



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

---

“ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019”

---

Presentado por los bachilleres:

Zapana Huallparimachi Frank.

Ojeda Quispe Joseph Mario

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

MSC. Ing. Perez Montesinos Jean Fernando

CUSCO – PERÚ

2021



## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con mucho amor y cariño.

A Dios y a la Virgen Por darme la vida, dones y una familia muy hermosa.

Por cuidarme, protegerme y abrirme el camino frente a cada dificultad.

A mis padres Oscar Zapana y Carmen S. Huallparimachi por darme la vida, haberme cuidado y haberse esforzado para que jamás me falte nada, para ustedes en especial espero se sientan orgullosos, gracias por sus enseñanzas y su amor.

Al ángel que Dios y la virgen me han enviado Pool J. Zapana Huallparimachi por ser uno de mis motivos de seguir adelante y por brindarme su amor puro e incondicional.

Mis sinceras gracias y todo mi respeto a mis abuelos, tíos, primos y sobrinos, nunca podré terminar de agradecerles por tantas lecciones importantes que me hacen lo que hoy soy, los quiero mucho.

A mis amigos y personas cercanas por su gran ayuda y por estar conmigo en los momentos felices y tristes.

A mis docentes quienes me brindaron todo su conocimiento y atención para que llegue a ser un buen profesional.

Sin su apoyo esta tarea hubiese sido muy difícil.

Frank Zapana Huallparimachi



A Dios

Por darme la vida, los talentos, dones y una valiosa familia.

Por cuidarme, protegerme y abrirme el camino frente a cada dificultad.

A mis padres: Mario Ojeda y Yoni Quispe.

Por darme las herramientas necesarias para ser un ser humano de bien, por el apoyo incondicional durante mi formación profesional, por la confianza y el respaldo en todo el tiempo que duró la Tesis de investigación.

Al amor de mi vida Vanessa Callata.

Por ser mi compañera, amiga, confidente y confiar en mí incondicionalmente, ser el apoyo que necesite para concluir con esta tarea y sobre todo darme lo que todo hombre desearía una familia.

A mis compañeros y amigos de toda la vida.

Por su compañía, comprensión, paciencia, apoyo, consejos durante el transcurso de la elaboración del proyecto de investigación.

A mis demás familiares y amigos

Por ser de buen ejemplo a seguir, por la disposición que mostraron para apoyarme en todo momento durante el transcurso de la elaboración de la tesis de investigación.

Finalmente, a los docentes, aquellos que marcaron cada etapa de mi formación profesional, que me ayudaron con asesorías y resolvieron mis dudas presentadas en la elaboración de la tesis de investigación.

Joseph M. Ojeda Quispe



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Andina del Cusco por darnos la oportunidad de formarnos como hombres de bien y ser profesionales.

A nuestro asesor Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos quien, con su conocimiento, experiencia, paciencia y sobre todo su tiempo nos ayudó a concluir la tesis.

Con mucho reconocimiento se agradece a todos los docentes de la facultad de ingeniería y arquitectura que nos brindaron su conocimiento, a las instituciones y demás que aportaron para la realización de esta tesis.



## RESUMEN

La presente investigación tiene como meta principal la determinación de los niveles de servicio y la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau de la ciudad del Cusco.

Para determinar la Capacidad vial y Niveles de Servicio se realizó la toma de datos de campo que consistió en realizar aforos vehiculares en las intersecciones de este corredor, considerando las horas de mayor demanda (hora pico). Así mismo, se lograron obtener las características geométricas de estas dos vías principales de la ciudad del cusco con un levantamiento topográfico de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau, de igual forma para la determinación de las condiciones sanforizadas se realizó un inventario detallado del comportamiento de los semáforos en las intersecciones semaforizadas de estas dos vías.

El procesamiento de información consistió en desagregar y agrupar esta información de aforos, geometría y condiciones semafóricas de cada una de las intersecciones de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau segregado para el cálculo de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas usando el método determinístico el Highway Capacity Manual (HCM 2016) el cual está incorporado en el software de simulación SYNCHRO 10, dicho software nos permitió realizar la simulación de toda la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau en el estado actual

De igual forma con los datos obtenidos de los aforos vehiculares se procedió a la determinación de la capacidad y niveles de servicio, así como también las demoras, usando el modelo de seguimiento vehicular que usa el método probabilístico en el software VISSIM 2019 en las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau.

En conclusión, con el estudio realizado para el método determinístico (SYNCHRO 10) y el de seguimiento vehicular que usa el método probabilístico (VISSIM 2019) observamos que los niveles de servicio son parecidos.

Palabras clave: método determinístico, método probabilístico, modelo de seguimiento vehicular, Capacidad Vial, Niveles de servicio.



## ABSTRACT

The present research has as its main goal is to determine the service levels and road capacity of the traffic light and unsignalized intersections of Agustín Gamarra Avenue and Grau avenue extension in the city of Cusco. The objective of the analysis was basically to evaluate the service levels at the intersections when reducing capacity by excluding a lane for public transport service and see if it is feasible or if this section can be maintained and you can Add a new lane to replace the decrease in road capacity.

To determine the Road Capacity and Service Levels, field data collection was carried out, which consisted of carrying out vehicle counts at the intersections of this corridor, considering the hours of greatest demand (peak hour). Likewise, it was possible to obtain the geometric characteristics of these two main roads of the city of Cusco with a topographic survey of Agustín Gamarra Avenue and Grau avenue extension, in the same way to determine the sanforized conditions, a detailed inventory of the behavior was carried out. of the traffic lights at the signalized intersections of these two roads.

The information processing consisted of disaggregating and grouping this information on traffic lights, geometry and traffic light conditions of each of the intersections of Agustín Gamarra Avenue and Grau avenue extension segregated for the calculation of the road capacity and service level of the traffic light intersections and not traffic lights using the deterministic method the Highway Capacity Manual (HCM 2016) which is incorporated into the SYNCHRO 10simulation software, said software allowed us to simulate the entire Agustín Gamarra Avenue and Grau avenue extension in the current state

In the same way, with the data obtained from the vehicle gauges, the capacity and service levels were determined, as well as the delays, using the vehicle tracking model that uses the probabilistic method in the VISSIM 2019 software in the traffic light intersections and no traffic lights on Avenida Agustín Gamarra and Grau avenue extension.

In conclusion, with the study carried out for the deterministic method (SYNCHRO 10) and the vehicle tracking method that uses the probabilistic method (VISSIM 2019), we observed that the service levels are similar.

Keywords: deterministic method, probabilistic method, vehicle tracking model, road capacity, service levels.



## Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Frank Joshep Zapana Huallparimachi  
Título del ejercicio: TESIS DE GRADO  
Título de la entrega: ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS...  
Nombre del archivo: TESIS\_FRANK-JOSEPH.pdf  
Tamaño del archivo: 15.78M  
Total páginas: 276  
Total de palabras: 52,380  
Total de caracteres: 320,751  
Fecha de entrega: 04-mar-2021 10:12a.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 1524097288

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UAC

TESIS

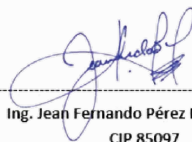
"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU: APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y MICROSIMULACION CON VISSIM"

Presentado por los bachilleres:  
Zapana Huallparimachi Frank.  
Ojeda Quispe Joseph Mario

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:  
MSC. Ing. Perez Montesinos Jean Fernando

CUSCO - PERÚ  
2021



Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos  
CIP 85097



# PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA

## ORIGINALITY REPORT

7 [repositorio.unap.edu.pe](https://repositorio.unap.edu.pe)  
Internet Source

1 %

8 [upcommons.upc.edu](https://upcommons.upc.edu)  
Internet Source

Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos

CIP 85097





# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

25

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

3

“ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y MICROSIMULACION CON VISSIM”

Presentado por los bachilleres:

Zapana Huallparimachi Frank.

Ojeda Quispe Joseph Mario

22

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

MSC. Ing. Perez Montesinos Jean Fernando

CUSCO – PERÚ

2021

Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos

CIP 85097



# PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA

## ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1 [docslide.us](https://docslide.us) Internet Source 2%

2 [virtual.uptc.edu.co](https://virtual.uptc.edu.co) Internet Source 2%

3 [dspace.utpl.edu.ec](https://dspace.utpl.edu.ec) Internet Source 2%

4 [docs.com](https://docs.com) Internet Source 1%

5 [www.ici.edu.pe](https://www.ici.edu.pe) Internet Source 1%

6 [vision-traffic.ptvgroup.com](https://vision-traffic.ptvgroup.com) Internet Source 1%

7 [repositorio.unap.edu.pe](https://repositorio.unap.edu.pe) Internet Source 1%

8 [upcommons.upc.edu](https://upcommons.upc.edu)

Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos  
CIP 85097



## INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular y el mal estado de la vía son los principales problemas urbanos que afectan a una ciudad, es por eso que hoy en día la planificación vial y urbanística es de suma importancia.

En el presente trabajo de investigación se analizará la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau; se aplica la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y se realizará una micro simulación con el software VISSIM 2019.

El Capítulo I del presente trabajo de investigación está basado fundamentalmente a la identificación y descripción del problema de los tramos involucrados, se plantean también objetivos de la investigación y desarrollo de la importancia tiene dicha investigación.

En el Capítulo II, se plantean las hipótesis del trabajo de investigación y para mejor entendimiento, este capítulo tiene contenido conceptual en el que se desarrollaran los antecedentes de la investigación, también se contextualizan y exponen los conceptos de términos pertinentes como son: capacidad vial, nivel de servicio, capacidad de intersecciones semaforizadas, intersecciones a nivel y desnivel y teoría sobre el manual de capacidad vial HCM 2016.

En el Capítulo III, se describe y desarrolla la metodología para alcanzar los objetivos planteados en el Capítulo I, se presenta los datos recolectados y el proceso de análisis de dichos datos, donde se evalúa la capacidad vial y nivel de servicio según el manual de capacidad vial HCM 2016.

El Capítulo IV, está basado fundamentalmente en la presentación de resultados, la comprobación de las hipótesis planteadas en el Capítulo II, y precisar si han sido alcanzados los objetivos planteados en el Capítulo I, haciendo mayor énfasis en los resultados aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016

En el Capítulo V, se exponen las conclusiones a las hemos llegado con el presente trabajo investigación y se determina si las propuestas tienen un impacto positivo para mejorar la capacidad vial y nivel de servicio en los tramos estudiados en el presente trabajo de investigación.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b> .....	<b>1</b>
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema.....	9
1.2. Justificación e importancia de la investigación .....	10
1.2.1. Justificación técnica.....	10
1.2.2. Justificación social.....	11
1.2.3. Justificación por viabilidad.....	11
1.2.4. Justificación por relevancia. ....	11
1.3. Limitaciones de la Investigación.....	11
1.4. Objetivo de la investigación.....	12
1.4.1. Objetivo general. ....	12
1.4.2. Objetivos específicos.....	12
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual.....	13
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional. ....	13
2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional.....	15
2.2. Aspectos teóricos pertinentes.....	16
2.2.1. Manual de Capacidad de Carreteras .....	16



2.2.2.	Características del Software PTV VISSIM .....	18
2.2.3.	Tipo de infraestructura.....	18
2.2.4.	Componentes del tránsito. ....	18
2.2.5.	Capacidad Vial. ....	22
2.2.6.	Cálculo de la capacidad. ....	23
2.2.7.	Nivel de Servicio. ....	25
2.2.8.	Parámetros Básicos: Volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad.....	28
2.2.9.	Análisis del flujo vehicular.....	30
2.2.10.	Variables relacionadas con el flujo vehicular y la demanda. ....	30
2.2.11.	Variables relacionadas con la velocidad (T, 2019).....	31
2.2.12.	Variables relacionadas con la densidad.....	31
2.2.13.	Intersección a nivel y desnivel.....	32
2.2.14.	Procedimiento general para el diseño de una intersección vial.....	33
2.2.15.	Intersecciones. ....	34
2.2.16.	Los Accidentes y las Intersecciones .....	43
2.2.17.	Synchro Studio (aplicación del modelo determinístico HCM 2016) .....	44
2.2.18.	Synchro Studio .....	45
2.2.19.	Modelamiento por seguimiento Vehicular – Simulación PTV VISSIM.....	46
2.2.20.	Modelo de Wiedemann 99 (modelo de seguimiento vehicular para modelación VISSIM).....	49
2.2.21.	Micro simulación del tráfico.....	52
2.2.22.	Fundamentos de la Micro simulación.....	52
2.2.23.	Interacción de Vehículos. ....	57
2.2.24.	Grado de Saturación .....	57
2.2.25.	Dispositivos para el Control del Tránsito.....	69
2.2.26.	Teoría de colas.....	71



2.2.27.	Capacidad y Nivel de Servicio .....	71
2.2.28.	Metodología del HCM.....	72
2.2.29.	Synchro Studio 10 .....	84
2.2.30.	Demora, Colas y detención en intersecciones .....	85
2.2.30.1.	Intersecciones con semáforos .....	85
2.2.31.	Clasificación del sistema vial urbano .....	97
2.2.32.	Levantamiento topográfico.....	103
2.2.33.	Señalización de los puntos de control BM .....	107
2.2.34.	Metodología del conteo vehicular .....	107
2.2.35.	Vehículos de diseño.....	109
2.2.36.	Hipótesis general .....	114
2.2.37.	Sub hipótesis.....	114
2.3.	Definición de variables.....	114
2.3.1.	Variables dependientes .....	114
2.3.2.	Variables independientes.....	115
2.3.3.	Cuadro de Operacionalización de Variables .....	116
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA .....</b>		<b>117</b>
3.1.	Metodología de la investigación.....	117
3.1.1.	Enfoque de la investigación.....	117
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación. ....	117
3.1.3.	Método de investigación.....	118
3.2.	Diseño de la Investigación:.....	118
3.2.1.	Diseño Metodológico: .....	118
3.2.2.	Diseño de Ingeniería.....	118
3.3.	Población y Muestra .....	119
3.3.1.	Población .....	119
3.3.2.	Muestra .....	121



3.3.3.	Criterios de inclusión.....	123
3.4.	Instrumentos.....	123
3.4.1.	Instrumentos metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.....	123
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería.....	126
3.5.	Procedimientos de Recolección de Datos.....	131
3.5.1.	Recolección de datos de la intersección 1: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército(semáforizada). ....	131
3.5.2.	Recolección de datos de la intersección 2: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (semáforizada). ....	135
3.5.3.	Recolección de datos de la intersección 3: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla (semáforizada). ....	140
3.5.4.	Recolección de datos de la intersección 4: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional (no semáforizada). ....	144
3.5.5.	Recolección de datos de la intersección 5: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte (no semáforizada). ....	148
3.5.6.	Recolección de datos de la intersección 6: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte (no semáforizada). ....	152
3.5.7.	Recolección de datos de la intersección 7: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (semáforizada). ....	156
3.5.8.	Recolección de datos de la intersección 8: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú (no semáforizada). ....	160
3.5.9.	Recolección de datos de la intersección 9: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte (no semáforizada). ....	165
3.5.10.	Recolección de datos de la intersección 10: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena (no semáforizada). ....	169
3.5.11.	Recolección de datos de la intersección 11: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte (no semáforizada). ....	173
3.6.	Procedimientos de análisis de datos.....	176
3.6.1.	Importancia del levantamiento topográfico.....	176



3.6.2. Puntos de control (BM) .....	177
3.6.3. Análisis de Datos de las características geométricas de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la vía.....	178
3.6.4. Análisis de Datos de las características semaforicas de las intersecciones semaforizadas de la vía .....	184
3.6.5. Conteo de tránsito.....	187
3.6.6. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	188
3.6.7. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	197
3.6.8. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	205
3.6.9. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	213
3.6.10. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	221
3.6.11. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	229
3.6.12. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	237
3.6.13. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	245
3.6.14. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	253
3.6.15. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	261
3.6.16. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	269
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>277</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIONES.....</b>	<b>281</b>





GLOSARIO.....	283
CONCLUSIONES .....	285
RECOMENDACIONES .....	289
REFERENCIAS .....	291
ANEXOS.....	294

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación .....	35
Tabla 2. Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas .....	72
Tabla 3. Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas .....	73
Tabla 4. Grupos de carriles típicos para el análisis de intersecciones semaforizadas (TRB, 2000, p. 16-7) .....	74
Tabla 5. Factores de ajuste del flujo de saturación (TRB, 2000, p. 16-11).....	78
Tabla 6. Factor de ajuste por coordinación para el cálculo de la demora uniforme (TRB, 2010, p. 16-20) .....	82
Tabla 7 : Parámetros para el cálculo de la cola excedente .....	88
Tabla 8 : Demora geométrica según categoría de intersección y movimiento.....	96
Tabla 9 : Velocidades en intersecciones según modelos sintéticos [m/s] .....	96
Tabla 10: resumen de parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas ..	102
Tabla 11: resumen de parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas ..	103
Tabla 12 : Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras .....	112
Tabla 13 :Tipología Vehicular .....	113
Tabla 14 :Tipología Vehicular .....	113
Tabla 15 :Cuadro de operacionalización de variables.....	116
Tabla 16 Formato de fichas de aforo vehicular.....	124



Tabla 17 Formato de fichas para procesamiento de datos .....	124
Tabla 18 Formato de fichas de características semafóricas de la vía.....	125
Tabla 19 Formato de fichas de características geométricas de la vía.....	125
Tabla 20 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	179
Tabla 21 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	180
Tabla 22 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	180
Tabla 23 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.....	181
Tabla 24 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	181
Tabla 25 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	182
Tabla 26 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	182
Tabla 27 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	183
Tabla 28 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte .....	183
Tabla 29 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena .....	184
Tabla 30 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	184
Tabla 31 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a sur, norte a este y norte a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	185
Tabla 32 Características semafóricas de la vía en el sentido de sur a norte, sur a este y sur a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	185



Tabla 33 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a sur en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	185
Tabla 34 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a este en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	186
Tabla 35 Características semafóricas de la vía en el sentido de oeste a norte y de oeste a sur en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	186
Tabla 36 Características semafóricas de la vía en el sentido de sur a norte y de sur a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	186
Tabla 37 Características semafóricas de la vía en el sentido de este a norte, de este a sur y de este a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.....	187
Tabla 38 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a este, norte a oeste y de norte a sur en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.....	187
Tabla 39 Factores para considerar la unidad de coche patrón (UPC) .....	188
Tabla 40 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	188
Tabla 41 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	189
Tabla 42 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	191
Tabla 43 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	192
Tabla 44 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	192
Tabla 45 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	197
Tabla 46 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	198



Tabla 47 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	199
Tabla 48 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	200
Tabla 49 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	200
Tabla 50 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	205
Tabla 51 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	206
Tabla 52 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla .....	207
Tabla 53 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla Fuente:.....	208
Tabla 54 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	208
Tabla 55 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	213
Tabla 56 Volúmenes horarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	214
Tabla 57 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	215
Tabla 58 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	216
Tabla 59 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.....	216
Tabla 60 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	221
Tabla 61 Volúmenes horarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	222



Tabla 62 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	223
Tabla 63 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	224
Tabla 64 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	224
Tabla 65 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	229
Tabla 66 Volúmenes horarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	230
Tabla 67 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	231
Tabla 68 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	232
Tabla 69 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	232
Tabla 70 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	237
Tabla 71 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	238
Tabla 72 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	239
Tabla 73 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	240
Tabla 74 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	240
Tabla 75 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	245
Tabla 76 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	246



Tabla 77 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	247
Tabla 78 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	248
Tabla 79 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	248
Tabla 80 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte .....	253
Tabla 81 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	254
Tabla 82 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	255
Tabla 83 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	256
Tabla 84 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	256
Tabla 85 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena .....	261
Tabla 86 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	262
Tabla 87 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena .....	263
Tabla 88 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	264
Tabla 89 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	264
Tabla 90 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	269
Tabla 91 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	270



Tabla 92 Composición vehicular de la intersección no semaforizada Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	271
Tabla 93 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	272
Tabla 94 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	272
Tabla 95 Niveles de servicio según el software SYNCHRO .....	277
Tabla 96 Niveles de servicio según el software SYNCHRO .....	277
Tabla 97 Niveles de servicio según el software VISSIM.....	278
Tabla 98 Comparación de resultados entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM) .....	280
Tabla 99 Comparación de niveles de servicio entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM) .....	285
Tabla 100 Comparación de tiempos de demoras entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM).....	286
Tabla 101 Comparación de niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM).....	287
Tabla 102 Comparación del porcentaje de los tiempos de demoras entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM).....	288
Tabla 103 Determinación de la relación V/C por el método determinístico, usando el manual HCM 2010.....	288
Tabla 104 Características semaforicas de la vía optimizada en la intersección semaforizada: .....	301
Tabla 105 Características semaforicas de la vía optimizada en la intersección semaforizada: .....	302
Tabla 106 Características semaforicas de la vía optimizada en la intersección semaforizada: .....	304
Tabla 107 Características semaforicas de la vía optimizada en la intersección semaforizada: .....	305



Tabla 108 Características semafóricas de la vía optimizada en la intersección semaforizada:  
..... 306

Tabla 109 Características semafóricas de la vía optimizada en la intersección semaforizada:  
..... 307

Tabla 110 Características semafóricas de la vía optimizada en la intersección semaforizada:  
..... 308

Tabla 111 Características semafóricas de la vía optimizada en la intersección semaforizada:  
..... 309

Tabla 112 Comparacion entre Demoras y Niveles de servicio del modelo Actual con el Modelo Optimizado ..... 310

Tabla 113 Comparacion del Volumen/Capacidad del modelo Actual con el Modelo Optimizado ..... 313

