en vez de disminuir los accidentes. La reacción ante el control de un oficial o los guardias de cruce adultos usualmente es menos incierta.

Por consiguiente, se considera que los semáforos para el control del tránsito ordinariamente no deben ser instalados en cruces escolares donde puedan ser usados con efectividad patrulleros infantiles o guardias de cruce adultos, donde los estudiantes pueden ser dirigidos a cruzar en lugares que ya están controlados por semáforos y oficiales de policía o donde las islas de refugio de peatones provean de una protección adecuada.

Los hechos completos deben ser recopilados y estudiados por autoridades de ingeniería de tránsito competentes de tomar decisiones sobre la instalación de semáforos cerca de las escuelas.

Como resultado de estos estudios y en consideración a los métodos de control arriba enumerados, los semáforos pueden justificarse si:

- a) Los volúmenes de peatones en un cruce escolar determinado en la calle principal exceden de 250 peatones en cada una de dos horas;
- b) Durante cada una de las mismas dos horas el tránsito de vehículos por el cruce escolar en cuestión excede de 800 vehículos;
- c) No hay semáforo a menos de 300 metros del cruce.

Los semáforos en cruces de peatones instalados bajo estas condiciones deben ser del tipo activado por los peatones.

2.9.4 Movimiento o circulación progresiva. (Condición D)

El control del movimiento progresivo a veces demanda la instalación de semáforos en intersecciones donde en otras condiciones no serían necesarios, con objeto de regular eficientemente las velocidades de grupos compactos de vehículos.

Se satisface el requisito correspondiente a movimiento progresivo en los dos siguientes casos:

- 1) En calles con circulación en un solo sentido o en calles en las que prevalece la circulación en un solo sentido y en las que los semáforos adyacentes están demasiado distantes para conservar el agrupamiento compacto y las velocidades deseadas de los vehículos.
- 2) En las calles de doble sentido de circulación, cuando los semáforos adyacentes no proveen el adecuado agrupamiento de vehículos ni el control de la velocidad y el semáforo propuesto junto con los adyacentes pueden conformar un sistema progresivo de semáforos.

Un semáforo instalado atendiendo este requisito debe basarse en la velocidad que comprende el 85% del tránsito, a menos que un estudio del caso específico indique otra cosa. En ningún caso debe considerarse la instalación de un semáforo de acuerdo a este requisito si la separación entre semáforos resultase ser inferior a 300 metros.

2.9.5 Antecedentes y experiencia sobre accidentes (Condición E)

La opinión general de que los semáforos reducen considerablemente el número de accidentes, rara vez se comprueba en la práctica. En algunos casos, ocurren más accidentes después de instalar los semáforos que antes de su instalación. Por lo tanto, si ninguno de los requisitos, exceptuando el relativo a los accidentes, se satisface, debe suponerse que no será necesario instalar el semáforo.

Los semáforos no deben instalarse con base en un solo accidente espectacular ni con base en demandas irrazonables o predicciones de accidentes que pudieran ocurrir.

Los requisitos relativos a los antecedentes sobre accidentes se satisfacen sí:

Una prueba adecuada de que otros procedimientos menos restrictivos, que se han experimentado en otros casos satisfactoriamente, no han reducido la frecuencia de los accidentes.

Existe un volumen de tránsito de vehículos y peatones no menor del 80% de los requerimientos especificados en la condición de volumen mínimo de vehículos, en la condición de interrupción del tránsito continuo o en la condición de volumen mínimo de peatones.

La instalación no interrumpe considerablemente el flujo progresivo del tránsito.

Cualquier semáforo instalado bajo la condición de experiencia de accidentes debe ser semi-activado por el tránsito, con dispositivos que provean una coordinación apropiada, si es instalado en una intersección dentro de un sistema coordinado, y normalmente debe ser totalmente activado por el tránsito si es instalado en una intersección aislada.

Un semáforo para el control del tránsito, cuando es obedecido por conductores y peatones, puede esperarse que elimine o reduzca materialmente el número y gravedad de los siguientes tipos de accidentes:

Aquellos que impliquen substancialmente conflictos o colisiones en ángulo recto, como los que ocurren entre vehículos en calles que se interceptan.

Aquellos que impliquen conflictos entre vehículos que se mueven en línea recta y cruces de peatones.

Aquellos entre vehículos que se mueven en línea recta y vehículos que cruzan a la izquierda viniendo en direcciones opuestas, si se otorga un intervalo de tiempo independiente durante el ciclo del semáforo para el movimiento de cruce a la izquierda.

Aquellos que impliquen velocidad excesiva, en casos donde la coordinación del semáforo restrinja la velocidad hasta un valor razonable,

Por otra parte, no puede esperarse que los semáforos reduzcan los siguientes tipos de accidentes:

Colisiones por la parte trasera, que con frecuencia aumentan después de la instalación de los semáforos.

Colisiones de vehículos en la misma dirección o en direcciones opuestas, uno de los cuales efectúa un cruce a través de la trayectoria del otro, particularmente si no se provee un intervalo independiente para esos movimientos de cruce.

Accidentes que impliquen a peatones y vehículos que efectúan cruces, cuando ambos se mueven durante el mismo intervalo.

Otros tipos de accidentes a peatones, si los peatones o conductores no obedecen las señales.

2.9.6 Combinación de las condiciones anteriores (Condición F)

Cuando ninguno de los requisitos anteriores se cumplen en un 100%, pero dos o más se satisfacen en un 80% del valor indicado para cada uno de ellos, se puede considerar justificada la instalación de semáforos.

Las decisiones en estos casos excepcionales deben apoyarse en un análisis completo de todos los factores que intervienen, debiendo estudiarse la conveniencia de emplear otros métodos que ocasionen menos demoras al tránsito.

Una prueba adecuada de otras medidas correctivas que causen menos demora e inconvenientes al tránsito debe preceder a la instalación de semáforos bajo esta condición.

2.10 DURACIÓN DEL CICLO

F. V Webber basándose en observaciones de campo, y simulaciones de condiciones de transito, determinó la longitud del ciclo optimo de la siguiente manera

$$Co = \frac{1,5 L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i}$$

Donde

Co = duración del ciclo.

L = tiempo perdido por ciclo (se obtiene del tiempo de ámbar + el tiempo de reacción del conductor)

Yi = valor máximo entre la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación de para el acceso o movimiento y carril critico.

Para ello divida la UVE (si fuera un solo carril) con el máximo flujo de saturación.

De acuerdo al Highway Capacity Manual se establece como valor máximo 1900 UVE/h ya sea para un solo carril o varios carriles.

Realizar la distribución correspondiente de verde por ciclo.

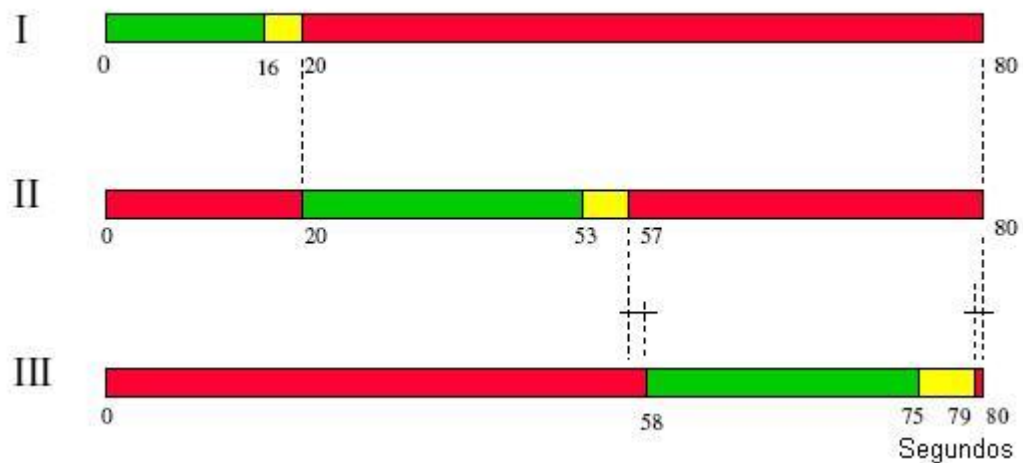
$$Co * \left(\frac{Y}{\sum Y} \right) = G + Am$$

Donde:

G= duración del verde

Am= duración del ámbar.

De donde se obtiene el siguiente diagrama de fases.



Gráfica 2 Diagrama de fases.

Para lo obtención de la longitud del ciclo para el proyecto se hace uso de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{3.6 * D}{V_p} \quad \text{Para carriles de un solo sentido (Formula empírica)}$$

Donde:

C = Longitud del ciclo (seg)

D = Distancia entre intersecciones

Vp = Velocidad de punto en el tramo (Km/h)

OBTENCION DEL CICLO EN LAS HORAS PICO.

GRAL TRIGO HORA: 8:30 - 9:30											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
24,6	17,3	12,7	13,6	16,4	18,8	18,3	17,3	19,1	20,6	19,2	20,7

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
51		52		53		54		55		56	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
241	364	365	386	258	340	264	311	236	323	322	337

<u>DISTANCIA m</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
72,0	77,0	78,3	77,0	71,0	75,5	73,0	73,5	73,0	55,0	76,0	75,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
10,5	16,0	22,1	20,4	15,6	14,4	14,3	15,3	13,7	9,6	14,2	13,0
20		20		20		20		15		20	

SUCRE	HORA: 8:30 - 9:30
-------	-------------------

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
24,6	21,9	15,4	13,8	16,7	17,7	13,8	19,6	18,6	20,7	22,9	16,2

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
50		49		48		47		46		45	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
306	340	310	287	295	359	349	335	390	262	317	317

<u>DISTANCIA m</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
97,0	82,0	72,0	73,0	74,0	71,5	72,0	72,0	73,5	75,0	75,0	76,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
14,2	13,5	16,8	19,1	16,0	14,5	18,8	13,2	14,3	13,0	11,8	16,9
20		20		20		20		20		20	

DANIEL CAMPOS	HORA: 8:30 - 9:30
---------------	-------------------

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
		38		39		40		41		42	
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
23,9	18,3	19,1	12,2	13,6	15,9	15,7	16,1	13,8	17,4	18,0	21,0

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
		38		39		40		41		42	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
197	317	236	328	292	423	332	376	258	247	258	264

<u>DISTANCIA m</u>											
		38		39		40		41		42	
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
70,0	79,0	117,5	77,5	75,0	64,0	65,0	71,0	76,0	77,0	75,0	76,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
10,5	15,5	22,2	23,0	19,9	14,5	14,9	15,9	19,8	15,9	15,0	13,0
20		25		20		20		20		20	

GRAL. TRIGO	HORA: 11:30 - 12:30
-------------	---------------------

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
20,2	11,8	7,9	9,8	12,6	8,4	11,6	13,5	13,5	17,1	20,3	8,9

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
51		52		53		54		55		56	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
275	376	290	368	254	363	258	284	251	347	401	319
<u>DISTANCIA m</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
72,0	77,0	78,3	77,0	71,0	75,5	73,0	73,5	73,0	55,0	76,0	75,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
12,8	23,6	35,6	28,2	20,3	32,3	22,7	19,7	19,4	11,6	13,5	30,4
25		30		30		25		20		30	

SUCRE	HORA: 11:30 - 12:30
-------	---------------------

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
20,4	17,9	18,8	8,2	9,8	8,6	7,2	7,3	16,5	15,5	15,9	19,4

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
50		49		48		47		46		45	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
253	365	297	329	292	387	316	298	347	318	289	357