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1:Tráfico en la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito  
..... 1

figura 2:Tráfico en la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue ..... 2

figura 3:Falta de señalización horizontal en cruces peatonales a la altura del hospital de contingencia en la intersección no semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte ..... 3

figura 4:Falla del tipo piel de cocodrilo, con nivel de severidad alta, en la intersección no semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte ..... 3

figura 5:Tráfico en la intersección no semaforizada Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena ..... 4

figura 6:Intersección Avenida Agustín Gamarra -Avenida Ejercito ..... 5

figura 7:Intersección Avenida Agustín Gamarra -Calle Hipólito Unanue y Avenida Agustín Gamarra -Avenida Ramon Castilla ..... 5

figura 8:Intersección Avenida Agustín Gamarra -Calle Profesional ..... 6





figura 9: Intersección Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.....	6
figura 10: Intersección Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	7
figura 11: Intersección Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.....	7
figura 12: Intersección Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	8
figura 13: Intersección Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte .....	8
figura 14: Intersección Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	9
figura 15: Intersección Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte. ....	9
figura 16: Componentes de Transito .....	19
figura 17: Situaciones de conteos de aforos en el que el volumen no refleja demanda .....	29
figura 18: Variedad de tipos de intersección a nivel. ....	36
figura 19: Triangulo de Visibilidad.....	40
figura 20: Simulación de intersección con diferentes modos de transporte.....	48
figura 21: Simulación multimodal de una intersección compleja con PTV Vissim. ....	48
figura 22: Representación gráfica adaptada al modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74.....	49
figura 23 : Proceso iterativo para determinar el número de corridas .....	55
figura 24: Representación no estabilizada del modelo (número de vehículos en el sistema VS Tiempo de simulación).....	56
figura 25: Representación estabilizada del modelo.....	56
figura 26: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel .....	58
figura 27: Intersección sin canalizar y canalizada.....	59
figura 28: Tipos de isletas .....	61
figura 29: Tipos de intersecciones a nivel.....	62
figura 30: Intersecciones de tres ramales .....	63
figura 31: Intersecciones de cuatro ramales .....	63
figura 32: Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares .....	64
figura 33: Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare .....	64
figura 34: Esquema de una intersección giratoria o glorieta.....	65



figura 35: Esquema de fase en una intersección semaforizada .....	66
figura 36: Tipos de movimientos en una intersección.....	68
figura 37: Efectos aleatorios y de sobresaturación en semáforo .....	86
figura 38: Efectos aleatorios y de sobresaturación en semáforo .....	88
figura 39: Componentes de la demora promedio en semáforos .....	90
figura 40: Magnitudes de colas en semáforos .....	91
figura 41: Ejemplo de sobreestimación de demoras.....	93
figura 42: Cruce por brechas sobre un flujo prioritario.....	94
figura 43: Patrón de velocidad en una intersección compleja.....	97
figura 44 :Vehículo de diseño .....	111
h6: altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m figura 45 :Vehículo de diseño.....	112
figura 46 :Diseño de ingeniería .....	119
Figura 47: Cámara.....	126
figura 48 AUTODESK CIVIL 3D 2021 .....	126
figura 49 VISSIM educacional.....	127
figura 50 SYNCHRO 10 .....	127
figura 51 Prisma .....	128
figura 52 Porta Prisma.....	128
figura 53 Trípode.....	129
figura 54 Estación total .....	129
figura 55 GPS .....	130
figura 56 Cinta métrica metálica .....	130
figura 57 Codificación de movimientos vehiculares em la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	131
figura 58 identificación de la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	132
figura 59 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	133



figura 60 levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	134
figura 61 recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	135
figura 62 Codificación de movimientos vehiculares em la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	136
figura 63 identificación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	137
figura 64 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	138
figura 65 levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	139
figura 66 recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	140
figura 67 Codificación de movimientos vehiculares em la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	141
figura 68 identificación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla .....	141
figura 69 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla .....	142
figura 70 Levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	143
figura 71 Recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	144
figura 72 Codificación de movimientos vehiculares em la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	145
figura 73 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.....	145
figura 74 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.....	146



figura 75 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	147
figura 76 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.....	148
figura 77 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	149
figura 78 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	150
figura 79 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	151
figura 80 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	152
figura 81 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	153
figura 82 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	154
figura 83 Levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	155
figura 84 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	156
figura 85 identificación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	157
figura 86 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	158
figura 87 levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	159
figura 88 recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	160
figura 89 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	161



figura 90 Identificación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	162
figura 91 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	163
figura 92 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	164
figura 93 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	165
figura 94 Identificación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	166
figura 95 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	167
figura 96 Levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	168
figura 97 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	169
figura 98 identificación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	170
figura 99 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	171
figura 100 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	172
figura 101 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	173
figura 102 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	174
figura 103 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	175
figura 104 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	176



figura 105 Ubicación del BM 01 (UTM ZONA 19L 178255.70 m E 8502583.98 m N) .....	177
figura 106 Ubicación del BM 02 (UTM ZONA 19 L 177376.60 m E 8501644.87 m N) .....	177
figura 107 Ubicación del BM 03 (UTM ZONA 19 L 177475.78 m E 8502401.64 m N) .....	178
figura 108 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	189
figura 109 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	190
figura 110 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	191
figura 111 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	192
figura 112 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	193
figura 113 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	194
figura 114 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	194
figura 115 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	195
figura 116 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.....	196
figura 117 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito .....	196
figura 118 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	197
figura 119 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	198
figura 120 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	199



figura 121 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	201
figura 122 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	202
figura 123 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	202
figura 124 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	203
figura 125 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.....	203
figura 126 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	204
figura 127 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue .....	204
figura 128 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	205
figura 129 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	206
figura 130 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	207
figura 131 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	209
figura 132 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	210
figura 133 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	210
figura 134 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	211
figura 135 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.....	211



figura 136 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla .....	212
figura 137 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla .....	212
figura 138 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	213
figura 139 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	214
figura 140 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	215
figura 141 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.....	217
figura 142 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	218
figura 143 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	218
figura 144 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	219
figura 145 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.....	219
figura 146 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional .....	220
figura 147 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.....	220
figura 148 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	221
figura 149 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	222
figura 150 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte. ....	223





figura 151 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	225
figura 152 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.....	226
figura 153 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.....	226
figura 154 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.....	227
figura 155 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	227
figura 156 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte .....	228
figura 157 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.....	228
figura 158 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	229
figura 159 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	230
figura 160 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	231
figura 161 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	233
figura 162 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	234
figura 163 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	234
figura 164 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	235
figura 165 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	235



figura 166 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.....	236
figura 167 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte .....	236
figura 168 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	237
figura 169 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	238
figura 170 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.....	239
figura 171 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	241
figura 172 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	242
figura 173 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	242
figura 174 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	243
figura 175 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.....	243
figura 176 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	244
figura 177 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau .....	244
figura 178 grafico de barras en la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	245
figura 179 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	246
figura 180 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	247



figura 181 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	249
figura 182 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	250
figura 183 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	250
figura 184 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú .....	251
figura 185 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú. ....	251
figura 186 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	252
figura 187 Simulación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.....	252
figura 188 grafico de barras en la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	253
figura 189 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	254
figura 190 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	255
figura 191 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte .....	257
figura 192 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	258
figura 193 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	258
figura 194 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	259
figura 195 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte. ....	259



figura 196 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	260
figura 197 Simulación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.....	260
figura 198 grafico de barras en la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	261
figura 199 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	262
figura 200 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	263
figura 201 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	265
figura 202 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	266
figura 203 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	266
figura 204 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	267
figura 205 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	267
figura 206 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	268
figura 207 Simulación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.....	268
figura 208 grafico de barras en la intersección semaforizada Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	269
figura 209 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	270
figura 210 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	271



figura 211 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	273
figura 212 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	274
figura 213 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	274
figura 214 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	275
figura 215 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte. ....	275
figura 216 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte .....	276
figura 217 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.....	276



## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 1.1. Identificación del problema.

#### 1.1.1. Descripción del problema.

En la ciudad del Cusco contamos con niveles bajos de planificación vial, es por eso que logramos observar que en casi todas las intersecciones existe un pésimo nivel de servicio, ya que no se consideraron temas tan importantes como el aumento de vehículos en circulación con el transcurso del tiempo.



*figura 1:Tráfico en la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército*

Fuente: Propia.

En la actualidad es usual encontrar problemas de embotellamientos y colas de vehículos en las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación Avenida Grau, especialmente en horas de mayor demanda de vehículos; como también lo indica la municipalidad distrital del Cusco con las demás intersecciones: “se verifica una importante sobreoferta de vehículos de baja capacidad de transportación en los periodos de hora valle, para casi la totalidad de las rutas, y en hora punta ( de 7.10 am a 8:10am, en la mañana, al medio día 12:45 pm a 13:45 pm y en la tarde de 17:15 pm a 18:45 pm), a la vez que en los horarios de mayor demanda (hora punta) faltan vehículos de mayor capacidad, situación que tiende a ser equilibrada (oferta vs Demanda)”, (CORPORACION PERUANA DE INGENIEROS EN TRANSPORTES, 2012). Esto sumado a la falta de optimización de la



semaforización repercute en la pérdida de tiempo en los usuarios de las vías antes mencionadas, ya que estas al no estar optimizadas tienden a detener el tráfico fluido.

Con el transcurrir de los días las personas tienden a adquirir vehículos particulares y los usuarios del transporte público del Cusco experimentan cada día mayores pérdidas económicas por el tiempo perdido mientras se transportan. Así mismo existen otros factores; como el de Salud, que está afectando a la población usuaria de transporte público como es el estrés que es generado por la congestión.



*figura 2:Tráfico en la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue*

Fuente: Propia.

Las vías que estudiamos son vías pavimentadas que no están en constante mantenimiento, no cuentan con una adecuada señalización Horizontal y Vertical, tampoco cuentan con sobre anchos adecuados para el estacionamiento y adelantamiento de vehículos. Además de ser vías por las que transitan vehículos de alto tonelaje.



*figura 3: Falta de señalización horizontal en cruces peatonales a la altura del hospital de contingencia en la intersección no semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Propia.

La Prolongación avenida Grau y la Avenida Agustín Gamarra, cuentan con bastante flujo vehicular en horas punta de lunes a sábado, generando congestión vehicular; sin dejar de lado el mal estado del pavimento el cual presente grietas, rajaduras y otras fallas en el pavimento.



*figura 4: Falla del tipo piel de cocodrilo, con nivel de severidad alta, en la intersección no semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Propia.

Los semáforos que existen a lo largo del recorrido de ambas vías no van acordes con el tránsito de los vehículos que circulan actualmente, ya que la cantidad de vehículos que transitan se incrementan con el paso del tiempo.





*figura 5: Tráfico en la intersección no semaforizada Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena*

Fuente: Propia.

Es por eso que la presente investigación se desarrolló con el fin establecer respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a la solución y planeamiento vial y urbanístico.

➤ **Ubicación temporal y geográfica del estudio.**

En esta investigación estuvieron involucradas las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de las avenidas: Prolongación de la Avenida Grau y la Avenida Agustín Gamarra.

Las que a continuación nombramos y numeramos de Este a Oeste para la Avenida Agustín Gamarra y de Sur a Norte para la prolongación Avenida Grau.

**Intersección 1 (UTM 178294.10m E 8502634.85m N):** Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército (semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 6: Intersección Avenida Agustín Gamarra -Avenida Ejercito*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 2 (UTM 178349.25m E 8502396.11m N):** Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (no semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

**Intersección 3 (UTM 178345.41m E 8502369.22m N):** Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla (semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 7: Intersección Avenida Agustín Gamarra -Calle Hipólito Unanue y Avenida Agustín Gamarra -Avenida Ramon Castilla*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 4 (UTM 1781522m E 8502236.96m N):** Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 8: Intersección Avenida Agustín Gamarra -Calle Profesional*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 5 (UTM 178115.19m E 8502217.91m N):** Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 9: Intersección Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.



**Intersección 6 (UTM 178002.34m E 8502130.41m N):** Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 10: Intersección Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 7 (UTM 177390.80m E 8501655.05m N):** Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 11: Intersección Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 8 (UTM 177381.96m E 8501995.79m N):** Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 12: Intersección Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 9 (UTM 177472.84m E 8502334.25m N):** Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 13: Intersección Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 10 (UTM 177489.58m E 8502396.47m N):** Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena – Avenida Teodosio Serrucho (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 14: Intersección Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

**Intersección 11 (UTM 177896.19m E 8502221.76m N):** Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



*figura 15: Intersección Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.*

Fuente: Google Earth, Adaptación Propia.

## **1.1.2. Formulación interrogativa del problema.**

### **1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general.**

¿Cuál será la diferencia entre la capacidad vial y los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau,



aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y aplicando la metodología de seguimiento vehicular haciendo una micro simulación con VISSIM 2019?

### **1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos.**

**Problema específico N° 1:** ¿Cómo influye las condiciones geométricas en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y micro simulación con VISSIM 2019?

**Problema específico N° 2:** ¿Cuáles son las condiciones semaforizadas de las intersecciones de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau y cómo influyen en la capacidad vial de dichas intersecciones?

**Problema específico N° 3:** ¿Cuál es la diferencia de los tiempos de demora que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y micro simulación con VISSIM 2019?

**Problema específico N°4:** ¿Qué relación V/C de las intersecciones semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau es la más alta?

## **1.2. Justificación e importancia de la investigación**

### **1.2.1. Justificación técnica.**

Aplicando la metodología determinística del manual HCM 2016 y el software Vissim 2019 (que aplica una metodología probabilística), la presente investigación evalúa, compara y plantea soluciones que ayuden a resolver problemas ocasionados por el crecimiento vehicular para que este sea más ordenado a lo largo del circuito en estudio. En este contexto nos apoyamos en herramientas importantes como lo son los aforos vehiculares, que, en conjunto con las metodologías mencionadas determinamos y comparamos ambas metodologías para obtener resultados de:

- La capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas mencionadas en esta investigación.

En base a estos resultados se plantea una solución en el diseño de la infraestructura vial para que esta sea más eficiente.



### **1.2.2. Justificación social.**

Tanto transportistas como usuarios que utilizan este circuito para desplazarse no se encuentran ni beneficiados ni satisfechos, puesto que es de suma urgencia reducir sus tiempos de viaje para llegar a su destino de manera más eficaz, reducir el índice de accidentes que se generan en dichas vías y disminuir el estrés provocado por la congestión que se presenta en horas y días críticos. Es decir que la infraestructura vial pueda brindar un mejor servicio de transporte.

### **1.2.3. Justificación por viabilidad.**

La presente investigación es factible porque contamos con los siguientes datos:

- Se tiene acceso a la zona de investigación.
- La metodología del HCM 2016 y software VISSIM 2019 están al alcance y disposición.
- Contamos con el financiamiento requerido para realizar la investigación eficientemente.

### **1.2.4. Justificación por relevancia.**

En esta investigación partimos de una evaluación de la capacidad vial y niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas para después proponer un cambio en el diseño de la infraestructura vial; en vista de que las avenidas estudiadas son de las más circuladas y es uno de los accesos principales a la ciudad del Cusco, de vehículos provenientes de los departamentos ubicados del centro y norte del país, y en la que se presentan ciertos problemas de circulación ya que en este tramo encontramos entidades públicas mercados e instituciones educativas privadas.

### **1.3. Limitaciones de la Investigación.**

- ✓ Esta tesis se limita en la rama de ingeniería de transportes, mas no discute otras ramas de la Ingeniería Civil.
- ✓ En esta tesis el área de estudio se limita a las intersecciones con más conflicto vehicular a lo largo de la prolongación avenida Grau y la avenida Agustín Gamarra, cuyas intersecciones están nombradas y numeradas en el numeral *1.1.1. Ubicación temporal y geográfica del estudio.*
- ✓ La presente investigación se limita a datos recopilados en el mes de noviembre del año 2019, todos los días de la semana en los siguientes horarios: de 7:30 a 8:30 horas, de 12:30 a 13:30 horas y de 18:30 a 19:30horas.





- ✓ Si tienen limitaciones geométricas con respecto a la sección vial existente en la Avenida Agustín Gamarra y en la prolongación de la Avenida Grau las cuales no pueden ser ampliadas.
- ✓ La tesis se limita al uso de la metodología de capacidad vial del manual norteamericano HCM 2016 la cual está recomendada por el manual de diseño geométrico peruano DG-2018, así mismo el software Vissim 2019.

#### **1.4. Objetivo de la investigación.**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Determinar la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y el método de seguimiento vehicular con el software VISSIM 2019.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

**Objetivo específico N°1:** Determinar la influencia de las Condiciones geométricas que afectan en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y micro simulación con VISSIM 2019.

**Objetivo específico N°2:** Determinar las condiciones semafóricas y cómo influyen en la capacidad vial en las intersecciones semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau.

**Objetivo específico N°3:** Comparar los tiempos de demora que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau con los tiempos de demora de las intersecciones.

**Objetivo específico N°4:** Determinar qué relación V/C de las intersecciones semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación avenida Grau es la más alta.



## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

#### 2.1.1. Antecedentes a nivel nacional.

a. Autor: Jean Christian Doig Godier

Título: “Análisis del Nivel de Servicio Peatonal en la Ciudad de Lima”.

Pontificia Universidad Católica del Perú.

Fecha: Lima, 2010

a1.- RESUMEN:

El estudio citado tiene por objeto analizar los principales factores que intervienen en la percepción del nivel de servicio peatonal en el ámbito de la ciudad de Lima. Con tal fin se llevó a cabo una revisión de los aspectos y metodologías usadas para evaluar la calidad del tránsito peatonal.

a2.- CONCLUSIONES:

1. Las principales problemáticas que afectan al peatón corresponden al aspecto de la seguridad vial, situación que se explica debido a la poca consideración que se le presta a la actividad peatonal en el diseño de la infraestructura vial que genera situaciones de alto riesgo para los peatones.

2. En cuanto a los criterios de flujo y circulación para el análisis de vías urbanas con interacción entre vehículos y peatones, se encontró que los indicadores de nivel de servicio basados en demora peatonal (tiempo) son más relevantes que aquellos basados en espacio disponible.

3. En general el comportamiento de los conductores de vehículos privados no es siempre compatible con los presupuestos de los análisis de flujo y circulación. Esto genera que una intersección semaforizada termine funcionando como no semaforizada para el tránsito peatonal. Se requiere por tanto verificar en campo antes de realizar el análisis correspondiente para ser fiel a las condiciones locales de funcionamiento.

a3.- APORTE: Esta tesis aporto el procedimiento para determinar, evaluar y comparar los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau.



b. Autor: Evelyn Callo Corimanya y Derli Reyg Ttito Quispe

Título: “Evaluación de la capacidad y nivel de servicio aplicando el Manual de Carreteras (HCM) versión 2010 y la incidencia de la serviciabilidad (psi) de la carretera nacional pe-3s tramo Urcos-Sicuani”.

Universidad Andina del Cusco.

Fecha: Cusco, 2018

b1.- RESUMEN:

En los últimos años la demanda del tránsito vehicular en el tramo Urcos – Sicuani (89 km) incrementó debido a la construcción de la carretera interoceánica, transporte de pasajeros y a las actividades económicas; afectando a la capacidad vial, nivel de servicio y a la serviciabilidad.

La presente investigación tubo objetivo evaluar la problemática antes descrita con el fin de mejorar la transitabilidad de la carretera comprendida entre los distritos de Urcos a Sicuani siendo este un tramo importante de la Red Vial Nacional Sur (PE-3S).

Para la presente investigación se ha aplicado, y el Manual del Usuario MERLINER para evaluar la serviciabilidad. Se observó que la capacidad se reduce debido a las características geométricas como el incremento del porcentaje de zonas de no rebase aumentando el tiempo de seguimiento.

Los resultados de los análisis para cada sector reflejan distintas realidades de acuerdo a las características de tránsito y geométricas presentes en cada sector. Uno de los casos más relevantes es el sector I (Urcos - Desvío Interoceánica) en donde se presenta un nivel de servicio E y una considerable reducción de la capacidad vial debido a que el diseño geométrico se ve limitado por ser un terreno ondulado con una pendiente promedio de 6.4%, presentando curvas en menos de 200 metros longitudinales, impidiendo las maniobras para adelantamiento además de la presencia de vehículos de alto tonelaje generándose así, pelotones o trenes de vehículos. El tramo estudiado presenta un IRI promedio de 2.96 presentando un PSI “Regular”. Se recomienda el uso de un tercer carril en los sectores evaluados con el objetivo de mejorar la capacidad y el nivel de servicio.

b2.- CONCLUSIONES: En la presente investigación se llegó a demostrar que la capacidad vial se reduce por los aspectos topográficos que afectando a sus condiciones de diseño geométrico con fuertes pendientes y curvas continuas.



b3.- APORTE: Esta tesis apporto como es que se utilizará la aplicación de la metodología del HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010, para evaluar la capacidad y nivel de servicio.

#### **2.1.2.9. Antecedentes a Nivel Internacional**

a.- Autor: Martínez Aldean Diego Fernando.

Título: “Análisis de la Capacidad y nivel de servicio de la vía Loja – Vilcabamba (tramo de estudio Loja – Landangui) aplicando la metodología del HCM- 2010”.

Universidad Técnica Particular de Loja-Ecuador.

Fecha: Ecuador, Loja, 2014.

a1.- RESUMEN:

En el presente estudio se detalla el proceso de investigación del análisis de la vía Loja Vilcabamba , en el tramo Loja –Landangui , con el fin de determinar su capacidad y nivel de servicio , aplicando la metodología propuesta por el Highway Capacity Manual 2010 , se escogió la vía que conecta la ciudad de Loja con las ciudades de Vilcabamba y Malacatos , esta vía presenta una gran cantidad de flujo vehicular debido a que son unos de los principales puntos de atracción turística en la provincia de Loja.

Este trabajo investigado detalla cada una de las etapas ejecutadas, desde el levantamiento de información de campo (aforo de vehículos y medición de las características geométricas), tabulación de datos y análisis de resultados.

a2.- CONCLUSIONES: En este estudio se puede concluir que la gran demanda del flujo vehicular por esta vía satura la infraestructura viéndose afectado el nivel de servicio y su capacidad vial según la metodología del Highway Capacity Manual 2010.

a3.- APORTE: Esta investigación apporto el procedimiento para procesar el aforo de vehículos y medición de las características geométricas, tabulación de datos y análisis de resultados según la metodología del Highway Capacity Manual 2010.

b. Autor: César Fernando Brito Galarza y Luis Gerardo Torres Navas.

Título: “Efecto de la Condición de la Superficie de Rodamiento en la Estimación de la Capacidad Vial y el Nivel de Servicio Aplicando la Metodología HCM, en la Vía Zhud - Biblián”.

Universidad de la Cuenca-Ecuador.

Fecha: Ecuador, La Cuenca, 2017.

b1.- RESUMEN:



En muchos países del mundo, el análisis operacional de las carreteras se fundamenta en el manual de capacidad de carreteras (HCM) de los Estados Unidos de América, el mismo que proporciona una metodología sistemática para la estimación de la capacidad y niveles de servicio para diferentes tipos de caminos.

El estado de la superficie de rodamiento (Índice de Rugosidad Internacional – IRI) influye en la reducción de la capacidad vial, utilizar la metodología del HCM sin hacer ajustes debido a este factor, implicaría seguir cometiendo errores en la planificación, el diseño y la construcción de la infraestructura vial.

En este estudio implementamos una variante de cálculo de la capacidad y niveles de servicio propuesto en el HCM 2000 ajustada a las características de la red vial y parque automotor local mediante la inclusión de un factor de reducción de velocidad ( $f_p$ ) debido al estado superficial de la capa de rodadura.

En la metodología básicamente interviene el volumen horario por carril y la velocidad de flujo libre (FFS) estimada a partir de un valor ideal y reducido según las condiciones imperantes en la carretera, el nuevo modelo aplica en nuestro caso a vías de dos carriles en dos sentidos.

b2.- CONCLUSION: Los resultados obtenidos permiten establecer que existe una disminución de la velocidad considerando el estado superficial del pavimento, que origina una disminución de una categoría en el nivel de servicio.

b2.- APORTE: De esta tesis utilizaremos la metodología sistemática para la estimación de la capacidad y niveles de servicio para diferentes tipos de caminos.

## **2.2. Aspectos teóricos pertinentes.**

### **2.2.1. Manual de Capacidad de Carreteras**

El Manual de Capacidad de Carreteras 2016 (HCM 2016) es la 6ª edición de este documento técnico de referencia. Como sus predecesores, el HCM 2016 ha sido concienzudamente revisado con el fin de incorporar las últimas investigaciones sobre capacidad y calidad de servicio de carreteras. En este caso, también ha sido reorganizado sustancialmente con respecto de ediciones anteriores. Estos cambios mantienen la tradición de evolución permanente del HCM, adaptándolo a las necesidades de los usuarios en los tiempos actuales. (Transportation Research Board, 2010)

La edición de 1950 fue el primer documento en el que se cuantificó el concepto de capacidad de una infraestructura de transporte por carretera. Esta cuantificación era el objeto fundamental



del documento. Este enfoque se adoptó en respuesta a la rápida expansión de la red viaria norteamericana tras la 2ª Guerra Mundial y ante la necesidad de establecer ciertos umbrales y requisitos en carreteras interestatales, así como en otras vías que proporcionaban acceso a estas. El Manual fue diseñado para ser “una guía práctica a través de la cual el ingeniero, habiendo determinado previamente los datos esenciales, pudiese diseñar una nueva carretera o modernizar una existente con la garantía de que el proceso de cálculo llegase a un valor final que satisficiera la capacidad deseada”. (Transportation Research Board, 2016)

En esta nueva edición (HCM 2016) se ha incorporado mucho material nuevo procedente de proyectos de investigación finalizados desde la publicación del HCM 2010, material que ha sido reorganizado para hacer estos contenidos más accesibles y comprensibles. El propósito de esta reorganización es capacitar a analistas y técnicos —así como a las personas encargadas de la toma de decisiones— para que, a la hora de evaluar las condiciones de circulación en infraestructuras de transporte por carretera, tengan en cuenta a los usuarios —de todos los tipos— que las utilizan (incluyendo así a peatones y ciclistas cuando sea oportuno), así como al resto de indicadores de funcionamiento que son aplicables en ellas. (Transportation Research Board, 2016)

El HCM está dirigido a: (a) ingenieros que trabajen en el campo de estudios de tráfico y diseño de carreteras, y (b) planificadores de transporte que trabajen en el campo de la gestión/dirección de sistemas de transporte por carretera. Para usar eficazmente el manual y aplicar sus metodologías es deseable tener una base de conocimientos técnicos, cierto grado de experiencia o bien conocer las técnicas de trabajo de las Administraciones y Organismos Públicos o empresas de consultoría. El HCM puede resultar de interés para personal directivo, docente, para especialistas en calidad del aire y ruido viario, funcionarios, planificadores, urbanistas, etc. (Transportation Research Board, 2016)

El HCM está pensado para ser utilizado principalmente en la realización de análisis de las áreas o zonas que se enumeran a continuación, hasta el punto de que estas contarán con el soporte proporcionado por métodos individuales de análisis.