<u>DISTANCIA m</u>

50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
97,0	82,0	72,0	73,0	74,0	71,5	72,0	72,0	73,5	75,0	75,0	76,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
17,1	16,5	13,8	32,0	27,2	29,8	36,1	35,6	16,1	17,4	17,0	14,1
20		30		30		35		20		20	

DANIEL CAMPOS						HORA: 11:30 - 12:30					
---------------	--	--	--	--	--	---------------------	--	--	--	--	--

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
		38		39		40		41		42	
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
18,6	18,4	16,3	11,5	11,7	10,9	13,3	13,3	13,9	13,9	12,9	15,8

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
		38		39		40		41		42	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
166	330	362	369	318	432	348	355	261	278	202	305

<u>DISTANCIA m</u>											
		38		39		40		41		42	
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
70,0	79,0	117,5	77,5	75,0	64,0	65,0	71,0	76,0	77,0	75,0	76,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
13,6	15,5	26,0	24,3	23,1	21,1	17,6	19,2	19,7	20,0	21,0	17,3
20		25		20		20		20		25	

GRAL TRIGO						HORA: 18:00 - 19:00					
------------	--	--	--	--	--	---------------------	--	--	--	--	--

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
9,4	7,9	6,8	7,8	11,4	11,4	10,6	11,3	8,0	16,1	11,1	19,3

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
51		52		53		54		55		56	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
281	360	294	334	245	312	269	305	240	362	393	327

<u>DISTANCIA m</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
72,0	77,0	78,3	77,0	71,0	75,5	73,0	73,5	73,0	55,0	76,0	75,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
27,7	35,0	41,6	35,4	22,4	23,8	24,8	23,5	32,7	12,3	24,7	14,0
35		35		25		25		30		25	

SUCRE	HORA: 18:00 - 19:00
-------	---------------------

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
9,9	11,8	17,1	8,6	9,2	7,0	5,8	7,1	9,3	12,8	15,1	13,6

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
50		49		48		47		46		45	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
212	353	285	284	258	351	310	313	395	272	315	417

<u>DISTANCIA m</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
97,0	82,0	72,0	73,0	74,0	71,5	72,0	72,0	73,5	75,0	75,0	76,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
35,2	25,1	15,2	30,6	29,0	37,0	45,0	36,5	28,4	21,2	17,9	20,1
30		30		35		35		30		20	

DANIEL CAMPOS	HORA: 18:00 - 19:00
---------------	---------------------

<u>VELOCIDAD PROMEDIO Km/h</u>											
		38		39		40		41		42	
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
14,0	12,9	17,8	10,1	8,8	11,7	11,2	12,5	12,2	13,5	12,1	13,6

<u>VOLUMEN PROMEDIO Veh/h</u>											
		38		39		40		41		42	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
186	447	189	248	301	444	359	402	214	248	198	274

<u>DISTANCIA m</u>											
		38		39		40		41		42	
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b	17a	17b	18a	18b
70,0	79,0	117,5	77,5	75,0	64,0	65,0	71,0	76,0	77,0	75,0	76,0

<u>LONGITUD DE CICLO (seg)</u>											
50		49		48		47		46		45	
7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
18,0	22,0	23,7	27,8	30,7	19,6	20,8	20,4	22,5	20,5	22,3	20,0
25		30		30		20		25		25	

DE LOS VALORES SE OBTIENE LOS VALORES DEL TIEMPO CICLO EN EL SISTEMA DE ACUERDO A LAS HORAS YA ESTABLECIDAS POR LO QUE SE TIENE LOS SIGUIENTES DATOS:

MAÑANA			MEDIO DIA			NOCHE		
TRIGO			SUCRE			DANIEL CAM.		
C=	20	5	C=	20	1	C=	25	3
C=	15	1	C=	25	2	C=	30	1
			C=	30	3	C=	35	2
TRIGO			SUCRE			DANIEL CAM.		
C=	20,0	6	C=	20	3	C=	25	3
			C=	35	1	C=	30	2
			C=	30	2	C=	35	1
TRIGO			SUCRE			DANIEL CAM.		
C=	20	5	C=	20	4	C=	25	3
C=	25	1	C=	25	2	C=	30	2
			C=	30	0	C=	20	1

Del cuadro anterior se puede ver los valores más reiterativos así que se escoge para el cálculo el que tienen mayor número de coincidencias los valores para el turno respectivo es:

RESUMEN								
MAÑANA			MEDIO DIA			NOCHE		
C=	20	16	C=	20	8	C=	20	1
C=	25	1	C=	25	4	C=	25	9
C=	15	1	C=	30	5	C=	30	5
			C=	35	1	C=	35	3

Método F.V.Webster

$$c^0 = \frac{1.5L + 5}{1-E y_i}$$

$$y = \left[t + \frac{v}{2a} \right] + \left[\frac{W + L}{v} \right]$$

Donde:

y = intervalo de fase, amarillo + todo rojo (s)

t = tiempo de percepción menos reacción del conductor a (usualmente 1.00 S.)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de aceleración (valor usual 3.05 m/s*)

w = ancho de la intersección (M.)

L = longitud del vehículos (valor típico 6. 10 M.)