Niveles de análisis: análisis de evaluación, análisis de proyecto (diseño), estudios previos, y planificación.

— Modos de transporte: modo automóvil (así como otros vehículos motorizados), modo peatón, modo ciclista, además del modo transporte público urbano cuando este sea parte de una infraestructura multimodal en zonas urbanas.



— Cobertura espacial: elementos puntuales, tramos e infraestructuras completas.

— Cobertura temporal: condiciones de régimen libre y condiciones de régimen saturado (circulación saturada). (Transportation Research Board, 2010)

### **2.2.2. Características del Software PTV VISSIM 2019**

PTV Vissim ha demostrado ser el estándar mundial para la planificación del tráfico y el transporte y por una buena razón: le ofrece una visión realista y detallada sobre el estatus del flujo vial y sus impactos, con la posibilidad de definir múltiples escenarios hipotéticos. Con nuestro concepto de enlaces y conectores en PTV Vissim, usted puede mapear su red a detalle y modelar diferentes polígonos - desde una unión estándar hasta intersecciones complejas.

Nuestro software de simulación de tráfico es fácil de usar y no requiere absolutamente ningún tipo de programación. PTV Vissim es el software más robusto para la simulación de tráfico a nivel microscópico, mesoscópico o incluso híbrido. Si ya está utilizando herramientas de simulación, es muy probable que pueda manejar PTV Vissim sin tener que adquirir nuevas habilidades muy complejas. (PtvGroup, 2008)

### **2.2.3. Tipo de infraestructura**

El HCM 2016 comprende varios tipos de estructuras viales como calles carreteras y sus instalaciones para peatones y otros tipos de transporte, por ello este manual clasifica en dos categorías las infraestructuras viales:

- Circulación continua: Este tipo de circulación no cuenta con elementos que produzcan interrupciones en el flujo vehicular tales como semáforos o señales de tránsito que interrumpen el flujo de tránsito, este tipo de circulación generalmente se dan en carreteras o autopistas.

Circulación Discontinua: la circulación discontinua es todo lo contrario a la circulación continua, en este podemos encontrar semáforos, gibas, señales de regulación para el flujo de tránsito, estos elementos hacen que se produzca interrupciones o se disminuyan las velocidades significativamente en la circulación vial.

### **2.2.4. Componentes del tránsito.**

El tráfico lo conforman tres elementos básicos que se relacionan e interactúan entre sí para, determinar las características del tránsito y estos son:



*figura 16:Componentes de Tránsito*

Fuente: Elementos Básicos del Tránsito (Acosta, 2017)

### ➤ **Los Usuarios**

Siempre que se trate de la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor, el ingeniero de tránsito debe conocer las habilidades, limitaciones y requisitos que tiene el usuario, como elemento de la ingeniería de tránsito.

Los seres humanos, como usuarios de los diferentes medios de transporte, son elementos primordiales del tránsito por calles y carreteras, quienes deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de poder ser controlados y guiados en forma apropiada. El comportamiento del individuo en el flujo de tránsito, es con frecuencia, uno de los factores que establece sus características.

Tanto el conductor como el peatón, en muchos casos, no han asimilado el medio en que se mueven y lo que significan como usuarios del transporte. En las actividades comunes del conductor y el peatón, en las calles, en la vida diaria, sigue existiendo situaciones anormales. Esto se nota más claramente en aquellos sitios en que el conductor del vehículo automotor no le cede el paso al peatón donde comparten un mismo espacio para circular. Y, por otro lado, con la gente que viene de fuera del medio, como el provinciano que llega a una ciudad; está indeciso en los cruces esperando un momento oportuno, sin saber de qué lugar vienen los vehículos y repentinamente trata de cruzar corriendo, o los peatones que cruzan por lugares no debidos. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)





### ➤ **El Peatón**

El peatón es, dentro de la jerarquía de medios para movilizarse, el más importante y a su vez el más vulnerable, razón por la cual se ha hecho conciencia de dicha situación.

Por otra parte, es importante estudiar al peatón porque es, por jerarquía entre modos, el más vulnerable, lo cual lo convierte en un componente importante dentro de la seguridad vial. En la mayoría de los países del mundo, que cuentan con un número grande de vehículos, los peatones muertos anualmente en accidentes de tránsito ocupan una cifra muy alta. Muchos de los accidentes sufridos por peatones ocurren porque éstos no cruzan en las zonas demarcadas para ellos o porque no siempre los flujos están adecuadamente canalizados. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)

### ➤ **El Pasajero**

Se dice de la persona que viaja en un vehículo sin conducirlo ella misma. Es el elemento pasivo pues está sujeto a las maniobras del conductor bien sea transporte público o privado. (Acosta, 2017)

### ➤ **El Conductor**

Según la real academia de la lengua española, conductor es aquella persona que guía un vehículo automóvil, debe reunir requisitos legales necesarios, pues es el factor activo y principal dentro del sistema. Basado en estadísticas se ha comprobado que el vehículo es uno de los medios de transporte más comúnmente utilizado por la población en general; surge entonces la importancia del estudio de las características que debe tener el conductor, para movilizar en forma cómoda y segura un vehículo. (Acosta, 2017)

El conductor es el generador de innumerables factores que influyen en el comportamiento del vehículo a la hora de realizar un análisis del tránsito, pudiendo citarse:

- Motivación: Siempre presente, bien sea de forma consciente o inconsciente de acuerdo al objetivo de su viaje; de acuerdo a su importancia, actuará de una otra manera.
- Experiencia: Es necesario el aprendizaje previo por medio del cual se adquiere la experiencia, necesaria para analizar las situaciones y reacciones antes de que acontezca un accidente.
- Estado del equilibrio emocional: Las emociones fuertes son circunstancias que modifican la conducta, como por ejemplo el miedo, la ira, las preocupaciones, la tristeza, las alegrías.



- Cansancio: Se traduce en la pérdida de atención, en apreciaciones incorrectas en omisión de detalles importantes. (Acosta, 2017)

➤ **El Vehículo**

En general, los vehículos se clasifican en vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales.

- Vehículos ligeros: son vehículos de pasajeros y /o carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles, camperos, camionetas y las unidades ligeras de pasajeros y carga. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)

Dichos vehículos no condicionan el diseño del proyecto, a menos que se trate de una vía exclusiva para ellos, por la cual no pasen camiones o buses con ejes de tres a mas ejes, los vehículos ligeros tienen las siguientes dimensiones representativas siendo de un ancho de 2.10 m y 5.80 m de largo.

El vehículo ligero de toda la clasificación es el que desarrolla mayor velocidad a lo largo de su trayectoria y donde la altura del ojo es más baja, definiendo de este modo las distancias de visibilidad y alturas mínimas.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor) (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

- Vehículos pesados: son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen los autobuses y los camiones. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobre anchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los



vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018).

### ➤ La Vía

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vía por el que se mueven los vehículos. La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. El nivel de vida de un país se relaciona con un excelente sistema vial o viceversa. (Juan Gabriel Tapia Arandia, 2016)

#### **2.2.5. Capacidad Vial.**

Se define como capacidad de una infraestructura de transporte al “flujo máximo horario al que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, del control y del tránsito”.

De la definición anterior se infieren las siguientes consideraciones: La capacidad puede expresarse en términos de vehículos o en términos de personas. La capacidad se refiere a un punto o sección uniforme de la infraestructura; por tanto, segmentos o puntos con diferentes características tendrán diferentes capacidades.

La capacidad se refiere a una tasa de flujo vehicular o personas durante un período de tiempo que muy a menudo es el periodo de 15 minutos pico. La capacidad no se refiere al máximo volumen al que puede darse servicio durante una hora. Esta definición contempla la posibilidad de variaciones significativas del flujo dentro de una hora.

La capacidad se define sobre la base de una “esperanza razonable”. No es la máxima tasa de flujo absoluta jamás observada en el tipo de infraestructura analizada. Debe tenerse en cuenta que se consideran condiciones promedio, y que las características de los conductores, los vehículos y ambientales, puede diferir de una región a otra.

La capacidad está dada bajo condiciones prevalecientes de la vía (características geométricas, tipo de sección, pendientes, dimensiones de carriles, bermas, etc.), del control (dispositivos de control de tránsito como semáforos, señales, movimientos permitidos), y del tránsito (composición vehicular, velocidad, características del flujo vehicular). (ESCOBAR, 2007)



Se define como capacidad de una infraestructura de transporte al “flujo máximo horario al que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, del control y del tránsito”. De la definición anterior se infieren las siguientes consideraciones:

La capacidad puede expresarse en términos de vehículos o en términos de personas.

La capacidad se refiere a un punto o sección uniforme de la infraestructura; por tanto, segmentos o puntos con diferentes características tendrán diferentes capacidades.

La capacidad se refiere a una tasa de flujo vehicular o personas durante un período de tiempo que muy a menudo es el periodo de 15 minutos pico. La capacidad no se refiere al máximo volumen al que puede darse servicio durante una hora. Esta definición contempla la posibilidad de variaciones significativas del flujo dentro de una hora.

La capacidad se define sobre la base de una “esperanza razonable”. No es la máxima tasa de flujo absoluta jamás observada en el tipo de infraestructura analizada. Debe tenerse en cuenta que se consideran condiciones promedio, y que las características de los conductores, los vehículos y ambientales, puede diferir de una región a otra. (capacidad y niveles de servicio, 2019)

#### **2.2.6. Cálculo de la capacidad.**

En este capítulo se dedica un primer apartado a describir muy brevemente el cálculo de la capacidad que propone el highway capacity manual para las intersecciones semaforizadas, para pasar posteriormente a describir los procesos utilizados en esta tesina para llegar a determinar la capacidad de un tramo a partir de la relación fundamental del tráfico y las intensidades reales registradas.

##### **➤ Capacidad de Intersecciones Semaforizadas según HCM 2016**

El método de cálculo de la capacidad más conocido y utilizado es el expuesto en el highway capacity manual preparado en estados unidos por el transportation research board. Este método está basado en estudios realizados en este país desde 1935 y ha sido objeto de cinco ediciones, la última en el año 2016. Aunque algunos países han desarrollado métodos de cálculo de la capacidad con técnicas diferentes, en otros muchos, se ha empleado el manual americano con



las modificaciones que la experiencia ha ido aconsejando para su adaptación a las circunstancias locales.

El Highway Capacity Manual, en su versión del año 2016, define los siguientes

Conceptos:

V : Duración de la fase verde (se permite el paso de vehículos) [seg]

R : Duración de la fase roja ( no se permite el paso de vehículos) [seg]

T : Ciclo del semáforo = V + R [seg]

Mientras el semáforo esté en su fase de verde podrá pasar por el acceso un número máximo de vehículos hora, que constituye lo que se denomina intensidad de saturación.

Multiplicando esta intensidad de saturación por la relación entre la duración de la fase de verde y la del ciclo se obtiene el máximo número de vehículos que pueden pasar en una hora (capacidad).

$$C = S * \frac{V}{T}$$

Siendo:

C : Capacidad (vehículos/hora)

S : Intensidad de saturación (vehículos/hora)

V : Duración de la fase de verde (segundos)

T : Duración del ciclo (segundos)

Si en un tramo existen carriles reservados para determinados movimientos, como giros a la izquierda o a la derecha, se estudian separadamente de los demás carriles del acceso. Se forman así dentro de un mismo tramo varios grupos de carriles que se analizan separadamente. El procedimiento para el cálculo de la intensidad de saturación para cada grupo es el siguiente:

$$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gi}$$

siendo :

S : Intensidad de saturación (vehículos/hora)

N : Número de carriles



fa, fvp, fi, fe, fb, fz, fgd, fgi : Factores de corrección

Tabla 53: Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación

Factores de corrección			
$f$	Corrección por	Fórmula	Variable
$f_a$	Anchura del carril	$(5,4+A)/9$	A : anchura del carril (m)
$f_{gp}$	Vehículos pesados	$100/(100+P)$	P : Porcentaje de pesados (%)
$f_i$	Inclinación de la rasante	$1-I/100$	I : Inclinación de la rasante
$f_e$	Estacionamiento	$1-(0,1+M/20)N$	M : Movimientos de estacionamiento en una hora
$f_b$	Paradas autobús	$1-B/(250N)$	B : Autobuses que paran por hora
$f_z$	Situación	$(0,9-1)$	En centro urbano 0,9, en otras zonas 1
$f_{gd}$	Giros a la derecha	$1 - 0,15P$	P : Proporción de vehículos que giran a la derecha
$f_{gl}$	Giros a la izquierda	$1/(1+0,05P)$	P : Proporción de vehículos que giran a la izquierda

Fuente: HCM 2016

A pesar que no se disponen de los datos necesarios para la validación del modelo, sí que es cierto que se encuentran a faltar parámetros como la presencia o no de carril bus o la consideración de las paradas en doble fila.

### 2.2.7. Nivel de Servicio.

El HCM 2016 ha creado una medida cualitativa para definir los diferentes tipos o capacidades de servicio que tiene una vía a los cuales se denomina niveles de servicio (LOS).

El HCM denomina a los niveles de servicio como “una medida de calidad que describe las condiciones de funcionamiento dentro de un flujo de tráfico, por lo general en términos de medidas de servicio tales como la velocidad y el tiempo de viaje, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, la comodidad y conveniencia.

Según el HCM especifica que hay 6 diferentes niveles de servicio a los cuales los designa con las letras A hasta la F, siendo el nivel “A” el que presta mejores condiciones de funcionamiento y la “F” el de peor.

(highway capacity manual, 2016)

El concepto de nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es “una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros”. Estas condiciones se describen en términos



de factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la comodidad, las conveniencias y la seguridad vial.

Para cada tipo de infraestructura se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis, se les otorga una letra desde la A hasta la F siendo el nivel de servicio (NS) A el que representa las mejores condiciones operativas, y el NS F, las peores. (ESCOBAR, 2007 )

Las condiciones de operación de estos niveles, para sistemas de flujo ininterrumpido son las siguientes:

➤ **Nivel de Servicio A**

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito.

El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón, es excelente. (ESCOBAR, 2007 ).

➤ **Nivel de Servicio B**

Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas, sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno. (ESCOBAR, 2007 )

➤ **Nivel de Servicio C**

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente. (ESCOBAR, 2007 )



➤ **Nivel de Servicio D**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento. (ESCOBAR, 2007 )

➤ **Nivel de Servicio E**

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos. (ESCOBAR, 2007 )

➤ **Nivel de Servicio F**

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables. Normalmente se acepta que el volumen de tránsito al que se puede dar servicio en las condiciones de parada y arranque del NS F es inferior que el posible al NS E; en consecuencia, el flujo de servicio E es el valor que corresponde a la capacidad de la infraestructura. Los procedimientos que aquí se explicarán intentan estimar el máximo flujo que puede circular por distintas infraestructuras para cada nivel de servicio, excepto para el NS F, para el que los flujos son inestables. Por tanto, para cada infraestructura se tienen 5 flujos de servicio, uno para cada nivel de servicio, desde el A hasta el E. Así, el flujo de servicio es la tasa máxima horaria a la que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de una calzada o carril durante un período de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, el control y el tránsito, a la vez que se mantiene un nivel de servicio concreto. Para cada tipo de infraestructura se definen los niveles de servicio sobre la base de uno o más parámetros operativos que son los que mejor describen las calidades de utilización de ese tipo de infraestructura. Se denominan medidas o indicadores de eficacia a los parámetros seleccionados para definir los niveles de servicio de





cada tipo de instalación. La Tabla 1 representa las medidas de eficacia primarias utilizadas para cada tipo de infraestructura. (ESCOBAR, 2007 )

### **2.2.8. Parámetros Básicos: Volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad**

En la ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de:

- Volumen
- Tasa de flujo
- Demanda
- Capacidad

Estos cuatro parámetros se relacionan estrechamente entre sí y se expresan en las mismas unidades o similares, sin embargo, no significan lo mismo. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)

El volumen es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico.

La tasa de flujo es la frecuencia a la cual pasan los vehículos (o personas) durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente.

La demanda es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico. Donde existe congestión, la demanda es mayor que el volumen actual, ya que algunos viajes se desvían hacia rutas alternas y otros simplemente no se realizan debido a las restricciones del sistema vial.

La capacidad es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica del sistema vial, y representa su oferta. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)

Como puede observarse, la demanda es una medida del número de vehículos (o personas) que esperan ser servidos, distinto de los que son servidos (volumen) y de los que pueden ser servidos (capacidad).

Cuando la demanda es menor que la capacidad, el volumen es igual a la demanda, por lo que los conteos o aforos que se realicen, son mediciones de la demanda existente.

La figura 19, ilustra dos situaciones de mediciones en que el volumen no refleja la demanda. En la parte a), la demanda  $D$  medida en el punto 1 corriente arriba no es igual al volumen  $Q$  medido en el punto 2, debido a que se distorsiona por las limitaciones de capacidad y presencia de intersecciones a medida que se avanza corriente abajo. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)

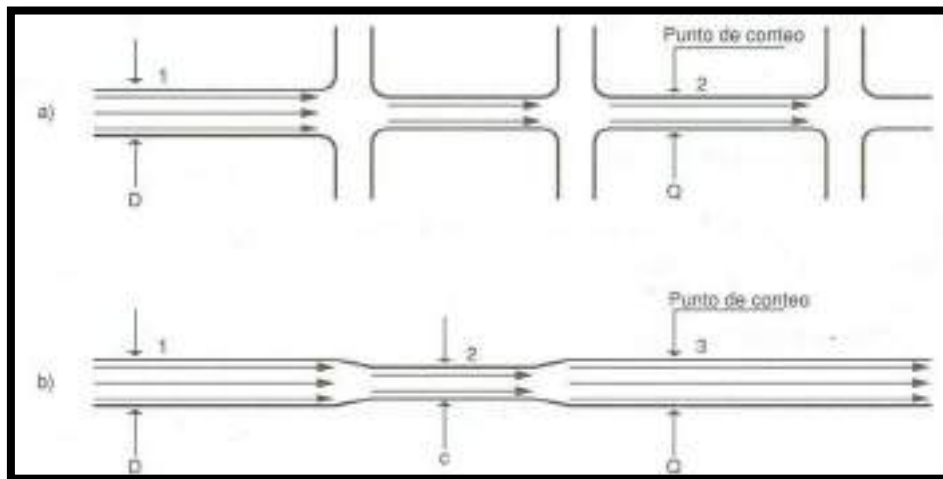


figura 17: Situaciones de conteos de aforos en el que el volumen no refleja demanda

Fuente: Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones

En la parte b), en las cercanías de los puntos de medición (puntos 1 y 3) se encuentra un "cuello de botella" de capacidad  $e$  (punto 2), de tal manera que el volumen observado  $Q$  en el punto 3 refleja la descarga corriente abajo más no la demanda  $D$  corriente arriba en el punto 1. Sólo si se cumple que  $D < e$ , entonces se puede decir que  $Q = D$ ; esto es, la estimación de  $O$  con base en  $Q$  es correcta. (R. Rafael Cal y Mayor, 2007)

Por lo anterior, se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado, y se expresa como:

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

Donde:

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

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

$T$  = período determinado (unidades de tiempo) (Kraemer)



### **2.2.9. Análisis del flujo vehicular**

Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planeamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte, el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel eficiencia de la operación.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de capacidad y niveles de servicio aplicado a diferentes tipos de elementos viales.

El objetivo, al abordar el análisis del flujo vehicular, es dar a conocer algunas de las metodologías e investigaciones y sus aplicaciones más relevantes en este tema, con particular énfasis en los aspectos que relacionan las variables del flujo vehicular, la descripción probabilística o casual del flujo de tránsito, la distribución de los vehículos en una vialidad y las distribuciones estadísticas empleadas en proyecto y control del tránsito

### **2.2.10. Variables relacionadas con el flujo vehicular y la demanda.**

Las variables relacionadas con el flujo son la tasa de flujo, el volumen el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre varios vehículos.

#### **➤ Tasa del flujo ( $q$ ) y volumen ( $Q$ ).**

La tasa de flujo  $q$  es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada .La tasa de flujo es pues el número de vehículos  $N$  que pasan durante un intervalo de tiempo  $T$  a una hora, expresada en veh /min .No obstante la tasa de flujo  $q$  también puede ser expresada en veh/ hora ,teniendo cuidado con su interpretación ,pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario  $q$ .

La tasa de flujo se calcula entonces con la siguiente expresión: (NAVARRO, 2019)

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



➤ **Intervalo simple ( $h_i$ )**

Es el intervalo de tiempo entre el paso de los vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos. (NAVARRO, 2019)

➤ **Intervalo promedio  $\bar{h}$**

Es el promedio de todos los intervalos simples  $h_i$  existente entre diversos vehículos que simulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo y se calcula mediante la siguiente expresión: (NAVARRO, 2019)

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^{N-1} h_i / N - 1$$

Donde:

$h$  : intervalo promedio (s/veh)

$N$  : Numero de vehículos (veh)

$N-1$  : Numero de intervalos (veh)

$h_i$  : intervalo simple entre el vehículo  $i$  y el vehículo  $i + 1$

Las unidades de intervalo promedio  $\bar{h}$  (s/veh) son las unidades inversas de la tasa de flujo  $q$  (veh/s), por lo que se plantea la siguiente ecuación.

$$\bar{h} = \frac{1}{q}$$

### **2.2.11. Variables relacionadas con la velocidad (T, 2019)**

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la velocidad son la velocidad de punto, la velocidad instantánea, la velocidad de marcha temporal, la velocidad media espacial, la velocidad de recorrido. (NAVARRO, 2019)

### **2.2.12. Variables relacionadas con la densidad**

Las variables de flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos. (NAVARRO, 2019)



➤ **Densidad o concentración (K)**

Es el número N de vehículos que ocupan una longitud específica a, de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh / km), ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada, se calcula como: (NAVARRO, 2019)

$$K = \frac{N}{a}$$

➤ **Espaciamiento simple (si)**

La distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras. (T, 2019)

➤ **Espaciamiento promedio  $\bar{s}$**

Es el espaciamiento de todos los espaciamientos simples si existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad, por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículo ( m/ veh) y se calcula , mediante al siguiente expresión : (Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011)

$$\bar{s} = \sum_{i=1}^{N-1} si / N - 1$$

Donde:

S : espaciamiento promedio (m/veh)

N : número de vehículos (veh)

N-1 : número de espaciamientos (veh)

Si : Espaciamiento simple entre el vehículo i y el vehículo i+1

Las unidades del espaciamiento promedio  $\bar{s}$  (m/veh) son las unidades inversas de la densidad K (veh/m) por lo que también se puede plantearse la siguiente relación:

$$\bar{s} = \frac{1}{K}$$

(Cardenas, 2007)

**2.2.13. Intersección a nivel y desnivel.**

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía del sitio, a las características geométricas de las carreteras que se cruzan y a las condiciones de su flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, los ingenieros deben proponer alternativas para ser evaluadas y con sus resultados



seleccionar la más conveniente. En el presente Manual no se restringen los tipos de solución para una intersección dada. Los ingenieros, con su creatividad y buen juicio, podrán proponer las alternativas que consideren adecuadas para las condiciones particulares del proyecto. Solo con el propósito de presentar en forma ordenada los criterios geométricos básicos requeridos para el diseño de los diferentes elementos que integran una intersección, como son las isletas, carriles de aceleración, desaceleración y giro a la izquierda, entrecruzamiento, ramales, etc., se ofrecen algunos diseños típicos frecuentes en carreteras.

(vias) - 2010

#### **2.2.14. Procedimiento general para el diseño de una intersección vial**

El enfoque general recomendado para atender el diseño geométrico de una intersección presenta una serie de actividades secuenciales, así:

- Estudio de tránsito de la intersección y análisis de la situación existente, utilizando, si se requieren, programas de computador apropiado.
- Formulación de alternativas de funcionamiento.
- Selección de la alternativa más conveniente.
- Diseño definitivo de la solución adoptada.

(MTC) – 2010

##### **➤ Criterios generales.**

Con la finalidad de obtener el diseño más conveniente, se presentan los siguientes criterios generales, destacando que se debe optar por la solución más sencilla y comprensible para los usuarios.