HORA: 8:30 - 9:30											
VELOCIDAD PROMEDIO Km/h											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
24,6	17,3	12,7	13,6	16,4	18,8	18,3	17,3	19,1	20,6	19,2	20,7
6,8	4,8	3,5	3,8	4,5	5,2	5,1	4,8	5,3	5,7	5,3	5,8
VOLUMEN PROMEDIO Veh/h											
51		52		53		54		55		56	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
241	364	365	386	258	340	264	311	236	323	322	337
TIEMPO DE PERCEPCION-REACCION DEL CONDUCTOR (S)											
51		52		53		54		55		56	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<u>TASA DE ACELERACION (m/s²)</u>											
51		52		53		54		55		56	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05
<u>LONGITUD DE VEHICULO (m)</u>											
51		52		53		54		55		56	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10
<u>ANCHO DE ACCESO m</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
9,5	7,3	7,6	6,6	9,0	8,2	7,6	8,4	8,2	21,0	21,0	9,0
11,5	9,3	9,6	8,6	11,0	10,2	9,6	10,4	10,2	23,0	23,0	11,0
<u>CAMBIO DE FASE (seg)</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
9,4	9,9	11,0	10,5	10,4	9,8	9,8	10,1	9,8	11,8	12,2	9,7
10		11		10		10		10		13	

<u>FACTOR VEHICULO PESADO</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0,91	0,85	0,91	0,83	0,91	0,77	0,91	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00
<u>FLUJO CRITICO POR CARRIL</u>											
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0,27	0,36	0,41	0,39	0,29	0,34	0,30	0,31	0,27	0,32	0,36	0,34
<u>CICLO OPTIMO (SEG)</u>											
51		52		53		54		55		56	
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
39,00		70,63		38,49		36,30		34,55		47,47	

La selección del método es a criterio si bien el método de F.V.Webster tiene requiere de más datos y es más completo sin embargo no se puede utilizar los valores encontrados ya que varios datos son asumidos en relación a datos de México y estados unidos donde se realizaron estudios y se llegaron a esos valores, para darle veracidad se debería de realizar con valores de nuestro medio de acuerdo a la geometría de las calles y los tipos de

vehículos que transitan en las calles además de la percepción del conductor que es variable por departamento.

El método de F.V.Webster nos puede servir para tener una referencia hasta que valor podemos realizar un tanteo del tiempo de acuerdo al tipo de sistema que queramos utilizar por lo que no se lo puede descartar.

Las formulas empíricas son mas fáciles de usar pero cuando no llegan a satisfacer los valores encontrados requiere del criterio del proyectista.

Para la elaboración de este proyecto se hará uso de ambos para la mejor obtención del tiempo ciclo

2.10.1 DESFASAMIENTO.

Se denomina desfasamiento al tiempo que transcurre entre un tiempo elegido arbitrariamente como origen y el encendido de un determinado verde. Para que este desfasamiento se mantenga constante a lo largo del tiempo, se precisa que la cadencia de los cambios de luces en todas las intersecciones sea la misma, es decir que se mantenga un mismo ciclo

El desfasamiento en el proyecto es de 17 segundos y la longitud del ciclo es de 35 seg.

2.10.2 DIVISIÓN DEL TIEMPO TOTAL DEL CICLO

Es importante asignar a las diversas calles de una intersección el tiempo que corresponde a la señal de la luz verde según las demandas del tránsito. El método que se describe a continuación ha dado resultados satisfactorios.

Si los espaciamientos entre vehículos que salen de la intersección, medidos en tiempo durante la hora de máxima demanda de tránsito, son aproximadamente iguales en los carriles críticos de las calles que se interceptan, la repartición del ciclo con indicaciones de

luz verde será más o menos correcta cuando los lapsos correspondientes a cada calle se hacen directamente proporcionales a los volúmenes de tránsito en los carriles críticos.

Si durante la hora de máxima demanda existe una diferencia notable en los espaciamientos, medidos en tiempo, entre los vehículos de los dos carriles críticos, debida, por ejemplo, a la presencia de camiones y autobuses en sólo uno de dichos carriles, la división del ciclo con indicaciones de luz verde será aproximadamente correcta, si los lapsos parciales se hacen proporcionales a los productos de volúmenes por espaciamientos en los carriles críticos de las calles que se cruzan.

En el primer caso, supongamos que el espaciamiento entre vehículos para cada una de las calles es el mismo. Los tiempos aproximados T_A y T_B correspondientes a la indicación de luz verde para las calles A y B respectivamente se obtienen como sigue:

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{V_A}{V_B} \qquad T_A + T_B = C''$$

DONDE: T_A = Tiempo verde en intersección A (seg)

T_B = Tiempo verde en intersección B (seg)

C'' = (tiempo total de la luz verde) (seg)

V_A = Tiempo verde en intersección A (seg)

V_B = Tiempo verde en intersección B (seg)

Teniendo 2 ecuaciones con dos incógnitas se hallan ambos tiempos

En el segundo caso, supongamos que el espaciamiento entre vehículos al arrancar en la calle A (E_a) es menor que el espaciamiento (E_b) en la calle B. La diferencia en espaciamiento se podría deber a un alto porcentaje de camiones en el carril crítico de la calle B. La división de los tiempos con indicaciones de luz verde se obtiene, en forma aproximada, como sigue:

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{V_A * Ea}{V_B * Eb}$$

$$T_A + T_B = C''$$

DONDE: T_A = Tiempo verde en intersección A (seg)

T_B = Tiempo verde en intersección B (seg)

C'' = (tiempo total de la luz verde) (seg.)

V_A = Tiempo verde en intersección A (seg)

V_B = Tiempo verde en intersección B (seg)

Eb = Espaciamiento entre vehículos al arrancar en la calle B (seg)

Ea = Espaciamiento entre vehículos al arrancar en la calle A (seg)

Conociendo el espaciamiento que es diferente en ambas intersecciones se obtiene el tiempo de luz verde en cada intersección

Se debe insistir que cálculos tan elementales como los anteriores únicamente son un medio aproximado para determinar el tiempo que corresponde a cada calle. Otras consideraciones, tales como el tiempo necesario para cruces de peatones y las condiciones geométricas de la intersección también afectan las amplitudes de los ciclos de semáforos. Después de la elección inicial de la duración del ciclo y del programa de tiempos, se efectuarán revisiones y estudios del semáforo en funcionamiento, para obtener el programa más adecuado.

Como regla general, ningún lapso de luz verde será menor que el tiempo necesario para que el grupo de transeúntes que espera el cambio de indicaciones pueda cruzar, excepto cuando se dispone de un intervalo especial para peatones. Los experimentos con tiempos de semáforos, en cuanto se refieren a circulación de vehículos, han demostrado que se puede alcanzar una excelente eficacia bajo ciertas condiciones de máxima demanda de tránsito

con lapsos de luz verde tan breves como de 15 segundos; sin embargo, normalmente deben ser algo mayores para permitir a los peatones cruzar la calle con seguridad.

Para la obtención de la longitud del ciclo para el proyecto se hace uso de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{3.6 * D}{V_p} \quad \text{Para carriles de un solo sentido}$$

Donde:

C = Longitud del ciclo (seg)

D = Distancia entre intersecciones

Vp = Velocidad de punto en el tramo (Km/h)

En ningún caso la longitud total del ciclo puede ser menor a 35 seg. y mayor a 120 seg.

2.11 COORDINACIÓN DE LOS SEMÁFOROS

En general, todos los semáforos de tiempo fijo o predeterminado separados entre sí hasta 1.000 m, que controlan el mismo tránsito en una vía principal o en una red de intersecciones de rutas preferenciales deben operar coordinadamente.

Aún a distancias mayores, la coordinación puede ser recomendable bajo ciertas circunstancias.

Se recomienda el empleo de controles interconectados. Sin embargo, la coordinación no podrá mantenerse en las fronteras de sistemas de semáforos que operan en diferentes ciclos, por lo que en un corredor coordinado se deben tener ciclos iguales o ciclos equivalentes.

La coordinación debe incluir tanto semáforos accionados como no accionados o pre-sincronizados siempre y cuando se ubiquen a distancias apropiadas.

Grandes inconvenientes y demora son el resultado de la operación independiente, no interrelacionada de instalaciones de semáforos estrechamente adyacentes que operan con control pre-sincronizado. La mayor parte de este retardo puede eliminarse mediante una coordinación planificada cuidadosamente.

2.11.1 TIPOS DE COORDINACIÓN

La clasificación más útil de los sistemas de control de semáforos está basada en el método de coordinación. Puesto que el propósito de esta coordinación es organizar y dar fluidez al tránsito, es esencial entender de qué manera operará la corriente vehicular según los diversos sistemas. Según esto, existen cuatro tipos de sincronización de semáforos no accionados o pre-sincronizados: Sistema simultáneo, sistema alterno, sistema progresivo limitado y sistema progresivo flexible.

2.11.1.1 SISTEMA SIMULTÁNEO.

En un sistema simultáneo todos los semáforos muestran la misma indicación a lo largo de la vía aproximadamente al mismo tiempo.

Este es uno de los primeros tipos de sistemas de semáforos importantes en la práctica moderna.

En todas las intersecciones, la sincronización esencialmente es la misma y las indicaciones cambian simultáneamente o casi al mismo tiempo, de manera que todos los semáforos indiquen luz verde en la dirección de la calle principal y luz roja en todas las caras que den a las calles secundarias, cambiando alternadamente.

Si únicamente se trata de coordinar hasta cinco intersecciones muy próximas entre sí, deberá emplearse este sistema, dejando un tiempo de luz verde suficiente en la calle principal para permitir que pase una proporción mayor de la circulación y despeje de las intersecciones.

Cuando la intensidad del tránsito es alta, el sistema simultáneo puede dar buenos resultados. Cuando el volumen de tránsito es bajo este sistema no es recomendable, debido a que se propician altas velocidades entre tiempos de luz verde y la velocidad media resulta baja debido a la detención simultánea de todo el tránsito a lo largo de la vía, que impide el movimiento continuo.

Igualmente, la proporción de longitud de ciclo e intervalo usualmente es controlada por los requerimientos de una o dos intersecciones principales del sistema. Esto puede causar grandes deficiencias en las intersecciones restantes.

2.11.1.2 SISTEMA ALTERNO

En el sistema alterno los semáforos adyacentes o grupos de semáforos adyacentes muestran indicaciones alternas a lo largo de una ruta determinada. En el sistema alterno sencillo, los semáforos adyacentes muestran indicaciones contrarias u opuestas. Los sistemas alternos dobles y triples consisten en un grupo de dos o tres semáforos que respectivamente muestran indicaciones contrarias.

El sistema alterno usualmente es un mejoramiento del sistema simultáneo en el sentido de que a través de una serie de intersecciones controladas de esta manera puede haber, bajo condiciones favorables, un movimiento continuo de grupos de vehículos a una velocidad predeterminada, siendo esto sumamente eficiente donde las longitudes de las cuadras, o de los grupos alternados de cuadras, son iguales.

En estos sistemas se deja un desfase de medio ciclo entre grupos de intersecciones adyacentes,

El sistema alterno puede ser operado con un solo control, aunque es recomendable el uso de controles locales para una mayor flexibilidad en la operación.

2.11.1.3 SISTEMA PROGRESIVO LIMITADO

En el sistema progresivo limitado se fija una duración común a los ciclos y las indicaciones de luz verde se dan independientes, de acuerdo con las exigencias de cada intersección y de conformidad con un programa de tiempos para permitir circulación continua o casi continua de grupos de vehículos que circulan a la velocidad de proyecto.

Para asegurar una operación satisfactoria es necesaria una inspección periódica de estos sistemas. Los indicadores de fallas de potencia visuales aceleran la detección de los controladores que no estén funcionando dentro de la programación deseada.

2.11.1.4 SISTEMA PROGRESIVO FLEXIBLE

El sistema progresivo flexible abarca todas las características del sistema progresivo limitado y tiene una serie de características adicionales que dependen del tipo de controlador de la intersección, del control maestro y de otros accesorios. Se usa un ciclo común en todo el sistema. No obstante, la duración del ciclo se puede variar con la frecuencia que se desee, en función del día de la semana y/o la hora del día.