Priorización de los movimientos. Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción de ancho de vía e introducción de curvas de Radio pequeño. Eventualmente, convendría eliminarlos totalmente. - Consistencia con los volúmenes de tránsito. La mejor solución para una intersección vial es la más consistente entre el tamaño de la alternativa propuesta y la magnitud de los volúmenes de tránsito que circularán por cada uno de los elementos del complejo vial.



- Sencillez y claridad. Las intersecciones que se prestan a que los conductores duden son inconvenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.
- Separación de los movimientos. A partir de los resultados de ingeniería de tránsito, según los flujos de diseño determinados para cada caso, puede ser necesario dotar algunos movimientos con vías de sentido único, completándola con carriles de aceleración o desaceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas. Las grandes superficies pavimentadas invitan a los vehículos y peatones a movimientos erráticos, que promueven accidentes y disminuyen la capacidad de la intersección.
- Visibilidad. La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto debe existir, como mínimo, la distancia de parada.
- Perpendicularidad de las trayectorias. Las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto. Además, disminuyen los posibles choques y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores que cruzan juzgar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás.
- Previsión. En general, las intersecciones exigen superficies amplias. Esta circunstancia se debe tener en cuenta al autorizar construcciones o instalaciones al margen de la carretera. (vías) – 2010.

### **Criterios básicos de diseño.**

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel se debe partir de los resultados del estudio de Ingeniería de Tránsito. Dicho estudio debe establecer los siguientes parámetros:

- Diagrama de flujos vehiculares incluyendo su intensidad, composición vehicular y automóviles directos equivalentes (a.d.e.).
- Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD).
- Proyecciones al año meta.
- Análisis de capacidad.

### **2.2.15. Intersecciones.**



Las intersecciones son áreas comunes de dos o más vías que se cruzan al mismo nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles.

Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que en las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. (Loaiza,2005)

Se denomina como intersecciones a un área que es compartida por dos o más caminos, y cuya función principal posibilitar el cambio de dirección de la ruta. La intersección varía en complejidad desde un simple cruce, con solo dos caminos que se cruzan entre sí en ángulo recto, hasta una intersección más compleja, en la cual se cruzan tres o más caminos dentro de la misma área. (Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel, 2005).

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por presentar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. (MTC,2018)

### ➤ Tipos de intersección

Una intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. (MTC, 2018)

Tabla 1 Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60° y 120°
En Y	tres	< 60° y >120°
En X	cuatro	< 60°
En +	cuatro	>60°
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Fuente: Manual DG-2018



DE TRES RAMALES	EMPALME EN T	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADAS 	
	EMPALME EN Y	SIMPLE 	CANALIZADAS 		
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCION EN +	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
	INTERSECCION EN X	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
ESPECIALES	EN ESTRELLA 			ROTONDA 	
	VEASE FIGURA 501.01				

figura 18: Variedad de tipos de intersección a nivel.

Fuente: Manual de Carreteras DG-2018

### Consideraciones Generales de Diseño.

Según (Loaiza, 2005), el principal objetivo del diseño de intersecciones es reducir los potenciales conflictos entre los vehículos y peatones que emplean. Para lograr este objetivo, no se debe perder de vista que el diseño debe marcar una tendencia hacia los movimientos naturales que se realizan en ella. Se considera que son cuatro los principales factores que se deben considerar para el diseño:



➤ **Factores Humanos**

- Hábitos de manejo.
- Habilidad de toma de decisiones.
- Expectativas del conductor.
- Tiempo de percepción y reacción.
- Tendencia a seguir las huellas naturales para realizar movimientos.
- Hábitos peatonales.
- Hábitos de los ciclistas.

➤ **Factores Relativos al Tráfico**

- Capacidades actuales.
- Movimientos en la hora pico.
- Tamaño y características de operación del vehículo de diseño.
- Velocidades del vehículo.
- Transito comprometido.
- Estadística de accidentes.

➤ **Factores Relacionados con los Elementos Físicos**

- Propiedades adyacentes.
- Alineamiento vertical en la intersección.
- Distancia de visibilidad.
- Angulo de encuentro de las ramas.
- Área de conflictos.
- Carriles de giro.
- Características geométricas de la intersección.
- Dispositivos de control de tránsito.



- Iluminación.
- Características de seguridad.
- Facilidades para ciclistas.

➤ **Factores Económicos**

- Costo de las mejoras.
- Efectos de controlar o limitar los derechos de vía en las propiedades adyacentes.

**Características de diseño.**

Según (Loaiza, 2005), las principales características con las que se debe dotar a las intersecciones son las siguientes:

➤ **Preferencia a los Movimientos más Importantes**

Los movimientos o flujos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios. Esto amerita concentrarse en dotar a las vías secundarias de los elementos de control de tránsito necesarios para que sea fácil la distinción la jerarquía de las vías. De suceder muchos conflictos por los giros que se suceden en la intersección, pueden resultar conveniente suprimir los de menos importancia.

➤ **Reducción de las Áreas Abiertas**

Contrariamente a lo que se pudiera pensar las grandes áreas pavimentadas en vez de mejorar las condiciones de flujo pueden resultar contraproducentes pues son motivo de confusión tanto para peatones como para conductores. Esta situación se vuelve riesgosa para la circulación y reduce considerablemente la capacidad de las vías.

➤ **Perpendicularidad de las trayectorias cuando se corta**

Si las ramas de las intersecciones no se intersecan en ángulos perpendiculares, serán más propensas a accidentes de tránsito; para evitarlos, los conductores deben reducir la velocidad de circulación con la consiguiente pérdida de capacidad vial. De ser posible contar con el espacio suficiente, estas intersecciones deben remodelarse en busca de ángulos de encuentro próximos a 90°, pues así la geometría es más favorable para la visibilidad. En el caso de las intersecciones semaforizadas, la perpendicularidad deja de ser tan decisiva siempre que la visibilidad de los conductores a las caras de los semáforos sea adecuada y no lo confunda.



### ➤ Separación de los puntos de conflicto

Cuando se han identificado puntos de conflicto en una intersección, la mejor forma de aliviarlos tratando de separar los flujos mediante la canalización de los movimientos, si existe espacio disponible resultara muy adecuado que los puntos de conflicto se alejen lo más posible. Cuando la intersección esta semaforizada, si los tiempos de verde y rojo diferencian la oportunidad de realizar los movimientos que antes eran conflictos, entonces conviene que esos se aproximen físicamente en beneficio de otorgar mejor circulación a los flujos principales.

### ➤ Control de la velocidad

En general, la velocidad de aproximación a una intersección debe ser reducida, el reglamento de tránsito señala que, para intersecciones no semaforizadas, el conductor debe reducir la velocidad hasta 30 km/h. Luego de identificarse el flujo principal y preferente de una intersección no semaforizada, se debe analizar la circulación de la vía secundaria y evaluar si el comportamiento de los vehículos al llegar a la intersección es el adecuado, de no ser así y de existir muchos accidentes de tránsito, la intersección puede dotarse de “gibas”, las cuales deberán estar adecuadamente diseñadas. Como regla general ellas se deberán ubicar en la vía secundaria y permitir que entre la giba y el borde de la pista principal se pueda estacionar el vehículo de diseño.

### ➤ Visibilidad

La velocidad de los vehículos que accedan a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir como mínimo la distancia de visibilidad de parada. Es importante que el análisis de la visibilidad determine una franja limpia de obstáculos que se deberá respetar, no permitiéndose la colocación de avisos publicitarios, cabinas telefónicas, arboles, puestos de revistas u otros que pongan en riesgo la seguridad de conductores ni peatones.

### ➤ Previsión

En general, las canalizaciones existen superficies amplias en las intersecciones. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta al autorizar construcciones o instalaciones al margen de la vía, pues una intersección puede en el futuro requerir más área de los existentes.

➤ **Sencillez y Claridad**

La presencia de muchos elementos o abundante señalización, puede complicar la operación de la intersección, pues el tiempo que demora el conductor en entender los derechos de paso o donde realizar sus maniobras de giro puede requerir aminorar la velocidad al extremo de detener los vehículos.

**Visibilidad de cruce.**

➤ **Triángulo de visibilidad**

El triángulo de visibilidad, es la zona libre de obstáculos, que permite a los conductores que acceden simultáneamente a una intersección a nivel, verse mutuamente a una distancia tal, que permita la maniobra de cruce con seguridad. (MTC, 2018)

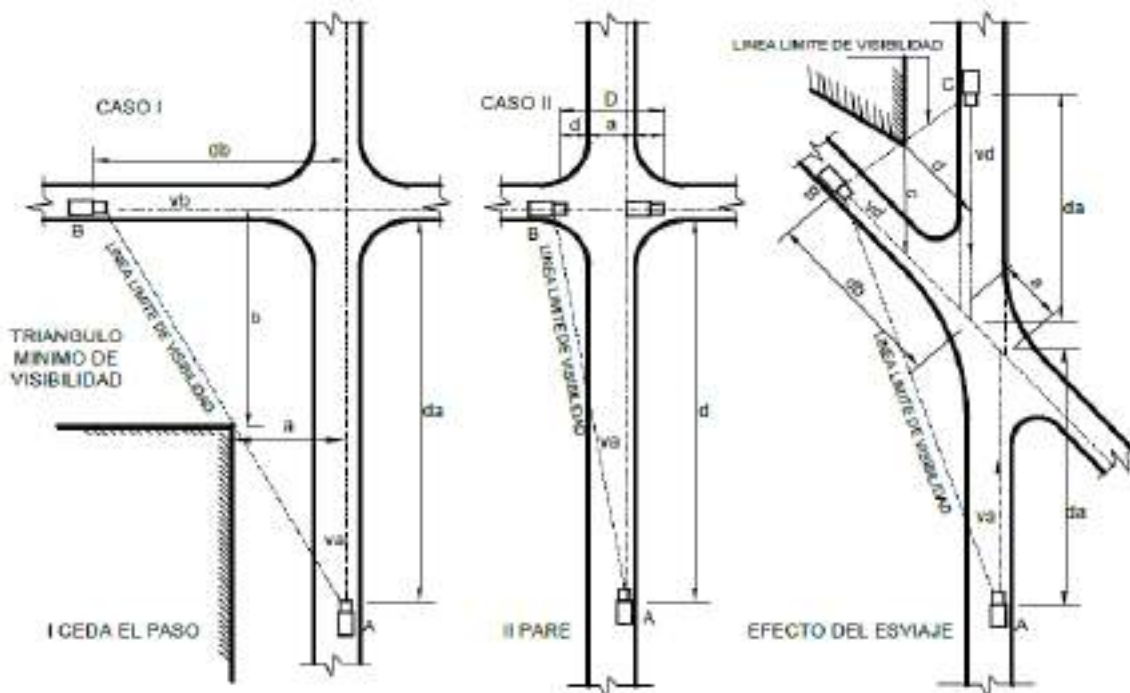


figura 19: Triángulo de Visibilidad.

Fuente: Manual de Carreteras DG-2018

➤ **Triángulo mínimo de visibilidad**

El triángulo mínimo de visibilidad seguro, corresponde a la zona que tiene como lado sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de visibilidad de parada. (MTC, 2018)



### **Intersección sin canalizar**

Cuando el espacio disponible para la intersección se reduce, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos, el diseño está gobernado por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido. (MTC, 2018).

### **Intersecciones Canalizadas.**

Las intersecciones con islas de canalización, se utilizan para los casos en que el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande, y por tanto se genera confusión en el tránsito vehicular, por indefinición de las trayectorias destinadas de los diferentes giros y movimientos a realizar.

Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar. (MTC, 2018)

### **Intersecciones Semaforizadas**

#### **➤ Semaforización**

(MTC, 2000) Los semáforos son dispositivos de control mediante los cuales se regula el movimiento de vehículos y peatones en calles y carreteras, por medio de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad de control.

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

- a. Interrumpir periódicamente el tránsito en una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular o peatonal.
- b. Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- c. Controlar la circulación por canales.
- d. Eliminar o reducir el número de gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- e. Proporcionar un ordenamiento de tránsito.



➤ **Semáforos para el control de tránsito de vehículos.**

Según el, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016), los semáforos para el control de tránsito de vehículos se clasifican de la siguiente forma:

➤ **Semáforos fijos o pre sincronizados**

Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidos no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración de ciclo, desfase y otros pueden ser modificados.

➤ **Semáforos sincronizados por el tránsito**

Son aquellos cuyo funcionamiento es sincronizado en todos los accesos a una intersección, en función a las demandas del flujo vehicular y disponen de medios (detectores de vehículos y/o peatones) para ser accionados por este.

➤ **Semáforos adaptados al tránsito**

Denominados también semáforos inteligentes, son aquellos cuyo funcionamiento es ajustado continua y automáticamente en todos los accesos a una intersección, de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases a una estación central o control maestro.

➤ **Semáforos para pasos peatonales**

Los semáforos para peatones son señales de tránsito instaladas para el propósito exclusivo de dirigir el tránsito de peatones en intersecciones semaforizadas.

Comúnmente llamadas semáforos para peatones, son los que regulan el tránsito de peatones en intersecciones donde se registra un alto volumen peatonal y se deben instalare en coordinación con semáforos para vehículos.

**Tratamiento de puntos negros.**

El término “punto negro”, es muy utilizado en la ingeniería de tránsito para denominar a un lugar o a una zona de una vía en donde ha ocurrido una cantidad de accidentes anormalmente alto en comparación con otros lugares de la red vial, por lo tanto, puede ser usado para identificar dónde y cuándo es necesario intervenir.



Como señala (Mayoral, 2009), la calificación tiene una naturaleza cuantitativa y cualitativa, dado que interesa tanto la cantidad de accidentes ocurridos en el periodo de análisis, así como la repetición de un mismo tipo o patrón de accidentes (atropello, volcadura, despiste, etc.). Es importante resaltar que, si tenemos en cuenta la “Visión Cero” de Suecia, lo importante sería evitar la muerte y las discapacidades permanentes, por lo tanto, nos interesa sólo la cantidad de accidentes y su frecuencia, sino que lo más importante es su severidad. En este sentido, por ejemplo, en Bélgica se le da un peso a cada uno de los tres tipos de accidente (leve, serio o fatal), considerándose que el lugar es peligroso cuando la suma de los accidentes ponderados (P) es igual o Mayor a 15. (Geurts & Wets, 2003)

$$P = X+3Y+5z$$

X=número total de accidentes leves

Y=número total de accidentes serios

Z=número total de accidentes fatales

#### **2.2.16. Los Accidentes y las Intersecciones**

En los cruces o intersecciones, los conductores afrontan una multitud de opciones relacionadas con la vía, velocidad, y trayectoria, que, en combinación con numerosos movimientos del tránsito, complican la tarea del conductor y aumentan considerablemente la potencial ocurrencia de un accidente. Dado que gran parte de los accidentes de tránsito ocurre en intersecciones, la planificación de la red vial debe tratar este tema con especial atención. En particular, en el caso interurbano se recomienda minimizar el número de intersecciones. En general, la elección del diseño y la regulación de intersecciones, incluyendo los cruces ferroviarios, deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Minimizar el número de potenciales puntos de conflictos en intersecciones. Por ejemplo, las intersecciones en “T” tienen menor tasa de accidentes que los cruces tradicionales, idealmente no deberían construirse intersecciones con muchos accesos (más de cuatro).
- Asegurar buena visibilidad en las intersecciones oblicuas con ángulos menores a 90° (o en “Y”). Ellas tienen mayores tasas de accidentes, debido a que restringen la visibilidad lateral.
- Evitar problemas de percepción de las intersecciones, ya que deben ser lo suficientemente visibles y evidentes para los conductores. Para evitar que una impresión visual de la intersección engañe al conductor, es necesario reforzar la intersección por medio de señalización.





- Considerar adecuadamente el giro de los vehículos disponiendo, por ejemplo, de una pista protegida para el giro de vehículos en una intersección (pista de giro).
- Restringir las aperturas de separador central en vías de doble sentido de tránsito. Con ello, se evitan los giros a la izquierda y en U, lo cual mejora las condiciones de seguridad.
- Utilizar un adecuado sistema de control en intersecciones que favorece la seguridad.
- Habilitar cruces de calzada seguros. En aquellos lugares en donde se justifican, se deben proveer facilidades para flujos peatonales y de ciclistas, mediante la utilización de refugios e islas.

### **2.2.17. Synchro Studio (aplicación del modelo determinístico HCM 2016)**

Synchro Plus es un completo paquete de software para el modelado, optimización, gestión y simulación de sistemas de tráfico.

Synchro Plus es un paquete de software que incluye:

- Synchro, un análisis macroscópico y programa de optimización;
- SimTraffic, un potente y fácil de usar aplicación de software de simulación de tráfico;
- 3D Viewer, una vista tridimensional de simulaciones SimTraffic;
- SimTraffic CI, una aplicación que interactúa con una interfaz de controlador (IC) del dispositivo conectado a un controlador para simular el funcionamiento del controlador con simulado tráfico.

#### **Análisis.**

Synchro implementa los métodos del HCM 2000 y recientemente lanzado EL MANUAL HCM 2016 Carretera Capacidad

El Synchro ofrece una solución fácil de usar para el análisis individual de la capacidad de intersección y de temporización de optimización.

Además de calcular la capacidad y niveles de servicio, Synchro puede optimizar la duración del ciclo, y de esa forma buscar la mejor optimización.



## **Coordinar y Optimizar**

Synchro permite la generación rápida de los planes óptimos de tiempo. Synchro optimiza la duración del ciclo, tiempos parciales, compensaciones y secuencia de fases para minimizar las paradas de controladores y el retraso.

Synchro es completamente interactivo. Cuando se cambian los valores de entrada, los resultados se actualizan automáticamente.

## **Las Intersecciones Semaforizadas**

Modelos Synchro intersecciones semaforizadas está basada en el Manuales Capacidad de Carreteras HCM 2016. Requisitos de entrada incluyen el movimiento de giro recuentos, geometría intersección y el tipo de control de señal para cada enfoque (detener, rendimiento o de flujo libre).

### **2.2.18. Synchro Studio**

Synchro Plus es un completo paquete de software para el modelado, optimización, gestión y simulación de sistemas de tráfico.

Synchro Plus es un paquete de software que incluye:

- Synchro, un análisis macroscópico y programa de optimización;
- SimTraffic, un potente y fácil de usar aplicación de software de simulación de tráfico;
- 3D Viewer, una vista tridimensional de simulaciones SimTraffic;
- SimTraffic CI, una aplicación que interactúa con una interfaz de controlador (IC) del dispositivo conectado a un controlador para simular el funcionamiento del controlador con simulado tráfico.

## **Análisis**

Synchro implementa los métodos del HCM 2000 y del recientemente lanzado HCM 2016 Carretera Capacidad

El Synchro ofrece una solución fácil de usar para el análisis individual de la capacidad de intersección y de temporización de optimización.



Además de calcular la capacidad y niveles de servicio, Synchro puede optimizar la duración del ciclo, y de esa forma buscar la mejor optimización.

### **Coordinar y optimizar**

Synchro permite la generación rápida de los planes óptimos de tiempo. Synchro optimiza la duración del ciclo, tiempos parciales, compensaciones y secuencia de fases para minimizar las paradas de controladores y el retraso.

Synchro es completamente interactivo. Cuando se cambian los valores de entrada, los resultados se actualizan automáticamente.

### **Las intersecciones semaforizadas**

Modelos Synchro intersecciones semaforizadas está basada en el Manuales Capacidad de Carreteras HCM 2016. Requisitos de entrada incluyen el movimiento de giro recuentos, geometría intersección y el tipo de control de señal para cada enfoque (detener, rendimiento o de flujo libre).

## **2.2.19. Modelamiento por seguimiento Vehicular – Simulación PTV VISSIM 2019**

### **¿Qué es VISSIM?**

Es un programa que puede analizar la operación del transporte público y privado bajo condiciones como configuración de carriles, composición vehicular, semáforos, paradas TP, etc., convirtiéndose así en una herramienta útil para la evaluación de diferentes alternativas basadas en ingeniería de transporte y planeación de indicadores de desempeño.

Adicionalmente, los flujos peatonales también pueden ser modelados, de forma exclusiva o combinados con el transporte público y/o privado.

### **Casos de aplicación de PTV VISSIM 2019**

#### **➤ Intersecciones**

Desde los cruces más sencillos, pasando por las típicas intersecciones semaforizadas, y hasta los esquemas operativos más específicos posibles: con PTV VISSIM, se puede representar y analizar cualquier geometría de intersección y cualquier esquema de prioridad y semaforización.



### ➤ **Control Semafórico**

La operación semafórica influye decisivamente en lo que ocurre en los sistemas viales, especialmente en los urbanos. Con PTV VISSIM, los ingenieros de tráfico pueden modelar y optimizar todo tipo de control de semafórico, ya sea un controlador de tiempo fijo, un control actuado por el tráfico o prioridades al transporte público.

### ➤ **Control de Tiempo Fijo Basado en Fases y Grupos de Señales**

En PTV Vissim, se pueden leer o introducir, y posteriormente optimizar, matrices de tiempos de interfaz y programas semafóricos creados externamente. Así, los ingenieros del tráfico pueden proporcionar controles de tiempo fijo basándose en grupos de señales: gracias a la representación clara de diagramas de tiempos en un editor gráfico, los posibles problemas de tiempos de seguridad se pueden reconocer y corregir rápidamente.

### ➤ **Control Semafórico Actuado por Vehículos**

En PTV Vissim, también se pueden simular controles semafóricos actuados, desde intersecciones aisladas, hasta sistemas de control complejos para redes parciales, lo cual puede incluir varias estrategias de prioridad al transporte público. Durante la simulación, el controlador VAP interpreta las órdenes de la lógica del programa establecido y genera las órdenes de regulación correspondientes para los semáforos.

### ➤ **Intersecciones no Semaforizadas**

Los nudos de comunicaciones no señalizados, como por ejemplo las rotondas o los nudos que se rigen por la prioridad, se pueden simular asimismo con PTV Vissim. El concepto de rutas y conectores permite crear geometrías detalladas. De este modo, en zonas conflictivas y alteraciones de cruces de tráfico, se pueden definir flujos principales y realizar ajustes detallados y, en parte, específicos para la clase de vehículo en el nudo. Entre otros, se puede ajustar la visibilidad y la aceptación de huecos de tiempo y de trayecto.

### ➤ **Multimodalidad**

PTV Vissim ofrece a los ingenieros del tráfico mucha flexibilidad gracias a la que pueden configurar modelos vehiculares de forma sumamente realista, incluso incluyendo elementos de control específicos por carril y tipo de vehículo. Así, por ejemplo, las bicicletas y los autos se pueden controlar por distintas señales semafóricas aun estando en el mismo carril.



*figura 20: Simulación de intersección con diferentes modos de transporte.*

Fuente: Tomado de PTV Vissim 2019

Además, en caso necesario, los ingenieros del tráfico pueden determinar el grado de obediencia a la señal de alto para distintos tipos de vehículo en PTV Vissim. De esta manera, se puede analizar cómo afecta a la operación de una intersección el que haya vehículos o peatones que se pasen el semáforo en rojo, y si esto incrementa o reduce la capacidad y demoras promedio de la intersección.

PTV Vissim visualiza con solo pulsar un botón los resultados de varios análisis o pasos de modelado individuales. Esto ayuda al ingeniero de tráfico con la evaluación de las medidas propuestas. Además, la herramienta de simulación ofrece una representación realista en 3D, una ventaja en cualquier presentación ante público no experto.



*figura 21: Simulación multimodal de una intersección compleja con PTV Vissim 2019.*

Fuente: Tomado de PTV Vissim 2019

### 2.2.20. Modelo de Wiedemann 99 (modelo de seguimiento vehicular para modelación VISSIM 2019)

El modelo de seguimiento vehicular de Rainer Wiedemann fue presentado en 1974. Este define los límites de percepción de los conductores y las consecuencias de esos límites. Después de este modelo, se presentó también el modelo conocido como Wiedemann 99. Esta última versión contiene más parámetros y límites que los usuarios pueden calibrar. Gao (2008), señala que muchos consideran que es más sencillo que la primera versión y que permite obtener un mejor modelo de tráfico. El software Vissim en su versión 8.0 permite utilizar cualquiera de estos dos modelos, sin embargo, utiliza una versión modificada cuya base teórica es evidentemente de propiedad privada y no está al alcance del público. Por ejemplo, en la ecuación 8 se muestra el parámetro  $A_x$  que se obtenía, originalmente, mediante diversos parámetros, pero en la actualidad el modelador ingresa su valor directamente.