Mediante el uso de controles en intersecciones con carátulas múltiples, es posible establecer varios programas para la división del ciclo y cambiar los desfases con la frecuencia deseada. Se pueden establecer programas de tiempo predeterminados en los controles múltiples, favoreciendo o dando preferencia a las circulaciones de máxima demanda durante el día o la semana, demandas fuera de la hora pico y otras condiciones del tránsito. Con esta flexibilidad es posible dar servicio eficaz a demandas variables del tránsito en cada intersección dentro del sistema.

En un sistema progresivo es necesario conocer las demandas de tránsito para poder seleccionar los programas de tiempo y coordinación apropiados. Las mediciones de intensidades de tránsito y de velocidad son esenciales para determinar correctamente las duraciones de ciclos, sus divisiones y desfases.

La velocidad o las velocidades para las que se diseña un sistema progresivo flexible deben concordar con las que desarrolla el tránsito si se suprimen paradas para permitir circulaciones transversales y pasos de peatones. Después de que la corriente vehicular se haya adaptado al sistema progresivo, es posible aumentar la velocidad sin perjuicio de la seguridad.

Los sistemas progresivos en arterias urbanas se regulan para velocidades que varían desde 30 hasta 60 kilómetros por hora. Debe darse atención a la relación de las velocidades de proyecto de los sistemas de semáforos y las velocidades legalmente permitidas.

En general, un sistema progresivo flexible diseñado y operado adecuadamente, es el sistema pre sincronizado que mejor se adapta al movimiento eficiente del tránsito. Sus ventajas incluyen las siguientes:

- Con una capacidad de vías adecuadas y un espaciamiento favorable entre semáforos, el movimiento continuo de grupos enteros de vehículos es posible con un mínimo de retardo y a una velocidad promedio planificada para el sistema.
- Un alto grado de eficiencia resulta al proporcionar períodos de verde para ajustarse a los requerimientos del tránsito en cada intersección.
- Se estimulan velocidades más uniformes.
- Se adapta mejor a las diferencias en las longitudes de las cuabras que otros sistemas pre sincronizados

El área de estudio cuenta con 18 intersecciones solo una no está semaforizada el sistema de coordinación es el siguiente dos verdes y un rojo.

Todos los tiempos son iguales ya que son mandados por un cerebro que se tiene en la intersección Av. Domingo Paz y Campero. Por lo que si modificamos ese tiempo todos se verán alterados, el sistema actual que se propone es el sistema alterno triple por las ventajas que este nos proporciona, para luego cambiar dentro de un periodo de tiempo al sistema simultaneo.

Se debe definir previamente las calles que serán el flujo principal y secundario, como se conoce todos los datos necesarios no será un problema.

Sistema alterno triple es decir que tres semáforos que respectivamente muestran indicaciones contrarias a lo largo de la vía se llega a esta solución debido al análisis que se efectuó y de acuerdo a las características del tráfico tanto como en volumen y velocidad, y teniendo calles aproximadamente iguales

El sistema alterno puede ser operado con un solo control, como es en nuestro caso aunque es recomendable el uso de controles locales para una mayor flexibilidad en la operación.

2.12 ANÁLISIS TECNOLÓGICO

Uno de los aspectos importantes en todo proyecto es la tecnología que se usara para resolver un determinado problema, debido a que se posee más de un medio para dar una solución, no obstante esta solución dependiendo del criterio que se use para evaluarla no necesariamente puede llegar a ser la más optima.

A continuación se compara tres tecnologías que se pueden usar para la resolución del problema de semaforización.

2.12.1 CONTROL EN BASE A PIC.

El campo del micro controlador tiene sus principios de desarrollo en la tecnología de los circuitos integrados, en la cual es posible almacenar miles de transistores dentro de un solo chip. Esto fue un prerequisite para la producción de los microprocesadores. Las primeras computadoras fueron construidas agregando componentes externos como lo son: memorias, puertos de salida y entrada, contadores de tiempo, entre otros. Con el crecimiento en el desarrollo del circuitos integrados fue posible hacer mas grandes los encapsulados, logrando integrar en un solo encapsulado los procesadores y periféricos

Un micro controlador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador.

Los micro controladores están conquistando el mundo. Están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usamos los humanos.

Los micro controladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, el sistema de arranque de nuestro coche, etc. Y otras aplicaciones con las que seguramente no estaremos tan familiarizados como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial, etc. Una aplicación típica podría emplear varios micro controladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

Su facilidad en la forma de programación principalmente por lista de instrucciones, así como compiladores que se basan en lenguaje C y Basic, además de que es ideal para aquellas aplicaciones que no se encuentra expuesta a un entorno hostil.

Uno de los aspectos importante que se debe tomar en cuenta es la protección de la tarjeta controladora, a menudo se ve que, cuando el controlador se lo coloca en el exterior se usan cajas, las cuales por no incrementar el costo del proyecto, no cuentan con la protección necesaria para el soportar el medio ambiente, lo cual ocasiona que la tarjeta controladora,

debido a diferentes elementos (humedad, polvo, temperatura), comience a fallar y deje fuera de servicio la intersección a controlar.

Para determinar el tipo de protección necesaria, se usa el estándar IEC 60529 el cual describe un sistema para clasificar los grados de protección aportados al equipamiento eléctrico por los contenedores que los protegen. Este estándar está diseñado para calificar de manera numérica a un producto en el nivel de protección que su contenedor le proporciona. Al asignar diferentes códigos numéricos, el grado de protección del producto puede ser identificado de manera rápida y con facilidad. Así, por ejemplo, en el código IP54, las letras IP identifican al estándar (una herencia de la antigua terminología International Protection), mientras que el valor 5 en el primer dígito describe el nivel de protección ante objetos sólidos y el valor 4 en el segundo dígito describe el nivel de protección frente a líquidos (normalmente agua).

Primer dígito

0 No protegido.

1 Protegido frente a objetos sólidos de 50 mm de diámetro y mayores.

2 Protegido frente a objetos sólidos de 12,5 mm de diámetro y mayores.

3 Protegido frente a objetos sólidos de 2,5 mm de diámetro y mayores.

4 Protegido frente a objetos sólidos de 1 mm de diámetro y mayores.

5 Protegido del polvo.

6 Protegido completamente del polvo.

Segundo dígito

0 No protegido

1 Protegido frente a caída del agua.

2 Protegido frente a caída del agua.

3 Protegido frente a nebulización de agua.

4 Protegido frente a agua arrojada.

5 Protegido frente a chorros de agua.

6 Protegido frente a chorros muy potentes de agua.

7 Protegido frente a inmersión en agua.

8 Protegido frente a inmersión continua en agua.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta, además son las protecciones contra las sobretensiones, esto es muy importante debido a la sensibilidad del mismo micro controlador, un aumento de tensión demasiado alta en su alimentación ocasionara que este falle.

Para la visualización de datos similar a lo que ocurre con el SCADA, es necesario desarrollar el programa de visualización, un protocolo para la lectura de datos, y la comunicación entre las mismas unidades.

2.12.2 CONTROL USANDO PLC E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.

En un comienzo el control de procesos industriales se hacía de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores,...) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, temporizadores, etc.) por otra.

El PLC, también es otra opción viable a la cual se puede acudir; una de las grandes ventajas que se tiene, es la robustez que posee el equipo a la perturbación producida por el ruido, además está adaptado para trabajar a condiciones de trabajo más duras, también la misma instrumentación que se usara para la adquisición de dato del PLC, está diseñada para un entorno agresivo, de tal manera que se puede confiar en la robustez de la misma.

Para la programación del PLC, se cuenta con paquetes de software provisto por el fabricante, la programación de los PLC se puede realizar tanto por lista de instrucciones, lenguaje escalera y bloque de funciones, dichos paquetes de programación cuentan además con bloques de función ya programados, lo cual acelera el desarrollo del programa específico de control al no tener que construir uno.

Para la adquisición de datos, se usa sistema de tipo SCADA, los cuales permiten un control y visualización de las variables que se están leyendo actualmente, además de encargarse del tener un registro de las alarmas que surgieron al realizar el proceso, clasificar el tipo de alarma, así como la generación de reportes de errores en el mismo sistema.

Cabe señalar, que es necesario contar con un sistema de respaldo, para que en caso de que la energía caiga el PLC, siga controlando el trafico de la intersección sin ningún problema y sin generar condiciones de conducción peligrosa, de la misma manera, es necesario protegerlo, tanto del medio externo con una caja que soporte las condiciones medioambientales, así como protecciones contra sobretensiones.

2.12.3 SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁFICO.

Es la solución más completa del mercado, junto con los mismos sistemas de control de tráfico incluye otro tipos de ventajas como ser, las señales electrónicas de indicación de tráfico, semáforos, cámaras de video para el control de tráfico, control de zonas para parqueo, reportes de tráfico, y salas de equipadas especialmente para la tarea.

Marcas como Siemens, usan tarjetas de circuitos integrados propias, y sus sistemas permiten una ampliación y adaptación optima a las situaciones particulares que se pueden

presentar, junto con ello, las empresas también ofrecen sus propios bastidores, los cuales garantizan la protección efectiva del equipo ante las condiciones a las cuales va a estar expuesto.

En lo referente al software disponible, las empresas que distribuyen las soluciones, ofrecen su propio software diseñado específicamente para conseguir un buen control de tráfico, además se ofrece otro tipo de software, para la planificación de flujo de las intersecciones.

Otro de los servicios que también se ofrece, es el estudio del problema por medio de personal capacitado de la propia empresa o la capacitación para que el personal local se encargue del estudio de tráfico y llegar a una solución optima del problema, además también se incluye la capacitación de los técnicos de manteniendo, para que ellos se encarguen de la reparación y mantenimiento del sistema.

El sistema de control que se usara, será el basado en PLC e instrumentación industrial, debido principalmente a que este posee un costo intermedio entre las tres soluciones, además de que en el mercado local se cuenta, con buena parte del equipo a usarse

SOLUCIÓN PROPUESTA.

Para toda el área de estudio, la solución que se propone es instalar un sistema de semaforización basado en tiempos variables, los cuales darán un mayor grado de prioridad a la circulación del casco viejo dependiendo de la hora del día, con el objetivo de mejorar el flujo vehicular en la intersección.

Al sistema de control de tráfico, se le incorporará una sala de control, con el objetivo de visualizar las variables que se tienen actualmente, modificar los modos de programación que se tienen en los controladores de acuerdo a la situación que se tenga actualmente dando flexibilidad a la programación que se tiene.

Este sistema tendrá una serie de ventajas en comparación con el actual, como ser el caso de alertar tanto si una lámpara se encuentra fundida así como si en la intersección se fue la electricidad, con el fin de que el operador del centro de control se comuniquen con la entidad correspondiente de mantenimiento.

Debido a que el suministro eléctrico que posee la ciudad de Tarija, no es muy confiable y el incorporar un sistema de generación de energía de respaldo para toda la intersección a controlar que sea compacto, implicaría un gasto adicional, solo se poseerá una unidad de energía de respaldo para la unidad controladora y el modem de comunicación, de tal manera que si en la intersección se corta la electricidad, se envíe una alarma a la central para que el operario llame a los servicios correspondientes, y de tal manera, cuando se cuente nuevamente con la energía eléctrica, el tiempo en el cual la intersección vuelva a ser operacional, sea mínimo.

Este sistema estará conformado por autómatas programables, los cuales controlaran las lámparas del semáforo, asignado el tiempo adecuado de duración de verde, de acuerdo a la demanda de tráfico que se haya registrado anteriormente.