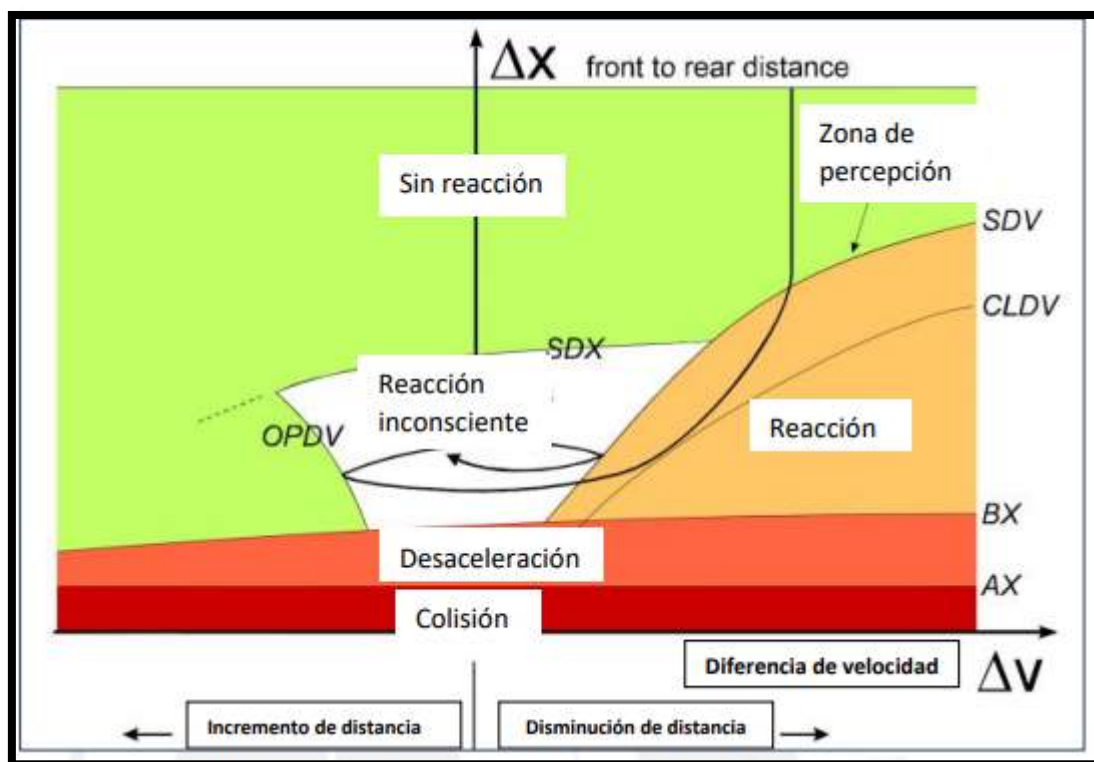


figura 22: Representación gráfica adaptada al modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74.

Fuente: Adaptado de PTV, (2007)

La figura 25 muestra de forma gráfica las consideraciones del software Vissim para el modelo de Wiedemann 74. Muestra como la separación entre vehículos " $\Delta X$ " va disminuyendo en función de la diferencia de velocidad " $\Delta V$ ". La parte naranja, debajo del límite SDV, es el área donde los vehículos reducen la velocidad. Luego de esto, el vehículo, antes de cruzar otro límite



CLDV, reduce su velocidad para entrar a una región de reacción inconsciente. El conductor permanece en la región que este contenido por los límites OPDV, SDX y SDV (Higgs et al., 2011).

Es importante señalar que la siguiente información, que permite conocer el modelo original de Wiedemann, fue obtenida de Janso y Tapani (2004).

$AX$  es la distancia deseada entre vehículos estacionados. Donde  $AX_{add}$  y  $AX_{mult}$  son parámetros de calibración y  $RND1n$  es un parámetro de distribución normal.

$$AX = L_{n-1} + AX_{add} + RND1n * AX_{mult}$$

Así también,  $ABX$  o  $BX$  es la distancia deseada mínima de seguimiento en baja velocidad. Donde  $BX_{add}$  y  $BX_{mult}$  son parámetros de calibración.

$$ABX = AX + BX$$

$$BX = (BX_{add} + BX_{mult} * RND1n) * \sqrt{v}$$

La velocidad “v” se define de la siguiente forma.

$$v = \begin{cases} v_{n-1} & \text{para } v_n > v_{n-1}; \\ v_n & \text{para } v_n \leq v_{n-1} \end{cases}$$

Además,  $SDX$  es la máxima distancia de seguimiento. La empresa PTV señala que esta distancia varía entre 1.5 y 2.5 veces la distancia mínima de seguimiento ( $ABX$ ). Donde  $EX_{add}$  y  $EX_{mult}$  son parámetros de calibración.  $NRND$  es un número aleatorio de distribución normal y  $RND2n$  es un parámetro dependiente de distribución normal.

$$SDX = AX + EX * BX, \text{ con}$$

$$EX = EX_{add} + EX_{mult} * (NRND - RND2n)$$

Por otro lado,  $SDV$  es el punto de aproximación. Este límite se utiliza para describir los puntos donde el conductor nota que se aproxima a un vehículo más lento. Donde  $CX_{const}$ ,  $CX_{add}$  y  $CX_{mult}$  son parámetros de calibración.

$$SDV = \left( \frac{\Delta x - L_{n-1} - AX}{CX} \right)^2$$

$$CX = CX_{const} * (CX_{add} + CX_{mult} * (RND1n + RND2n))$$

Donde,  $CLDV$  representa el decrecimiento en la diferencia de velocidad.



De la misma forma, Wiedemann incluye otro límite similar a  $SDV$  para modelar la percepción de las pequeñas diferencias de velocidad en cortas distancias. De acuerdo a la empresa  $PTV$ , en su software, ellos ignoran este límite y se asume a  $CLDV$  igual a  $SDV$ . De la misma forma,  $OPDV$  representa el incremento de la diferencia de velocidad. Este límite describe el punto donde el conductor observa que está viajando a una velocidad menor que el vehículo líder. Donde  $OPDV_{add}$  y  $OPDV_{mult}$  son parámetros de calibración y  $NRND$  es un parámetro de distribución normal.

$$OPDV = CLDV * (-OPDV_{add} - OPDV_{mult} * NRND)$$

Los límites anteriores dan lugar a los siguientes regímenes de seguimiento vehicular. En seguimiento: Los límites  $SDV$ ,  $SDZ$ ,  $OPDV$  y  $ABX$  o  $BX$  constituyen este régimen. La aceleración de los vehículos se asume siempre como diferente de cero, y cuando un vehículo pasa al régimen de seguimiento, ya sea por pasar el límite  $SDV$  o  $ABX$  o  $BX$  se le asigna un valor de aceleración negativa igual a  $-b_{null}$ , así también, cuando pasa el límite  $OPDV$  o  $SDX$ , se le asigna una aceleración positiva igual a  $+b_{null}$ . Donde  $BNULL_{mult}$  es un parámetro de calibración,  $RND4n$  es un parámetro de distribución normal y  $NRND$  es un número aleatorio de distribución normal.

$$b_{null} = BNULL_{mult} * (RND4n + NRND)$$

➤ **En conducción libre:**

Los vehículos se encuentran encima de los límites y los viajes no son influenciados por el tráfico adyacente, en otras palabras, los vehículos utilizan su máxima aceleración para alcanzar su velocidad deseada. No obstante, cuando esta velocidad es alcanzada, se le asigna al vehículo una aceleración negativa igual  $-b_{null}$  o una positiva igual a  $+b_{null}$ . La máxima aceleración  $b_{max}$ , para los pasajeros de los vehículos, está definido por la siguiente ecuación. Donde  $V_{max}$  es la máxima velocidad del vehículo y el factor  $FAKTORV_{mult}$  es un parámetro de calibración.

$$b_{max} = BMAX_{mult} * (v_{max} - v * FaktorV)$$

$$FaktorV = \frac{v_{max}}{v_{des} + FAKTORV_{mult} * (v_{max} - v_{des})}$$





➤ **Acercamiento:**

Cuando se pasa el límite SDV, los conductores notan que se están acercando a un vehículo más lento, entonces, desaceleran para evitar una colisión. El valor de desaceleración es el siguiente. Donde  $b_{n-1}$  es la desaceleración del vehículo líder.

$$b_n = \frac{1}{2} * \frac{(\Delta v)^2}{ABX - (\Delta x - L_{n-1})} + b_{n-1}$$

➤ **Régimen de emergencia:**

Cuando el vehículo tiene una distancia menor al límite de  $ABX$  o  $BX$ , el conductor desacelera su velocidad para evitar una colisión.

$$b_n = \frac{1}{2} * \frac{(\Delta v)^2}{AX - (\Delta x - L_{n-1})} + b_{n-1} + b_{min} + \frac{ABX - (\Delta x - L_{n-1})}{BX}$$

La máxima desaceleración del vehículo,  $b_{min}$ , se muestra a continuación. Donde  $BMINadd$  y  $BMINmult$  son parámetros de calibración y  $RND3n$  es un parámetro de distribución normal.

$$b_{min} = -BMINadd - BMINmult * RND3n * BMINmult * v_n$$

### 2.2.21. Micro simulación del tráfico.

El uso de los modelos microscópicos con fines de simulación ha ido aumentando a pasos agigantados en este último siglo. Estos han sido empleados para el estudio y análisis del tráfico (su comportamiento, problemas, soluciones, etc.). El hecho de poder tratar tal cantidad de información plantea la posibilidad de enfocar el problema del tráfico a nivel “celular”; es decir, considerando a cada vehículo como un objeto independiente que se enmarca dentro de un sistema (flujo de tráfico) y que por el cual se puede interactuar con otros componentes del mismo sistema como por ejemplo el resto de vehículos (Salvador & Robusté, 2000). Uno de los programas que basan su estudio en el modelo microscópico es el software computacional Vissim.

### 2.2.22. Fundamentos de la Micro simulación

Los fundamentos de la micro simulación son la base del análisis que se desarrolla a lo largo de este trabajo con el fin de lograr los objetivos propuestos. Entre ellos destacan la aleatoriedad del modelo, el warm up o tiempo de estabilidad, la interacción vehicular, la calibración del modelo y la validación del mismo.



➤ **Nivel de aleatoriedad en el flujo del tráfico.**

6. El nivel de aleatoriedad en un flujo de tráfico se relaciona directamente con sus parámetros; ya que en estos se refleja el comportamiento y funcionamiento del tránsito estudiado. Esta aleatoriedad se puede presentar de manera determinística o estocástica. Entre estas dos representaciones existen diferencias marcadas. En el caso de una manifestación estocástica, se tiene una característica propia en referencia al tipo de manejo de los conductores y sus vehículos a partir de las estadísticas. Mientras que, en una muestra determinística, no se observan variaciones respecto a las particularidades de vehículos y conductores.

➤ **Numero de semilla.**

Los análisis dentro de los modelos que empleen simulaciones deben de utilizar números aleatorios generados a partir de un solo valor inicial (semilla) dentro de cada análisis para minimizar los errores en la simulación aleatoria (Weinstein et al., 2003). Esto en el modelo se observa con el cambio de comportamiento de los conductores (gentil, agresivo, etc.) y los tipos de vehículos participantes (motos, camiones, buses, etc.). Cada vez que se cambie este número denominado “semilla”, estos parámetros variarán generando distintos patrones de comportamiento y flujo vehicular.

➤ **Numero de corridas.**

El número semilla, definido anteriormente, tendrá una influencia directa a la hora de realizar el análisis de un modelo microscópico; ya que este se encarga de que cada corrida realizada sea distinta de cualquier otra que se haya efectuado. Los resultados obtenidos, normalmente, se encuentran en un rango cercano al promedio de las respuestas alcanzadas en las corridas llevadas a cabo. Los datos obtenidos de las corridas se deben validar a través de un número mínimo de corridas (Fellendorf & Vortich, 2010). Este número de corridas específico, se conseguirá con ayuda de la estadística. Por lo tanto, se debe tomar una muestra que represente a la población (corridas) de forma adecuada, es decir esta debe ser heterogénea y sin tendencias de ninguna clase. Mientras mejor se represente a la población en la muestra de trabajo, mejores serán los resultados a la hora de extrapolarlos a la población total (Fernández, 2015).

Finalmente, para realizar este análisis estadístico se necesitará de las siguientes ecuaciones estadísticas:

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}$$



Donde:

S: desviación estándar

X: respuesta del parámetro de eficiencia en una corrida específica

$\bar{x}$ : media del parámetro en todas las corridas

N: número de corridas

La Federal Highway Administration (FHWA) sugiere emplear la distribución “T student” con el fin de obtener el mínimo número de corridas, por lo que se emplean las siguientes expresiones:

$$CI_{(1-\alpha\%)} = \bar{x} \pm t_{(\alpha/2), N-1} \cdot \frac{S}{\sqrt{N}}$$

CI: Intervalo de confianza

$t_{(\alpha/2)}$ : t-student con N-1 grados de libertad

S: desviación estándar

N: número de corridas

El número mínimo de corridas, según los estudios elaborados por la FHWA (2004), se calcula de la siguiente forma:

$$N = \left( t_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{e} \right)^2$$

N: número de corridas

$t_{(\alpha/2)}$ : t-student con N-1 grados de libertad

S: desviación estándar

e: margen de error

El proceso de análisis que propone, la Federal Highway Administration (FHWA), para calcular el número mínimo de corridas consta de los siguientes pasos: Para comenzar, se evalúa el modelo trabajado con un número de al menos 4 corridas. Después, mediante el uso de las ecuaciones antes expresadas, se debe obtener la media, la desviación estándar y el nivel de confiabilidad. Cuando se realizan cálculos estadísticos como los mencionados, es necesario tomar en cuenta el margen de error posible en los resultados obtenidos. Al final del proceso, se realiza el cálculo de las repeticiones mínimas, mediante la ecuación 3, para su posterior comparación con el número de corridas del modelo. Se considerará dos posibles opciones. Si el número de corridas realizadas es menor al mínimo y el caso contrario donde la cantidad de



corridas exceda al mínimo. La segunda, es la opción que se busca alcanzar; ya que si se logra será un indicador de suficiencia en la evaluación del modelo. Por otro lado, si se tiene un menor valor que el mínimo de corridas se efectuarán nuevas corridas y una nueva medición de los parámetros. Este proceso debe continuarse hasta lograr la segunda opción mencionada.

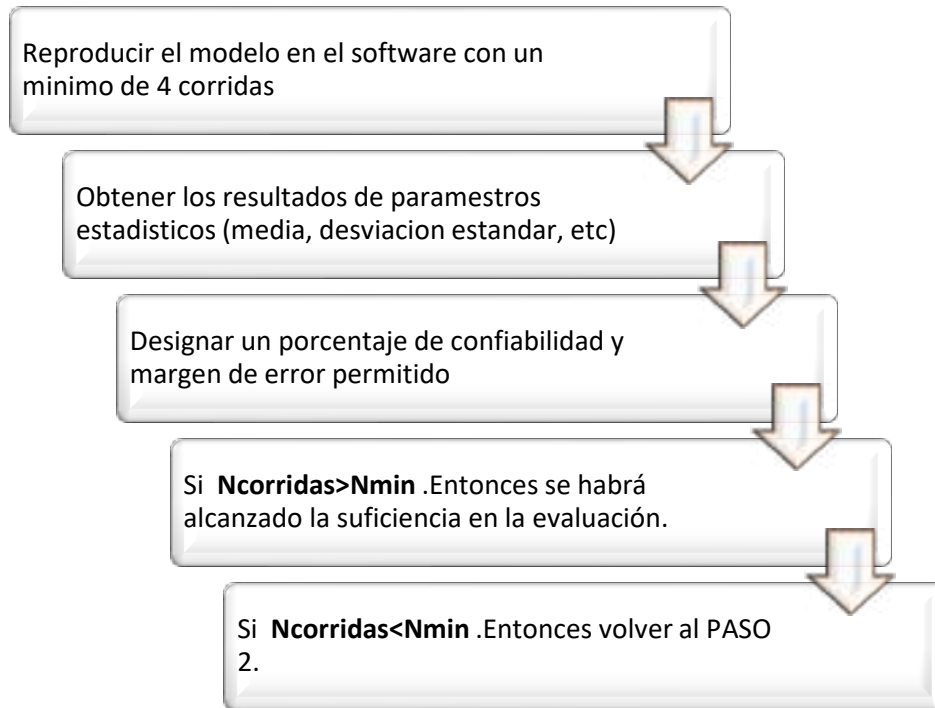


figura 23 : Proceso iterativo para determinar el número de corridas

fuelle: Adaptado de FHWA (2004)

### ➤ Warm up (Tiempo de estabilidad)

El warm up o tiempo de estabilidad es aquel en el cual el flujo de tráfico, en el modelo de la simulación, alcanza el equilibrio. En otras palabras, se logra la estabilidad vehicular. Una vez alcanzado este punto en la simulación, se puede proceder a la recolección de datos estadísticos. Esta información se compone del análisis de parámetros de eficiencia como la longitud de colas, el tiempo de viaje, etc. (Dowling et al, 2004). El warm up debe extenderse durante el tiempo suficiente antes del período de calibración del modelo requerido para demostrar la existencia de densidades de tráfico suficientes en el proyecto que se trabaja (NSW, 2013). Según la FHWA se obtuvo que el tiempo de estabilización para modelos elaborados (warm up) es de como mínimo 10 minutos de simulación. En las siguientes imágenes, se puede observar representaciones del modelo cuando no se alcanza la estabilidad (figura 6) y cuando si se

produce (figura 7). Además, el tiempo que necesitó el modelo (en el ejemplo) para alcanzar su estabilización fue de 20 minutos como se puede apreciar en las ilustraciones.

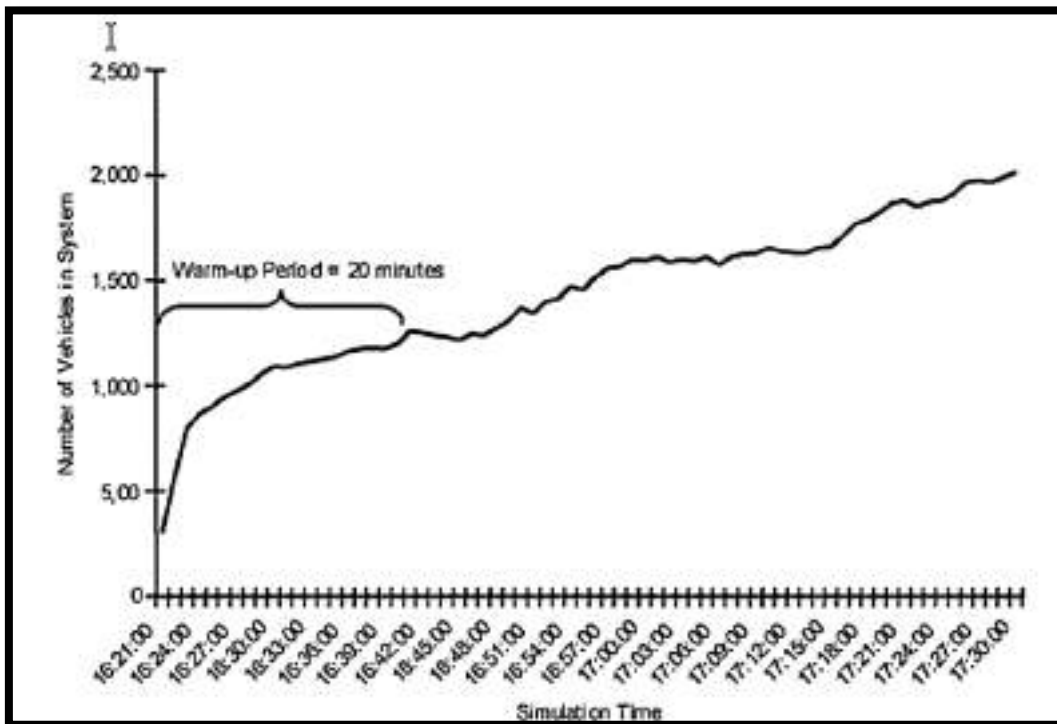


figura 24: Representación no estabilizada del modelo (número de vehículos en el sistema VS Tiempo de simulación)

Fuente: FHWA (2004)

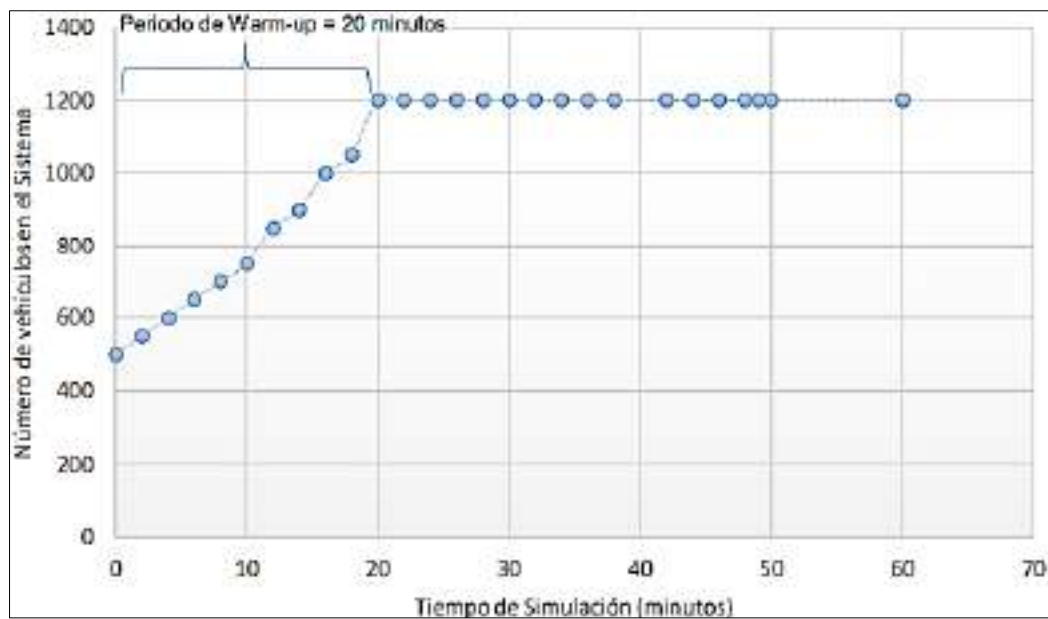


figura 25: Representación estabilizada del modelo

Fuente: Adaptado de FHWA (2004)



### **2.2.23. Interacción de Vehículos.**

La interacción de vehículos es una característica propia de los modelos de simulación microscópicos. Esta se realiza a través de modelos de cambio de carril y seguimiento vehicular (Fellendorf & Vortisch, 2010). En adición a estos modelos, se añade por parte del software Vissim el comportamiento no basado en carriles. En el modelo de seguimiento vehicular, se toma en cuenta para el análisis la velocidad, la distancia segura, entre otros parámetros. Por otro lado, en el modelo de cambio de carril la necesidad de realizar este acto es la que impera. Esta necesidad se puede presentar por el deseo de adelantar un vehículo o por la forma de conducción del conductor. En el caso del comportamiento no basado en carriles, se basa en la posibilidad de adelantamiento vehicular en el mismo carril (PTV GROUP, 2016)

### **2.2.24. Grado de Saturación**

El grado de saturación es la razón entre el flujo y la capacidad. Si se piensa en el flujo como la demanda por usar de un dispositivo vial y en la capacidad como la oferta de atención que provee tal dispositivo, el grado de saturación muestra el balance entre oferta vial y demanda de tráfico.

$$x = \frac{\text{Demanda de tráfico}}{\text{Oferta vial}} = \frac{q}{Q}$$

Cuanto mayor sea el grado de saturación, más congestionado estará un cierto dispositivo vial y, por lo tanto, mayores serán las consecuencias en términos de colas de objetos en espera de ser atendidos, demoras por atención y necesidad de detenerse ante el dispositivo. A diferencia de los “niveles de servicio” cualitativos utilizados en Norteamérica, el grado de saturación provee una variable continua y cualitativa para determinar el nivel de congestión. (Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011)

#### **2.2.24.1. Intersecciones Viales**

Las intersecciones son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles.