La comunicación con el centro de control, se hará por medio de radio frecuencia, los PLC esclavos informaran al PLC maestro el estado actual de las luces de tráfico además de las alarmas correspondientes. El PLC maestro se usara para controlar la correcta sincronización entre intersecciones

El software que se usara en la programación de los PLC es el OMRON ZEN que es de fácil programación por medio de relés, la conexión es sencilla al igual que el cableado.

En lo concerniente al aspecto de protección, se recomienda que la caja posea una protección IP 65 y que también posea una protección contra sobretensiones en la alimentación.

RAZONES QUE DIERON LUGAR A LA ELECCION DEL PLC



FLEXIBLE ya que se pueden añadir hasta 3 módulos expansores de E/S en el caso en que no sean suficientes los 10 puntos incorporados en la CPU.

FÁCIL ya que para utilizarlo prácticamente sólo hay que cablearlo. La programación es muy sencilla; desde la pantalla LCD y las 8 teclas del frontal se puede programar, monitorizar y cambiar

los parámetros, hacer selección de tiempos, mantenimiento local del programa, configurar las entradas y salidas para solucionar cualquier aplicación doméstica, etc.

Por otro lado, se pueden visualizar mensajes definidos por el usuario y ofrece protección por contraseña. Además, la pantalla LCD dispone de luz de fondo para permitir su visibilidad en lugares oscuros y se pueden definir las operaciones después de cablear, por lo que su programación y mantenimiento se convierte en una tarea muy sencilla.

INTEGRO ya que reúne funciones de gran potencia y dispone de temporizadores y bits de retención para mantener la tranquilidad del usuario en caso de fallo del suministro eléctrico. Además, este módulo tiene gran poder de corte de corriente (8 A.) lo que permite el ahorro en la instalación de relés intermedios. También cuenta con entradas analógicas simples (2 puntos compartidos) para el control de temperaturas en hogares, pequeñas aplicaciones industriales, etc., y mediante casetes de memoria opcionales se pueden guardar los programas así como transferir o copiar a otro ZEN con total facilidad.

ECONÓMICO porque minimiza los costos de cableado y sustituye a temporizadores, contadores, etc. Y es que los cuadros de control son más compactos y se reduce el coste de montaje y cableado al integrar temporizadores/contadores, entradas de alterna, calendario y todas las funciones para automatizar la mayoría de las maniobras estándar.

Con todo ello, ZEN resulta ideal en aplicaciones de carácter doméstico o utilitario.

3.1. CONCLUSIONES

Después de realizar todo el análisis, los aforos respectivos en cada punto del área de estudio se llegan a las siguientes conclusiones:

Con todo el procesamiento de datos que se realiza se define como calle principal a todas las calles comprendidas en la dirección ESTE-OESTE.

Las horas pico son:

En la mañana 8:30 a 9:30 am

Medio día 11:30 a 12:30 am

Noche: 18:30 a 19:00 pm

El tiempo ciclo calculado en las horas pico para todas las intersecciones no exceden los 30 seg. Por lo que se toma como valor de diseño 35 seg ya que es valor mínimo aceptado por la norma.

Para llegar a esta conclusión se hizo uso de formulas empíricas.

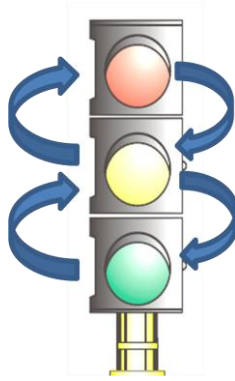
El valor de los tiempos de la fase verde, rojo y amarillo son de:

rojo	19
amarillo	4
verde	34
rojo sec	34
amarillo sec	3
verde sec	19

Estos valores se asumen debido a que son los datos que más se repiten en los tres turnos el número de repeticiones es de 18.

A diferencia del sistema actual el diseño está incluido los tiempos amarillos de acuerdo al tipo de calle ya sea principal o secundaria y dando uso a estos en el ciclo del semáforo.

Esto quiere decir que la secuencia será:



ROJO – AMARILLOs - VERDE – AMARILLOp

Este ciclo debe cumplirse por normas de seguridad.

Está confirmado que la ciudadanía de Tarija carece de educación vil.

Se deben tener registros periódicos para la intervención temprana a estos problemas.

El nuevo sistema propuesto en el presente proyecto ayudara a la descongestión ya que se pretende que los vehículos circulen de manera más fluida por las calles del casco viejo

El sistema con el que se diseñara es el sistema triple alterno esto con la finalidad de incrementar la velocidad de punto de manera que después de un tiempo se pueda reemplazar por el sistema simultáneo que consistirá en encender todos los semáforos de la calle principal en verde y rojo en la secundaria.

Esto también necesitara ampliar el ciclo para que puedan pasar la mayor cantidad de vehículos pero esto se realizara con plazos que serán planteados y analizados con el departamento de tráfico y Transporte de la ciudad de Tarija.

3.2 RECOMENDACIONES

En la realización de los aforos ya sean de velocidad y volumen se debe tener seriedad en el conteo ya que una mala información puede perjudicar de manera significativa en los resultados.

Se debe tener un cronograma y hacer una revisión de los datos a utilizar además de planillas tipo que serán utilizadas a lo largo del estudio.

Si personas ajenas ayudaran con el aforo estas deben estar previamente capacitados para lograr el objetivo.

Realizar un seguimiento a las entidades involucradas en el proyecto ya que nos pueden proporcionar información muy importante.

No se debe manejar la secuencia actual ya que presenta muchas deficiencias

Los tiempos de fase verde y demás deben ser establecido bajo fundamentos y por una persona capacitada.

Es de mucha importancia saber que la instalación de un semáforo es de gran ayuda pero solo si este está bien diseñado de manera contrario sería un aspecto negativo ya que generaría grandes colas y afectando así a la circulación de los vehículos.