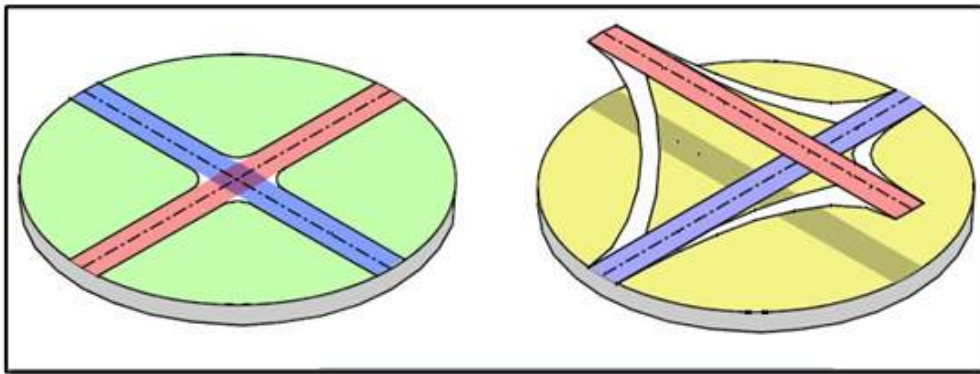
Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)



### 2.2.24.2. Tipos de Intersecciones Viales

Existen 2 tipos fundamentales de solución a estos problemas que es la intersección a nivel e intersección a desnivel (enlace).

La diferencia radica en que en las intersecciones el cruce se realiza a nivel, los ejes de las diversas vías se cortan en un punto; en el enlace el cruce se realiza a distinto nivel, interceptándose en este caso en las proyecciones horizontales de los ejes. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)



*figura 26: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel*

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000

#### 2.2.24.2.1. Intersecciones a Nivel

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria.

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles. (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2018,)

#### Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar



maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

#### A. Criterios generales

**Preferencia de los movimientos más importantes.** En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

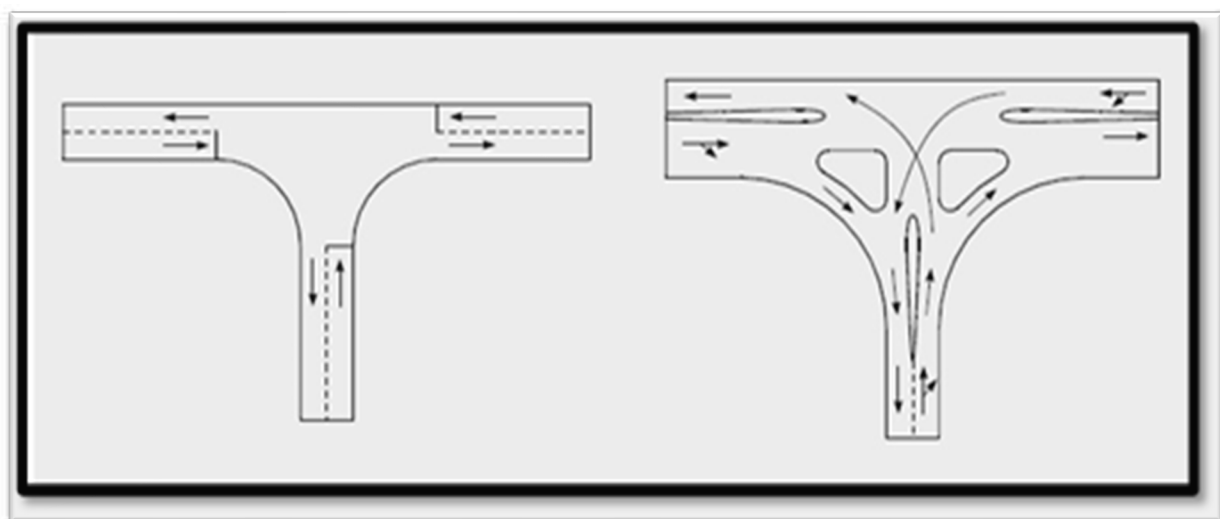
**Reducción de las áreas de conflicto.** En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.

**Perpendicularidad de las intersecciones.** Las Intersecciones en Angulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

**Visibilidad.** La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe Limitarse en función de la visibilidad, incluso Llegando a la detención total.

**Canalización y puntos de giro.** Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel.

(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2018,)



*figura 27: Intersección sin canalizar y canalizada*

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000





## **B. Elección del tipo de control**

El diseño de las intersecciones a nivel, determinara el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de Control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal.

El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- ✓ Tránsito en la vía principal
- ✓ Tránsito en la vía secundaria incidente.
- ✓ Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).

**(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2018,)**

## **Elementos canalizadores y reguladores**

Existen una serie de elementos que regulan y canalizan el acceso y la circulación en una intersección. Entre los existentes, destacan dos de ellos: isletas o elementos canalizadores, y semáforos o elementos reguladores.

### **A. Isletas**

Las isletas son zonas bien definidas, situadas entre carriles de circulación, destinadas a guiar el movimiento de los vehículos y a servir de eventual refugio a los peatones. Su materialización puede realizarse de dos formas:

Mediante marcas viales pintadas sobre el pavimento; esta solución es la más económica, pero no supone ningún tipo de barrera para los vehículos, que pueden invadirla con total libertad.

Mediante elevaciones de la superficie, conformando verdaderas “islas” rodeadas de asfalto. Esta elevación supone un obstáculo para el tráfico rodado canalizándolo adecuadamente al no permitir fácilmente su invasión, y sirviendo además de refugio a peatones que eventualmente crucen la vía.

Funcionalmente, existen tres tipos de isletas:

- ✓ Isletas separadoras o divisorias: Destinadas a separar sentidos iguales u opuestos de circulación. Facilitan y ordenan los giros principales.
- ✓ Isletas de encauzamiento: Su principal misión es controlar y dirigir las distintas trayectorias que los vehículos pueden realizar en la intersección. También se utilizan para delimitar superficies en las que debe impedirse la circulación.

- ✓ Refugios: Infraestructuras destinadas al resguardo de los peatones, empleadas normalmente por razones de seguridad en tramos excesivamente anchos de vía. Su ancho mínimo debe ser de 1 m. y su longitud, al menos el doble de la anchura del paso de peatones. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

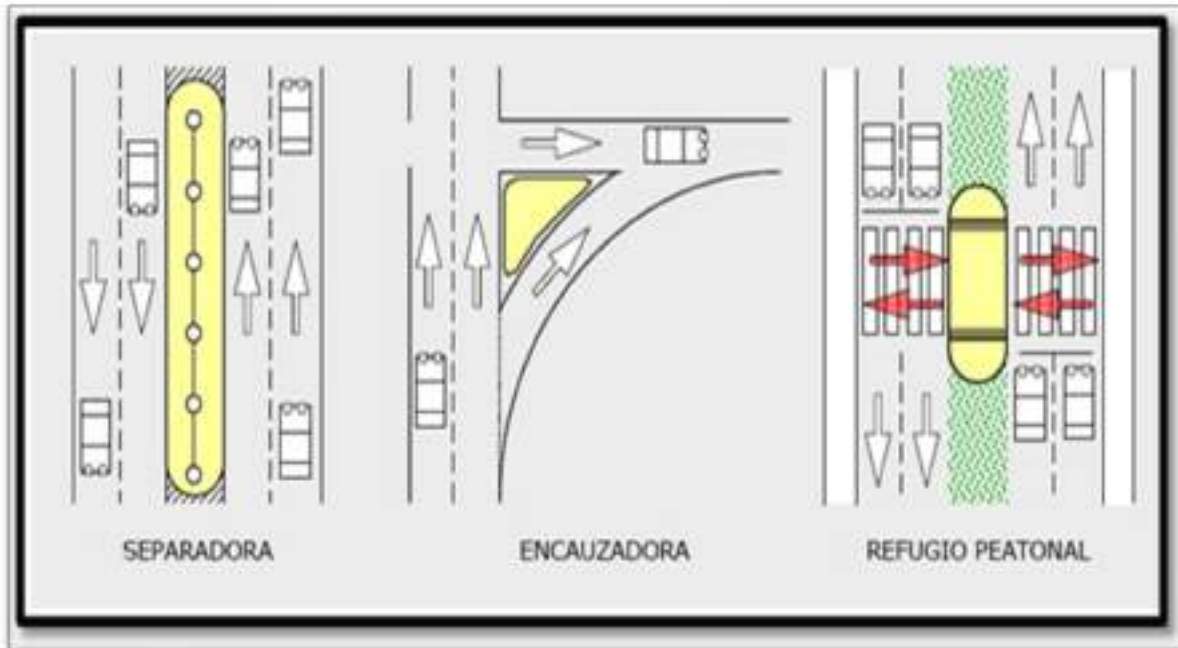


figura 28:. Tipos de isletas

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000

## B. Semáforos

Los semáforos son los elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas, aunque su uso puede llegar a hacerse necesario en carreteras, especialmente intersecciones próximas núcleos de población. En cada uno de

los accesos a la intersección se coloca al menos un semáforo, en cuya cabeza aparecen tres luces: roja, ámbar y verde que se encienden sucesiva y ordenadamente. Se definen dos conceptos consustanciales a las intersecciones semaforizadas. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

### Tipología de intersecciones a nivel

Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. En la siguiente tabla, se presentan los tipos básicos de Intersección a nivel. (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG – 2018)

### Intersecciones según su composición:

Los tipos de intersecciones generalmente están marcados por el número de ramas que esta tiene, es así que se tienen los siguientes tipos:

*Variedad de tipos de intersección a nivel*

ESPECIALES	DE CUATRO RAMALES				DE TRES RAMALES				
	INTERSECCION EN X		INTERSECCION EN +		EMPALME EN Y		EMPALME EN T		
	EN ESTRELLA		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE
			ENSANCHADA		ENSANCHADA		CANALIZADOS		ENSANCHADA
	VEASE FIGURA 501 01 ROTONDA		CANALIZADA		CANALIZADA		CANALIZADOS		CANALIZADOS

figura 29: Tipos de intersecciones a nivel

Fuente: Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2018,

#### I. Intersecciones de 3 ramales

Este tipo de intersecciones se emplean para la resolución de encuentros entre carreteras principales y secundarias, quedando estas últimas absorbidas por las primeras. Por su disposición geométrica en planta, se diferencian claramente dos tipos:

**Intersecciones en T:** Los ramales concurren formando ángulos mayores de  $60^\circ$ , es decir, con direcciones sensiblemente perpendiculares.

**Intersecciones en Y:** Al menos uno de los ángulos formados entre los ramales es menor de  $60^\circ$ .

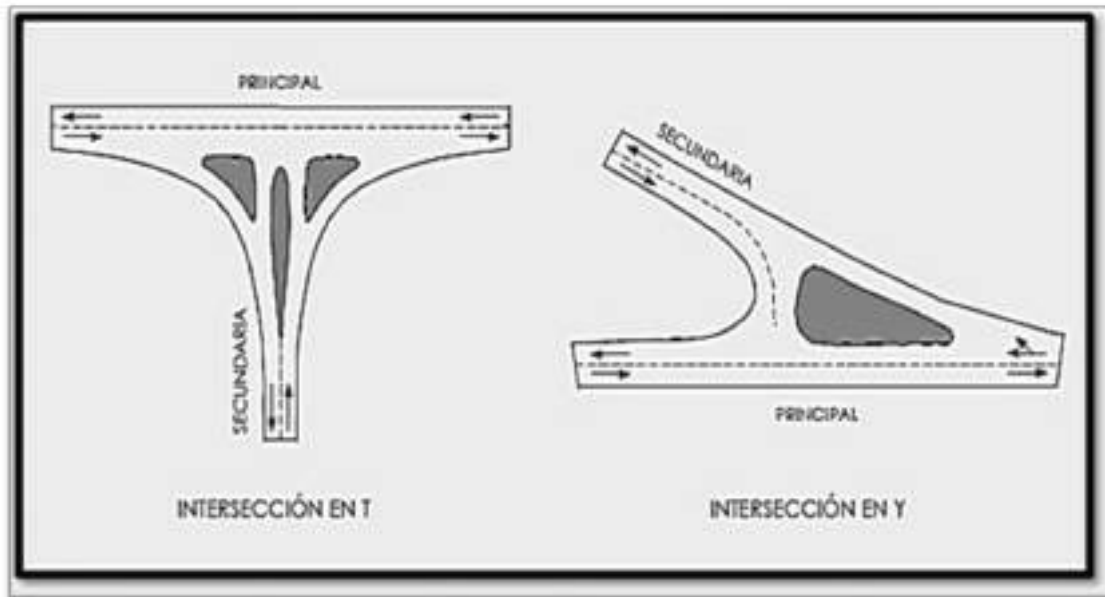


figura 30.: Intersecciones de tres ramales

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000

## II. Intersecciones de 4 ramales

En ellas se produce un cruce de dos vías cuatro ramales en total, generalmente de rango similar. Al igual que en las anteriores, se distinguen dos tipos:

**Intersecciones en cruz:** Los ramales concurren formando en cualquier caso ángulos mayores de  $60^\circ$ , con direcciones sensiblemente perpendiculares.

**Intersecciones en X:** Los ramales forman dos ángulos menores de  $60^\circ$ .

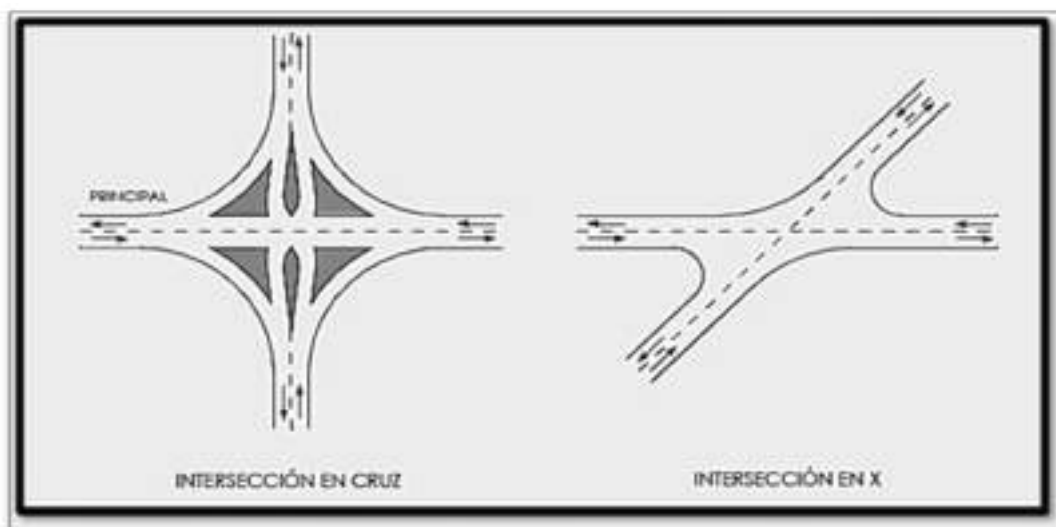


figura 31: Intersecciones de cuatro ramales

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000

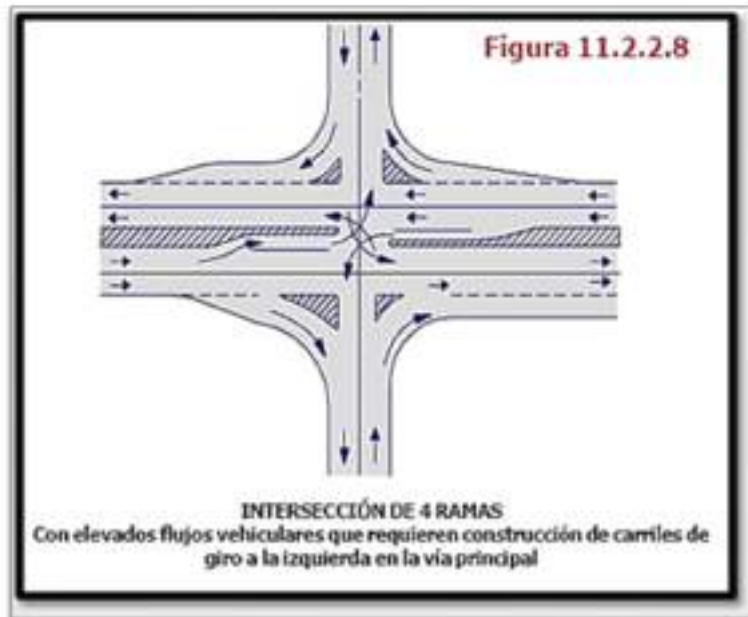


figura 32: Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares

Fuente: Ing. Victor Chavez Loaiza, MDGVU-2005



figura 33: Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare

Fuente: Ing. Victor Chavez Loaiza, MDGVU- 2005

### III. Intersecciones con más de 4 ramales

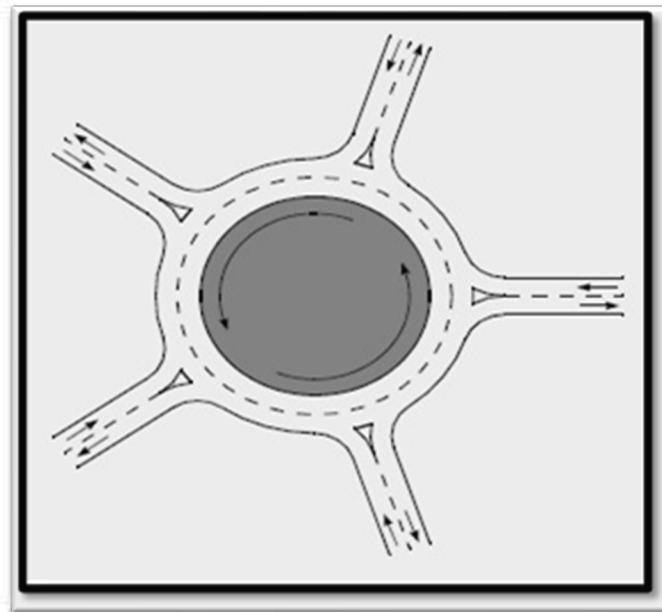
Este tipo de intersecciones es difícil de tratar, por lo que es conveniente evitarlas en la medida de lo posible. Generalmente, la solución ideal es suprimir alguno de los ramales, empalmándolo fuera de la intersección. Otras veces, sin embargo, esto no es posible y hay que llegar a complejas soluciones o de tipo giratorio. En zonas urbanas, el establecimiento del sentido único



en determinados ramales simplifica el funcionamiento de la intersección. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

#### IV. Intersecciones Giratorias o Rotonda

La rotonda o intersección giratoria se caracteriza por la confluencia de los ramales en un anillo de circulación rotatoria en sentido anti horario alrededor de una isleta central, teniendo prioridad de paso aquellos vehículos que circulan por ella. Este tipo de intersección surge como un intento de remediar los incipientes problemas de congestión y accidentalidad en las ciudades. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)



*figura 34: Esquema de una intersección giratoria o glorieta*

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000

#### Intersección semaforizada

La intersección regulada por semáforos es una de las situaciones más complejas en el sistema circulatorio. El análisis de intersecciones reguladas por semáforos debe considerar una amplia variedad de condiciones prevaecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico, características geométricas y los detalles de la señalización de la intersección. En las intersecciones reguladas por semáforos hay que añadir un elemento adicional dentro del concepto de capacidad: la distribución del tiempo.

Un semáforo esencialmente distribuye tiempo entre movimiento circulatorios conflictivos que pretenden utilizar el mismo espacio físico.

La metodología presentada se aplica a la capacidad y al nivel del servicio de los accesos a la intersección. La capacidad se evalúa en términos de la relación entre intensidad de la demanda y la capacidad (relación  $I/c$ ), mientras que el nivel de servicio se evalúa en base a la demora media de parada por vehículo (seg/v). (Highway Capacity Manual HCM, 2016)

## I. Semáforos

Los semáforos modernos otorgan el tiempo de muchas maneras, desde la modalidad más sencilla de tiempos prefijados (tiempo fijo) y dos fases hasta la más compleja de tipo multifase. Esta sección describe los varios tipos de operación semafórica y su impacto en la capacidad.

Generalmente se emplean los siguientes términos para describir las operaciones semafóricas:

**Ciclo:** Cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.

**Fase:** La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tráfico que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos.

(Highway Capacity Manual HCM, 2016)

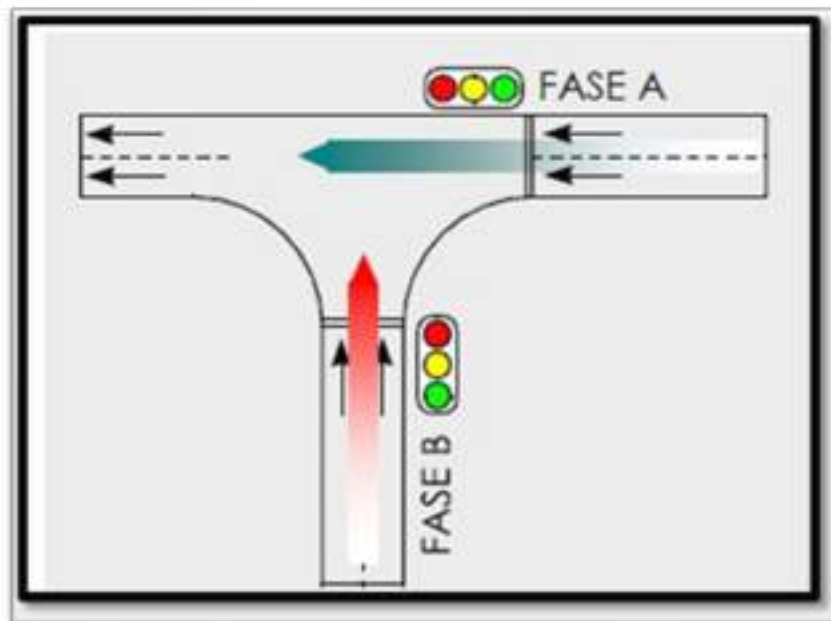


figura 35: Esquema de fase en una intersección semaforizada

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000

**Intervalo:** Un periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semafóricas permanecen constantes.



**Tiempo de cambio.** Los intervalos “amarillo” más el “todo rojo” que tienen lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha: se presenta con el símbolo y se mide en segundos.

**Tiempo perdido:** El tiempo durante el cual la intersección no está efectivamente utilizada por ningún movimiento; estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio (durante el cual la intersección se evacua) y al principio de cada fase cuando los primeros coches de la cola sufren retrasos en el arranque.

**Tiempo de verde efectivo:** El tiempo durante una fase dada que es efectivamente disponible para los movimientos permitidos, generalmente se considera como el tiempo verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido para la fase en cuestión; expresada en segundos.

**Rojo efectivo:** El tiempo durante el cual no se permite la circulación a un movimiento dado o conjunto de movimientos; es la duración del ciclo menos el tiempo verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos.

(Highway Capacity Manual HCM, 2016)

## II. Tipos de movimiento

En una intersección regulada por semáforos la asignación del tiempo de verde no es lo único que influye de manera significativa en su capacidad; también debe tenerse en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases. Pueden distinguirse cuatro tipos de movimientos: de paso, giro permitido, giro protegido y giro sin oposición.

- **De paso:** El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema.

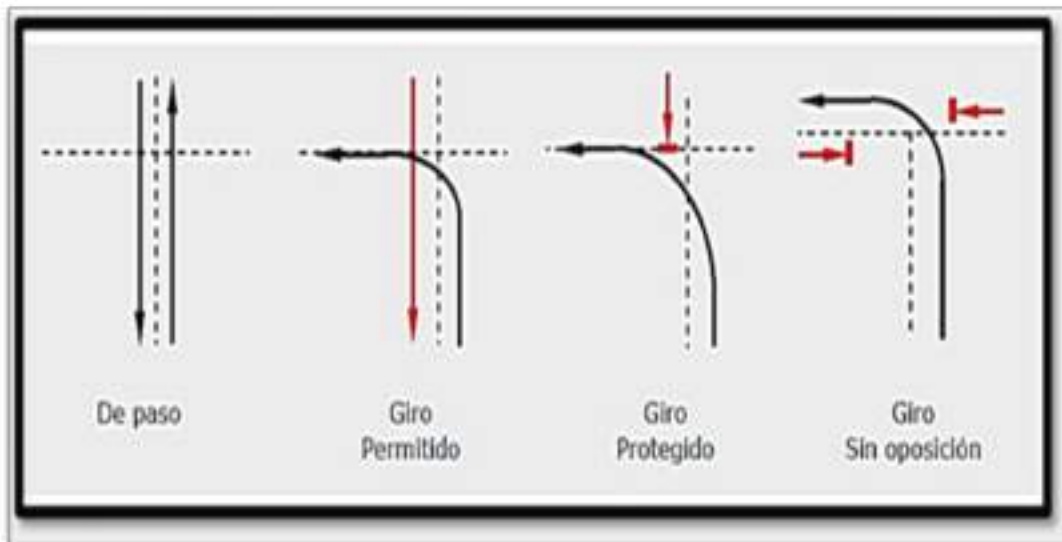
- **Giro permitido:** El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo de verde.

- **Giro protegido:** En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos – una flecha verde adicional en el semáforo- o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.





- **Giro sin oposición:** A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)



*figura 36: Tipos de movimientos en una intersección*

Fuente: Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000

### **Intersecciones no semaforizadas**

En intersecciones no semaforizadas cada conductor debe encontrar el momento preciso y seguro para ejecutar el movimiento deseado. Los cruces sin señales de control de tránsito, mejor conocidas como semáforos; dependen de la percepción de tiempo y espacio del usuario, ya que estos deben tomar una decisión con respecto a cuándo hacer el movimiento (tiempo) y decidir si es seguro hacerlo (espacio).

El conjunto de las rutas no previstas y la percepción del usuario resultan en zonas potenciales de puntos de conflicto con otros movimientos direccionales ampliamente distribuidas, lo cual afecta la probabilidad de que ocurran conflictos graves.

Primeramente, debe decirse que este tipo de intersecciones no es propio de zonas urbanas, sino más bien de vías interurbanas o situadas en la periferia de la ciudad. Otro aspecto a recalcar es la elección de la tipología de intersección más adecuada en función de las condiciones de tráfico.



## **Intersecciones a Desnivel**

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad. (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2018,)

### **2.2.25. Dispositivos para el Control del Tránsito**

Se denomina dispositivos para el control de tránsito a las señales de tránsito, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se coloca sobre o adyacente a las calles y carreteras encargados por la autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de la misma.

La implementación de los dispositivos de control del tránsito, se realizará de acuerdo a los estudios de ingeniería vial que debe realizarse para cada caso, y que entre otros contemple, el tipo de vía, el uso del suelo del sector adyacente, las características de diseño acorde al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018 vigente), características de operación, sus condiciones ambientales, y en concordancia con las normas de tránsito correspondientes. (Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

#### **2.2.25.1. Clasificación de dispositivos de control**

Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (preventivas), las limitaciones (reguladoras) y las informaciones (informativas). Los dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras se clasifican en:

##### **2.2.25.1.1. Señales verticales**

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos establecidos en este Manual.



Su implementación será de acuerdo al estudio de ingeniería vial anteriormente citado debiendo evitarse, por ejemplo, el uso excesivo de señales verticales en un tramo corto puesto que puede ocasionar contaminación visual y pérdida de su efectividad. Asimismo, es importante el uso frecuente de señales informativas de identificación y destino, a fin de que los usuarios de la vía conozcan oportunamente su ubicación y destino. (Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

#### **Clasificación de señales verticales:**

- ✓ **Señales Regulatoras o de Reglamentación:** Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.
- ✓ **Señales de Prevención:** Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.
- ✓ **Señales de Información:** Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros. (Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

#### **2.2.25.1.2. Señales horizontales**

Está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Forma parte de esta señalización, los dispositivos elevados que se colocan sobre la superficie de rodadura, también denominadas marcas elevadas en el pavimento, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar restricciones.

Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial. (Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)



### **2.2.26. Teoría de colas**

La teoría de intersecciones semaforizadas se enfoca en la estimación de demoras y colas, que son las medidas de eficiencia con las que se determina el nivel de servicio de una intersección semaforizada. Esta estimación depende de los procesos de llegada o arribo de vehículos (demanda) y servicio brindado por la intersección (oferta), por lo que para evaluar los parámetros involucrados se emplean modelos descriptivos que contienen tanto componentes determinísticos o uniformes; como estocásticos (también llamados aleatorios o de sobresaturación) (TRB, 1992, p. 9-1).

### **2.2.27. Capacidad y Nivel de Servicio**

En un inicio, la ingeniería de tráfico buscaba básicamente la determinación de la capacidad de un dispositivo vial. Sin embargo, es común que aun cuando la demanda se encuentre por debajo de la capacidad, pero próxima a ella, el régimen de circulación se haga forzado; generando molestias en los usuarios que evidentemente prefieren un flujo libre.

Es a raíz de este hecho que fue necesario establecer un parámetro que adicionalmente midiera la calidad de servicio, el mismo que se denomina nivel de servicio.

#### **2.2.27.1. Capacidad en intersecciones semaforizadas**

Según el TRB (2010), la capacidad para una intersección semaforizada se define para cada grupo de carriles como la máxima tasa horaria a la cual los vehículos pueden cruzar la intersección bajo condiciones prevalecientes del tráfico, la vía y la semaforización.

#### **2.2.27.2. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas**

Para un flujo discontinuo, la demora por control es la medida operacional crucial para definir el nivel de servicio (NS), La Tabla 2 muestra la correspondencia entre la demora y el NS según el TRB (2000).



Tabla 2. Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas

Nivel de Servicio	Características de Operación	Demora por Control (s/veh)
A	Baja demora, coordinación extremadamente favorable y ciclos cortos, los vehículos no se detienen.	$\leq 10$
B	Ocurre con una buena coordinación y ciclos cortos, los vehículos empiezan a detenerse.	$> 10 - 20$
C	Ocurre con una coordinación regular y/o ciclos largos, los ciclos en forma individual empiezan a fallar.	$> 20 - 35$
D	Empieza a notarse la influencia de congestión ocasionada por un ciclo largo y/o una coordinación desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	$> 35 - 55$
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una coordinación muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos son frecuentes.	$> 55 - 80$
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores de 1.00 pero con una coordinación muy pobre y/o ciclos demasiado largos.	$> 80$

Fuente: Tomado del HCM-2010

### 2.2.28. Metodología del HCM

El TRB presenta una metodología para el análisis de intersecciones semaforizadas en el Capítulo 16 del Manual de Capacidad de Carreteras. A continuación, se detalla el procedimiento empleado por el HCM 2016. (HCM 2016)

#### 2.2.28.1. Análisis Operacional

El análisis operacional del HCM consiste en estimar las medidas de eficiencia que son generadas en principio para elementos individuales y luego agregadas (ponderadas) para el sistema como un todo. (HCM 2016)



Tabla 3. Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas

Fuente: Tomado del HCM-2016


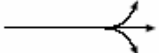
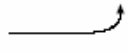
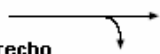
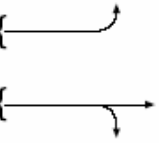


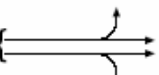
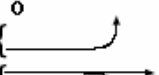
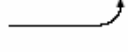
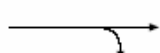

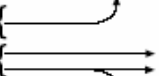
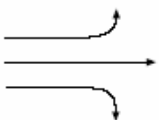
## 2.2.28.2. Datos de Entrada

### 2.2.28.2.1. Ajuste de la Demanda

#### a) Agrupamiento de carriles

La metodología del HCM considera los accesos de una intersección de manera individual y los grupos de carriles de cada acceso también de forma individual. La segmentación toma en cuenta la geometría de la intersección y la distribución de movimientos. En la Tabla 4 se presentan algunos agrupamientos de carriles comunes. (HCM 2016)

Tabla 4. Grupos de carriles típicos para el análisis de intersecciones semaforizadas (TRB, 2000, p. 16-7)

Número de carriles	Movientos por carril	Número de posibles grupo de carriles
1	LT + TH + RT  Izquierdo, directo y derecho	①  Acceso carril sencillo
2	EXC LT  Izquierdo exclusivo TH + RT  Directo y derecho	② 
2	Izquierdo y directo LT + TH  TH + RT  Directo y derecho	①  ② 
3	Izquierdo exclusivo EXC LT  TH  TH + RT  Directo y derecho	②  ③ 

Fuente: Tomado del HCM-2016

### b) Determinación de la tasa de flujo

La tasa de flujo durante los 15 minutos pico se determina de un volumen horario dividiéndolo entre el factor de hora pico (FHP). (HCM 2016)

$$v_p = \frac{V}{FHP}$$

Donde,

$v_p$ : tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/h).

$V$ : volumen horario (veh/h).

$FHP$ : factor de hora pico.



Debido a que no todos los movimientos pueden alcanzar su volumen pico en el mismo periodo de 15 minutos, es recomendable observar directamente los flujos cada 15 minutos y seleccionar el periodo crítico de análisis. (HCM 2016)

#### 2.2.28.2.2. Ajuste de la Oferta

##### a) Determinación de la tasa de flujo de saturación

El HCM calcula la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles a partir del ajuste de la tasa de flujo de saturación ideal.

$$S = S_o * N * fW * fHV * fg * fp * fbb * fa * fLU * fLT * fRT * fLpb * fRpb$$

Donde,

$s$ : tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h-verde).

$s_o$ : tasa de flujo de saturación ideal por carril (veh/h/carril).

$N$ : número de carriles del grupo de carriles.

$fW$ : factor de ajuste por ancho de carriles.

$fHV$ : factor de ajuste por vehículos pesados.

$fg$ : factor de ajuste por pendiente del acceso.

$fp$ : factor de ajuste por estacionamientos adyacentes al grupo de carriles.

$fbb$ : factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección.

$fa$ : factor de ajuste por tipo de área.

$fLU$ : factor de ajuste por utilización de carriles.

$fLT$ : factor de ajuste por giros a la izquierda.

$fRT$ : factor de ajuste por giros a la derecha.

$fLpb$ : factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda.

$fRpb$ : factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha.

El HCM recomienda un valor por defecto para la *tasa de flujo de saturación ideal* (carriles de 3.6m, pendiente de 0%, mismo tipo de vehículos, sin estacionamientos ni giros, etc.) de 1900 vehículos livianos por hora por carril (veh/h/carril). (HCM 2016)





## **b) Factores de ajuste del flujo de saturación**

### **Ajuste por ancho de carril (fW)**

Es aquel que incorpora el impacto negativo de carriles angostos en la tasa de flujo de saturación, así como también permite una tasa de flujo mayor en carriles anchos. El ancho de carril considerado estándar es de 3.6m. (HCM 2016)

### **Ajuste por vehículos pesados (fHV)**

Es aquel que incorpora el espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y sus diferencias operativas en comparación con los vehículos livianos. El equivalente en vehículos livianos (ET) empleado para cada vehículo pesado es de 2 vehículos livianos y es reflejado en la fórmula de la Tabla 6. (HCM 2016)

### **Ajuste por pendiente del acceso (fg)**

Es aquel que incorpora el efecto de la pendiente de la rasante sobre la operación de todos los vehículos, incluyendo vehículos pesados y livianos. (HCM 2016)

### **Ajuste por estacionamientos (fP)**

Es aquel que incorpora los bloqueos ocasionales debido a las maniobras de estacionamiento. Se emplea el número de maniobras por hora en estacionamientos adyacentes al grupo de carriles y dentro de 75 m corriente arriba desde la línea de parada. Además, se considera un límite práctico de 180 maniobras como máximo y se debe tener en cuenta que las condiciones de estacionamiento con cero maniobras tienen un impacto diferente que una situación donde no hay estacionamientos. (HCM 2016)

### **Ajuste por bloqueo de buses (fbb)**

Es aquel que incorpora el tránsito local de buses que se detienen a recoger o dejar pasajeros dentro de los 75 m desde la línea de parada (corriente arriba o corriente abajo). Este factor solo se debería emplear cuando los buses detenidos bloquean el flujo de tráfico<sup>15</sup>. Se emplea un límite práctico de 250 paradas como máximo. (HCM 2016)

### **Ajuste por tipo de área (fa)**

Es aquel que incorpora la ineficiencia relativa de las intersecciones en los distritos de negocios. Es apropiado en áreas con características de un distrito central de las cuales incluyen derechos de paso en calles angostas, maniobras de parqueo frecuentes, bloqueo de vehículos, actividades



de taxis y buses, pequeños radios de giro, uso limitado de carriles exclusivos de giro, alta actividad de peatones, etc. (HCM 2016)

#### **Ajuste por utilización de carril (fLU)**

Es aquel que incorpora la distribución desigual del tráfico entre los carriles en un grupo de carriles con más de un carril. El factor fLU está basado en el flujo del carril con el volumen más alto y se calcula empleando la ecuación correspondiente de la Tabla 6 (HCM 2016)

. Ajuste por giros a la derecha (fRT)

Es aquel que intenta reflejar el efecto de la geometría. Depende de si los giros se realizan desde un carril exclusivo o compartido y de la proporción de vehículos en el grupo de carriles que giran a la derecha. Nótese que el factor de giro a la derecha es 1.0 si el grupo de carriles no incluye ningún giro a la derecha. (HCM 2016)

#### **Ajuste por giros a la izquierda (fLT)**

Los factores de ajuste por giros a la izquierda dependen de si los giros son protegidos o permitidos y de si se realizan desde un carril exclusivo o compartido. El procedimiento detallado en el Apéndice C del Capítulo 16 del HCM 2000 es utilizado en el presente trabajo. (HCM 2016)

#### **Ajuste por peatones y bicicletas (fLpb y fRpb)**

El procedimiento para la determinación de los factores de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas tanto para giros a la izquierda como para giros a la derecha, se detalla en el Apéndice D del Capítulo 16 del HCM 2016, el mismo que es empleado en esta investigación.

En la Tabla 6 se presentan y resumen todos los factores de ajuste mencionados junto con las fórmulas para su cálculo. (HCM 2016)



Tabla 5. Factores de ajuste del flujo de saturación (TRB, 2000, p. 16-11)

Factor	Formula	Definición de Variables	Observaciones
Ancho de carril	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = ancho de carril (m)	W ≥ 2.4 If W > 4.8, puede considerarse para dos carriles de análisis
Vehículos Pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV(E_T - 1)}$	% HV = % de vehículos pesados - grupo de carriles	E <sub>T</sub> = 2.0 veh equivalente / HV
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{\% G}{200}$	% G = % pendiente en el acceso - grupo de carriles	-6 ≤ % G ≤ +10 Negativo para cuesta abajo
Parqueos	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N = número de carriles por grupo N <sub>m</sub> = número de maniobras de parqueo / hora	0 ≤ N <sub>m</sub> ≤ 180 f <sub>p</sub> ≥ 0.050 f <sub>p</sub> = 1.000 sin parqueos
Bloqueo de Buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N = número de carriles en el acceso N <sub>B</sub> = número de parada de buses / hora	0 ≤ N <sub>B</sub> ≤ 250 f <sub>bb</sub> ≥ 0.050
Tipo de área	f <sub>a</sub> = 0.900 en CBD f <sub>a</sub> = 1.000 otras áreas	CBD = Central Business Distric = Centro de Negocios	
Utilización de Carril	$f_{LU} = v_g / (v_{g1} N)$	v <sub>g</sub> = proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh / hora v <sub>g1</sub> = proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/h N = número de carriles en el grupo	
Giros Izquierdos	Fase protegida: Carril exclusivo f <sub>LT</sub> = 0.95 Carril compartido $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	P <sub>LT</sub> = proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles	Consultar cuadro C16-1 de la página 16-122, del Manual HCM 2000 apéndice C
Giros Derechos	Carril exclusivo f <sub>RT</sub> = 0.85 Carril compartido f <sub>RT</sub> = 1.0 - (0.15)P <sub>RT</sub> Carril único f <sub>RT</sub> = 1.0 - (0.135)P <sub>RT</sub>	P <sub>RT</sub> = proporción de giros derechos en el grupo de carriles	f <sub>RT</sub> ≥ 0.050
Bloqueo por Peatones y Bicicletas	Ajuste giro izquierdo $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})$ (1 - P <sub>LTA</sub> ) Ajuste giro derecho $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})$ (1 - P <sub>RTA</sub> )	P <sub>LT</sub> = proporción de giros izquierdos en el grupo A <sub>pbT</sub> = ajuste en la fase permitida P <sub>LTA</sub> = proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo P <sub>RT</sub> = proporción de giro derecho en el grupo de carriles P <sub>RTA</sub> = proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total	Referirse al apéndice D del Manual HCM 2000, página 16-135, para seguir paso a paso el procedimiento

Fuente: Tomado del HCM-2016



### 2.2.28.3. Determinación de la Capacidad y la Relación v/c

#### 2.2.28.3.1. Capacidad

En intersecciones semaforizadas la capacidad se basa en los conceptos de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación.

$$c_i = s_i \left( \frac{g_i}{C} \right)$$

Donde,

$c_i$ : capacidad del grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$s_i$ : tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$g_i$ : tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (s).

$C$ : longitud del ciclo del semáforo (s).

$g_i/C$ : proporción de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$ .

#### 2.2.28.3.2. Relación v/c

La relación v/c es a menudo denominada relación de volumen-capacidad o grado de saturación y expresa la razón entre la tasa de flujo ( $v$ ) y la capacidad ( $c$ ). En el análisis de intersecciones es representada con el símbolo  $X$ , por lo que para un grupo de carriles dado  $i$ ,  $X_i$  se calcula empleando la Ecuación.

$$X_i = \left( \frac{v}{c} \right)_i = \frac{v_i}{s_i \left( \frac{g_i}{C} \right)} = \frac{v_i C}{s_i g_i}$$

Donde,

$X_i$ : relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles  $i$ .

$v_i$ : tasa de flujo de demanda actual o proyectada para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$c_i$ : Capacidad del grupo de carriles  $i$ .

$s_i$ : tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).



$g_i$ : tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (s).

$C$ : longitud del ciclo (s).

#### 2.2.28.4. Medidas de Efectividad

##### 2.2.28.4.1. Determinación de la demora

Los valores derivados de los cálculos de demora representan la demora media por control experimentada por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis, incluyendo aquellas demoras contraídas fuera del mismo cuando el grupo de carriles se encuentra sobresaturado. La demora por control además considera los movimientos a bajas velocidades y las detenciones conforme los vehículos se mueven en la cola o disminuyen la velocidad corriente arriba de la intersección. La demora promedio por control por vehículo para un grupo de carriles se obtiene mediante la Ecuación.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

Donde,

$d$ : demora por control por vehículo (s/veh).

$d_1$ : demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

$PF$ : factor de ajuste de demora uniforme por coordinación, el cual tiene en cuenta los efectos de la coordinación de semáforos.

$d_2$ : demora incremental que toma en cuenta los efectos de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas, ajustada por la duración del periodo de análisis y el tipo de controlador; este componente de la demora asume que no hay cola inicial para el grupo de carriles al inicio del periodo de análisis (s/veh).

$d_3$ : demora por cola inicial, la cual tiene en cuenta las demoras de todos los vehículos en el periodo de análisis debido a las colas iniciales al comienzo del periodo de análisis (s/veh).

##### 2.2.28.4.2. Demora uniforme

Es aquella demora que se obtiene al asumir el caso ideal de llegadas uniformes, flujo estable, y ausencia de cola inicial. La Ecuación 16 brinda una estimación aceptada y precisa de la demora



uniforme, la cual está basada en el primer término de la fórmula de demora de. Nótese que los valores de  $X$  no pueden ser

mayores de 1.

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \times \frac{g}{C}\right]}$$

Donde,

$d_1$ : demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

$C$ : longitud del ciclo (s); longitud de ciclo empleada en semáforos con controladores de tiempo fijo.

$g$ : tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s); tiempo de verde empleado en semáforos con controladores de tiempo fijo.

$X$ : relación  $v/c$  o grado de saturación para el grupo de carriles.

#### 2.2.28.4.3. Factor de ajuste por coordinación

El factor de ajuste por coordinación es aquel que incorpora el efecto de la coordinación de semáforos. Se entiende que una buena coordinación de semáforos resultará en una alta proporción de vehículos llegando durante el verde, mientras que una coordinación pobre resultará en una baja proporción de vehículos que llegan en verde. El factor de ajuste por coordinación (PF) se aplica a todos los grupos de carriles coordinados, incluyendo a los grupos de carriles con controles de tiempo fijo.

La coordinación afecta fundamentalmente a la demora uniforme, y por esta razón el ajuste se aplica solo a  $d_1$ . El valor de PF puede determinarse usando la Ecuación.

$$PF = \frac{(1 - P) f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)}$$

Donde,

$PF$ : factor de ajuste por coordinación.

$P$ : proporción de vehículos que llegan en verde.



$g/C$ : proporción de tiempo de verde disponible.

$fPA$ : factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde.

Si se llevan a cabo mediciones de campo,  $P$  debería determinarse como la proporción de vehículos en el ciclo que arriban a la línea de parada o que se unen a la cola (estacionaria o en movimiento) mientras se presenta la fase verde.

Tabla 6. Factor de ajuste por coordinación para el cálculo de la demora uniforme (TRB, 2010, p. 16-20)

Relación $g/C$	Tipo de Llegada					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
$fPA$	1.	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
$Rp$						

Fuente: Tomado del HCM-2016

#### 2.2.28.4.4. Demora incremental

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$$

Es aquella demora que toma en consideración llegadas no uniformes y colapsos temporales de ciclos (demora aleatoria), así como los periodos sustanciales de sobresaturación (demora de sobresaturación). La demora incremental se puede estimar mediante la Ecuación 18, la cual asume que no hay demanda insatisfecha que genere colas iniciales al comienzo del periodo de análisis ( $T$ ). El término de demora incremental es válido para todos los valores de  $X$ , incluyendo grupos de carriles altamente sobresaturados.

Donde,

$d_2$ : demora incremental que toma en cuenta los efectos de colas aleatorias y sobresaturadas, ajustada por la duración del periodo de análisis y el tipo de controlador del semáforo ( $s/veh$ ).

$T$ : duración del periodo de análisis ( $h$ ).

$k$ : factor de demora incremental que es dependiente del ajuste de los controladores.



$I$ : factor de ajuste por ingresos a la intersección corriente arriba.

$c$ : capacidad del grupo de carriles (veh/h).

$X$ : relación  $v/c$  para el grupo de carriles o grado de saturación.

El término de calibración ( $k$ ) o factor de calibración de demora incremental se incluye en la Ecuación para incorporar el efecto del tipo de controlador. Para semáforos de tiempo fijo se emplea un valor de  $k = 0.50$ . Por otro lado, el factor de ajuste de demora incremental ( $I$ ) incorpora los efectos de ingresos desde semáforos corriente arriba en intersecciones coordinadas. Para el caso de intersecciones aisladas  $I$  tomará el valor de 1.

#### 2.2.28.4.5. Demora por cola inicial

Es la demora adicional que se genera debido a las colas residuales (remanentes o insatisfechas) del periodo previo, ya que estas deberán primero despejar la intersección antes de dar paso a los vehículos que llegan durante el periodo de análisis. En los casos en que  $X > 1$  para un periodo de 15 minutos, el siguiente periodo comenzará con una cola inicial denominada  $Q_b$ , que es expresada en vehículos y debe observarse al inicio del rojo. Siempre y cuando  $Q_b \neq 0$ , los vehículos que lleguen durante el periodo de análisis experimentarán una demora por cola inicial, que se designa por  $d_3$ . Para estimar la demora por cola inicial existen cinco posibles escenarios de análisis, que se describen a continuación:

**Caso 1:** el periodo es no saturado sin cola inicial. Por lo tanto,  $d_3=0$

**Caso 2:** el periodo es sobresaturado sin cola inicial. Por lo tanto,  $d_3=0$

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1+u)t}{cT}$$

Donde,

$Q_b$ : cola inicial al inicio del periodo  $T$  (veh).

$c$ : capacidad (veh/h).

$T$ : duración del periodo de análisis (h).

$t$ : duración de la demanda insatisfecha (h).

$u$ : parámetro de demora.





### **2.2.28.5. Determinación del nivel de servicio**

Tal como se mencionó en el ítem 2.7.2, la demora media por control es la medida de eficiencia determinante en la estimación del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas. Por lo tanto, el nivel de servicio se determina empleando la Tabla 2.

### **2.2.29. Synchro Studio 10**

Synchro Plus es un completo paquete de software para el modelado, optimización, gestión y simulación de sistemas de tráfico.

Synchro Plus es un paquete de software que incluye:

- Synchro, un análisis macroscópico y programa de optimización;
- SimTraffic, un potente y fácil de usar aplicación de software de simulación de tráfico;
- 3D Viewer, una vista tridimensional de simulaciones SimTraffic;
- SimTraffic CI, una aplicación que interactúa con una interfaz de controlador (IC) del dispositivo conectado a un controlador para simular el funcionamiento del controlador con simulado tráfico.

#### **2.2.29.1. Análisis**

Synchro implementa los métodos del HCM 2000, HCM 2010 recientemente lanzado HCM 2016 Carretera Capacidad

El Synchro ofrece una solución fácil de usar para el análisis individual de la capacidad de intersección y de temporización de optimización.

Además de calcular la capacidad y niveles de servicio, Synchro puede optimizar la duración del ciclo, y de esa forma buscar la mejor optimización.

#### **2.2.29.2. Coordinar y optimizar**

Synchro permite la generación rápida de los planes óptimos de tiempo. Synchro optimiza la duración del ciclo, tiempos parciales, compensaciones y secuencia de fases para minimizar las paradas de controladores y el retraso.

Synchro es completamente interactivo. Cuando se cambian los valores de entrada, los resultados se actualizan automáticamente.



### **2.2.29.3. Las intersecciones semaforizadas**

Modelos Synchro 8.0 intersecciones semaforizadas está basada en el Manuales Capacidad de Carreteras HCM 2010. Requisitos de entrada incluyen el movimiento de giro recuentos, geometría intersección y el tipo de control de señal para cada enfoque (detener, rendimiento o de flujo libre).

### **2.2.30. Demora, Colas y detención en intersecciones**

La curva transformada sirve para calcular las colas y demoras en intersecciones reguladas con señal de prioridad y rotondas. También se usa en semáforos cuando se produce sobresaturación eventual. Estos y otros casos especiales se tratan separadamente a continuación.

#### **2.2.30.1. Intersecciones con semáforos**

El proceso cíclico de un semáforo hace que, al igual que la capacidad, el cálculo de las demoras, colas y detenciones sea más simple, siempre que no haya sobresaturación. Si la hay, se recurre a la función transformada, como se muestra más adelante.

##### **a) Componente uniforme de la demora**

Se entiende por componente uniforme de la demora o simplemente demora uniforme a aquella que se produce si el flujo  $q$  es sistemáticamente menor que la capacidad  $Q$ , suponiendo que  $q$  y  $Q$  son constantes durante un ciclo y que no hay cola al inicio del rojo. Esta situación se muestra en la siguiente figura.

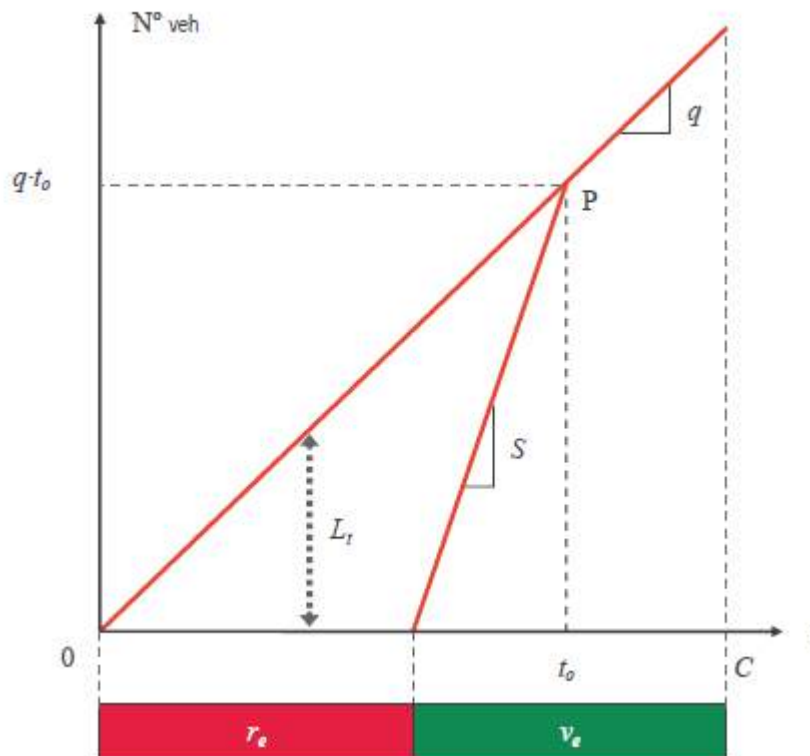


figura 37: Efectos aleatorios y de sobresaturación en semáforo

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

En la figura, las pendientes de las rectas son las tasas de llegada  $q$  de vehículos y de descarga  $S$  de la cola. El ciclo  $C$  se ha dividido en un período de rojo efectivo  $r_e$  y otro de verde efectivo  $v_e$ . La longitud de cola se representa por  $L_t$ , la que se disipa en el instante  $t_o$  del ciclo. La cantidad de vehículos que han llegado hasta ese momento es  $qt_o$ .

La demora total en un ciclo,  $\Delta_C$  [veh-h], es el área entre la curva de arribos y de descarga, representada por el área del triángulo de base  $r_e$  y altura  $qt_o$ .

$$\Delta_C = \frac{1}{2} qt_o r_e$$

Para calcular el valor de  $t_o$ , sabemos que en el punto  $P$  se debe cumplir que la cantidad de vehículos que llega es igual a la que se descarga; luego:

$$qt_o = S(t_o - r_e) \Rightarrow t_o = \frac{r_e S}{S - q}$$

Obviamente,  $r_e = (C - v_e)$  y sabemos que  $u = v_e / C$  es la razón de verde efectivo.



Definiendo  $y = q / S$  como el factor de carga, se tiene que:

$$t_o = \frac{C(1-u)}{(1-y)}$$

$$\Delta_c = \frac{qC^2(1-u)^2}{2(1-y)}$$

Con la demora total, se pueden conocer las componentes uniformes, la tasa de demora por unidad de tiempo,  $DU$  [veh-h/h], y de la demora promedio por vehículo,  $du$  [veh-h/veh], en un ciclo.

$$DU = \frac{\Delta_c}{C} = \frac{qC(1-u)^2}{2(1-y)}$$

$$du = \frac{DU}{q} = \frac{C(1-u)^2}{2(1-y)}$$

#### b) Componente excedente de la demora

Cuando no se satisfacen los supuestos de demora uniforme, aparecen componentes de demora adicionales a las uniformes. A estos se les llaman demoras excedentes o demoras por efectos aleatorios y de sobrecarga. Para entender de qué se tratan, asúmase que hay variaciones aleatorias del flujo durante el ciclo (figura 41).

En la figura, se observa que la demora puede ser mayor o menor que la calculada asumiendo un flujo constante (línea punteada) y que, aun cuando  $q < Q$ , la cola no se disipa durante el verde efectivo, quedando  $N_0$  vehículos atrapados en el rojo siguiente. O sea, hay fluctuaciones aleatorias y sobrecarga en ese ciclo.

A  $N_0$  se le denomina cola excedente y corresponde al número de vehículos que queda en cola al final del verde efectivo. Como es una magnitud que proviene de fluctuaciones aleatorias, en su cálculo puede usarse la curva transformada, asumiendo que  $L_0 = 0$  al inicio del rojo efectivo, como se muestra en la figura.

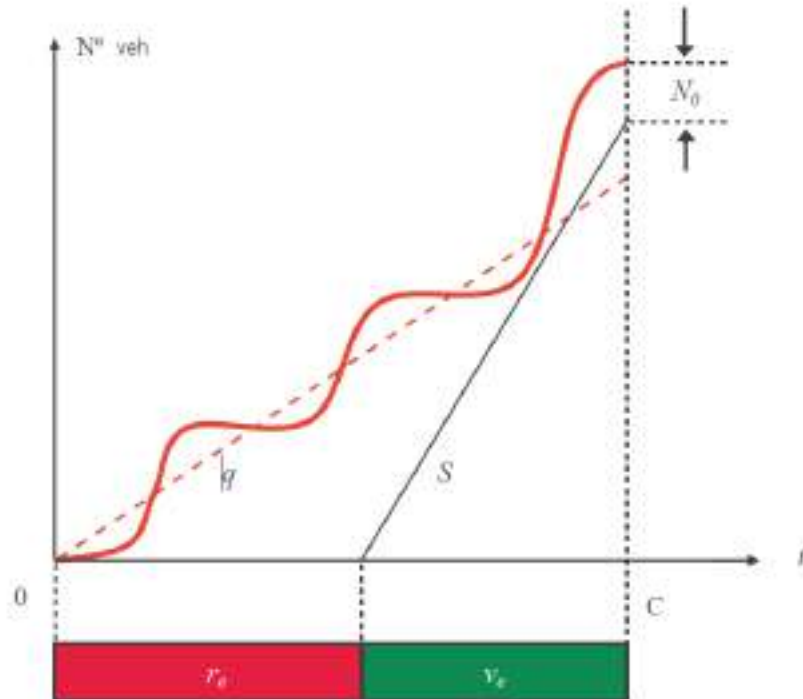


figura 38: Efectos aleatorios y de sobrecarga en semáforo

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

Varios autores han usado aproximaciones para el cálculo de  $N_0$ . Éstas se pueden resumir en la siguiente expresión:

$$N_0 = \begin{cases} \frac{Qt}{4} \left[ (x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8k(x-x_0)}{Qt}} \right] & \text{si } x > x_0 \\ 0 & \text{si } x \leq x_0 \end{cases}$$

Donde  $x_0$  y  $k$  son parámetros:  $x_0$  es el grado de saturación a partir del cual los efectos aleatorios comienzan a ser importantes;  $k$  depende de la aproximación usada. Sus valores y software en que se usan se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 7 : Parámetros para el cálculo de la cola excedente

Autor	$x_0$	$K$	Software
Webster (1966)	0	$x/2$	—
Mc Neil (1968)	0	$1/2$	TRANSYT, HCM
Alcelik (1981)	$0,67 + 5 \cdot V_e / 600$	$3/2$	SIDRA
Rouphail (1991)	0,5	$1,22(5 \cdot V_e)^{-0,22}$	—

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011



Independiente de la aproximación, todas dan similares resultados para grados de saturación alrededor de 0,9. Además, se ha observado que si  $x < 0,7$ , entonces  $N_0 = 0$  y no es necesario su cálculo.

Sean las siguientes demoras promedio por efectos aleatorios y sobresaturación:

- $DAS$  = tasa media de demora por aleatoriedad y sobresaturación [veh-h/h], [veh-s/s]
- $das$  = demora promedio por vehículo por las mismas causas [veh-h/veh], [veh-s/veh]

Dado que la tasa de demora se interpreta como una longitud de cola promedio, y producto de lo observado respecto de la magnitud de  $N_0$ , se pueden establecer las siguientes relaciones.

$$DAS = N_0 x$$

$$das = \frac{DAS}{q} = \frac{N_0}{Q}$$

c) **Demora total**

La demora total en un acceso semaforizado será la suma de las demoras asumiendo condiciones uniformes, más aquellas que se originan por efectos aleatorios y sobresaturación.

Sean  $D$  y  $d$  el valor total de la tasa de demora y la demora promedio por vehículo; entonces:

$$D = DU + DAS = \frac{qC(1-u)^2}{2(1-y)} + N_0 x \quad [\text{veh-h/h}]$$

$$d = du + das = \frac{C(1-u)^2}{2(1-y)} + \frac{N_0}{Q} \quad [\text{veh-h/veh}]$$

La interpretación de la demora total se puede observar en la siguiente figura.

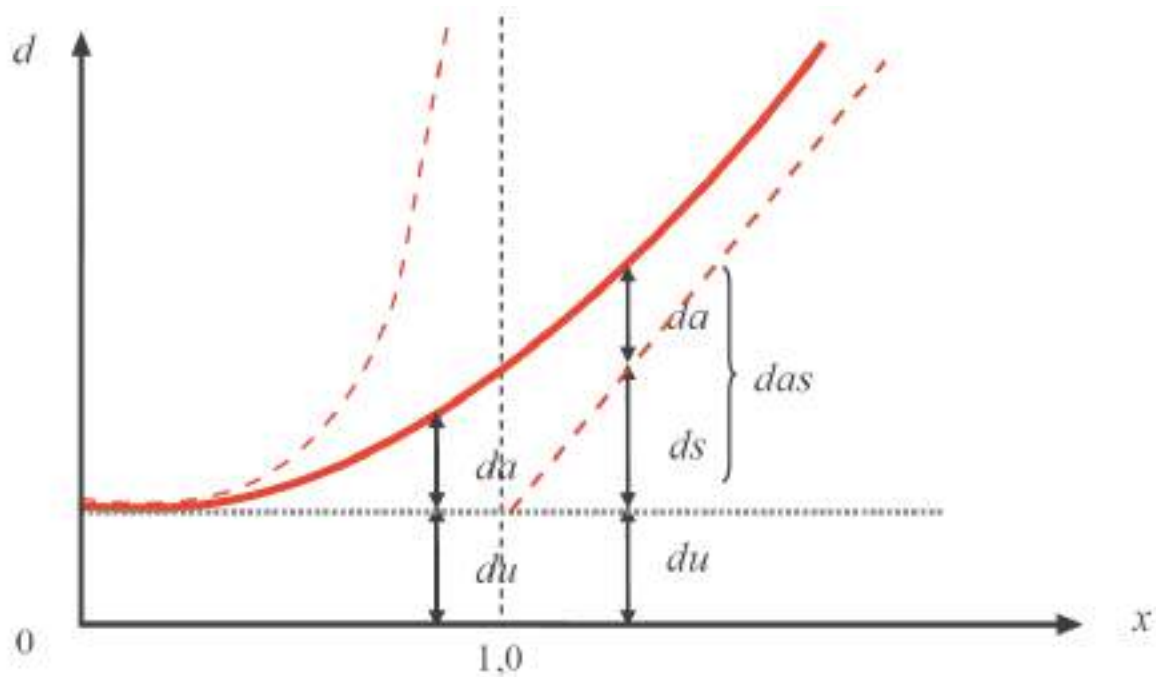


figura 39: Componentes de la demora promedio en semáforos

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

En la figura, se ha graficado el total de la demora promedio por vehículo  $d$  en función del grado de saturación  $x$ . Sea  $da$  la demora por efectos aleatorios solamente y  $ds$  la correspondiente solo debido a sobresaturación. Por lo tanto,  $das = da + ds$ ; luego,  $d = du + das$ . Se observa que para  $x < 1$ ,  $ds = 0$  y solo aparecen las componentes  $du$  y  $da$ .

En caso contrario, las tres componentes están presentes y, cuanto mayor sea  $x$ , menor es  $da$  y más peso tiene  $ds$  en la demora total.

Un enfoque alternativo al cálculo del total de la demora promedio por vehículo es la llamada fórmula de Webster (Webster y Cobbe, 1966), válida para  $x < 1,0$ . Utiliza la aproximación de Pollaczek-Kintchine para el cálculo de la demora aleatoria ( $da$ ):

$$da = \frac{x^2}{2q(1-x)}$$

Como la fórmula de Webster está restringida al caso en que  $x < 1,0$ , no existe demora por sobresaturación ( $ds$ ). Por lo tanto, la demora promedio total por vehículo total es:

$$d = du + da = \frac{C(1-u)^2}{2(1-y)} + \frac{x^2}{2q(1-x)}$$

Webster encontró vía simulación que esta expresión sobrestima la demora, por lo que agregó un tercer término de corrección empírico. Posteriormente, se ha visto que el término de corrección es aproximadamente un 10% del valor de la demora total (Hutchinson, 1972). Por lo tanto, la fórmula de Webster queda finalmente:

$$d = 0,9 \left[ \frac{C(1-u)^2}{2(1-y)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} \right] [veh - h / veh]$$

#### d) Longitud de cola

En semáforos, existen tres magnitudes de colas relevantes. La primera, es la cola excedente  $N_0$ , que ya se discutió. La otra, es el largo de cola cuando se inicia el verde efectivo, llamada longitud máxima de cola ( $N$ ). Durante el verde, siguen llegando vehículos que se unen al final de la cola máxima, si este no se ha puesto en movimiento. Esta magnitud es la máxima extensión de la cola ( $N_m$ ), en inglés, maximum back of queue. Estas tres magnitudes se muestran en la figura 43.

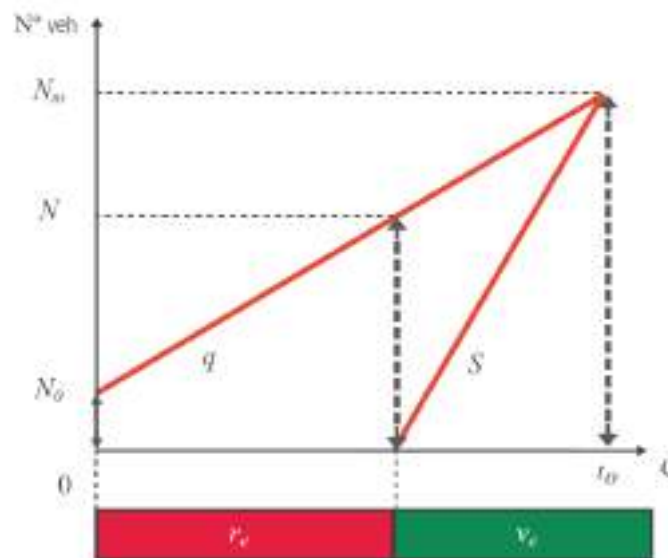


figura 40: Magnitudes de colas en semáforos

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

Observando el gráfico, se concluye que:

$$N = N_0 + qr_e$$

$$N_m = N_0 + qt_o$$





Como  $re = (C - ve)$  y usando la expresión de  $to$  derivada más arriba, se llega a que:

$$N = qC(1-u) + N_0$$

$$N_m = \frac{qC(1-u)}{(1-y)} + N_0$$

e) **Número de detenciones**

Las detenciones en un semáforo importan porque cada una implica un proceso de frenado y aceleración de un vehículo, el cual consume combustible y contamina más que en la etapa de movimiento a velocidad constante o en ralentí (motor funcionando con el vehículo detenido).

El número de detenciones en un semáforo es equivalente a los vehículos que se unen a la cola que se forma en cada acceso. Por lo tanto, el número de vehículos que se detiene al menos una vez son los que estaban detenidos del ciclo anterior, o sea, los que formaban parte de la cola excedente, más aquellos que llegan durante el rojo, más los que se unen a la cola durante el verde. Esta cantidad es la misma que el  $n_m$  definido arriba. De este total, se pueden derivar valores promedio:

- $H$  = tasa de detenciones por unidad de tiempo [det/h]
- $h$  = número medio de detenciones por vehículo [det/veh]

Tanto  $H$  como  $h$  tienen interpretaciones similares a  $D$  y  $d$ ; por lo tanto:

$$H = \frac{N_m}{C} = \frac{q(1-u)}{(1-y)} + \frac{N_0}{C} \quad [det/h]$$

$$h = \frac{H}{q} = \frac{(1-u)}{(1-y)} + \frac{N_0}{qC} \quad [det/veh]$$

Las fórmulas anteriores derivan del modelo binario de funcionamiento de un semáforo. En capítulos anteriores, se vio que esto equivale a suponer trayectorias espaciotemporales lineales de los vehículos. En la figura 44, hay un semáforo en la posición  $so$  cuyo funcionamiento se muestra en la parte inferior. El vehículo 1 se detuvo durante un lapso  $d$ .

El vehículo 2, sin embargo, redujo su velocidad y luego aceleró. No obstante, al considerar trayectorias  $s-t$  lineales, se predice una detención inexistente. Debido a esto, se ha visto que las fórmulas de  $H$  y  $h$  sobreestiman las detenciones en aproximadamente un 10%. Por ende, se recomienda aplicarles un factor de corrección igual a 0,9 (Akçelik, 1993).

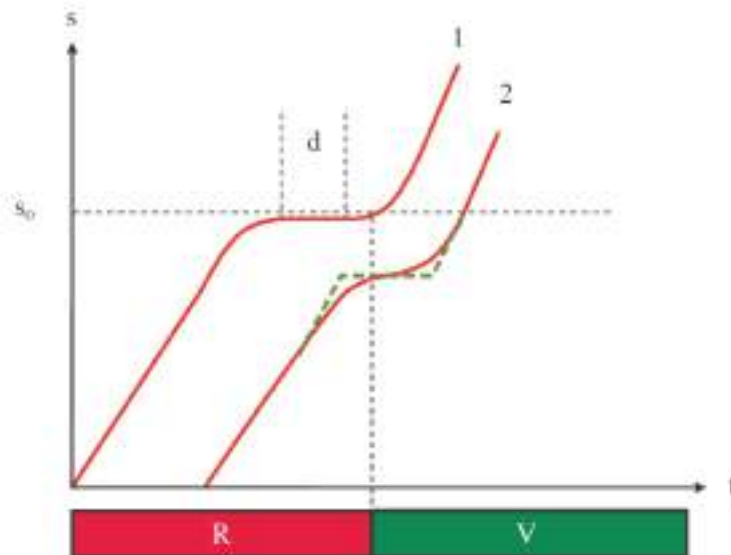


figura 41: Ejemplo de sobreestimación de demoras

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

### 2.2.30.2. Intersecciones no semaforizadas

Como se dijo más arriba, el cálculo de la longitud de cola y demoras en el caso de cruces regulados con señal de prioridad puede hacerse mediante la curva transformada. Las demoras, no obstante, pueden también estudiarse mediante el enfoque de brechas que se vio en capítulos anteriores. Este, además, sirve al cálculo del número de detenciones.

#### a) Demoras

Desde una perspectiva de brechas, la demora en un cruce no semaforizado puede estudiarse como “clientes” (vehículos o peatones) que esperan por una brecha de tamaño apropiado en un flujo prioritario de vehículos para poder cruzar.

En la figura 45, se esquematiza esta situación, en donde  $q_p$  es el flujo prioritario,  $Q_p$  la capacidad de la vía prioritaria y  $\theta$  es la proporción de vehículos que llegan en pelotón por la vía prioritaria. Se asume que los intervalos de tiempo entre vehículos de la vía principal tienen la siguiente distribución (Cowan, 1975):

$$F(h) = 1 - (1 - \theta)e^{-\gamma(h-\Delta)}, \quad h \geq \Delta$$

$$\text{Donde } \Delta = 1/Q_p \text{ y } \gamma = q_p(1 - \theta)/(1 - \Delta q_p).$$

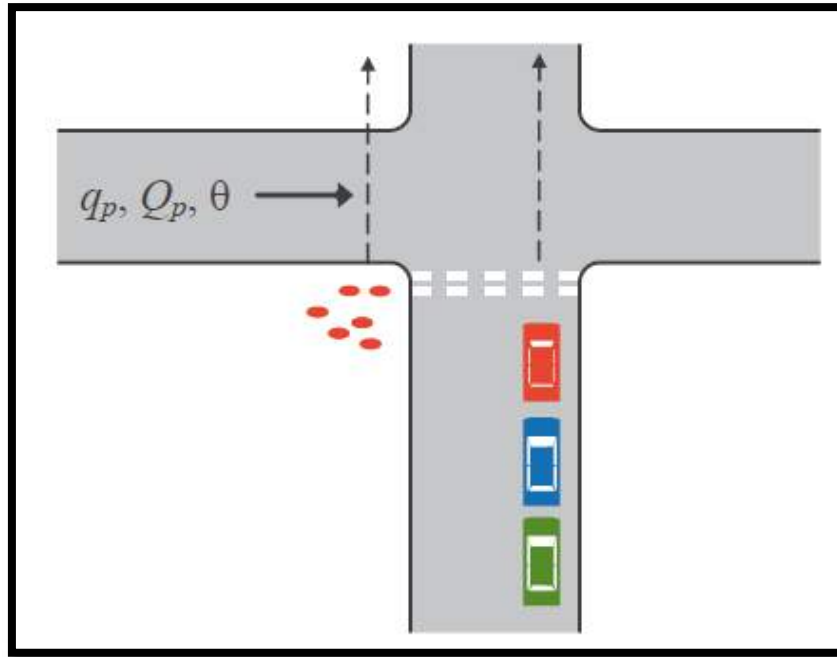


figura 42: Cruce por brechas sobre un flujo prioritario

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

Si  $t$  es la brecha crítica (mínima) para cruzar, se puede encontrar una fórmula general para estimar la demora media por cliente —vehículo o peatón— (TRB, 1992):

$$d = \frac{e^{\gamma\tau} - 1}{q_p(1-\theta)} + \frac{q_p\Delta^2(1+\theta)}{2(1-\theta)} - \tau$$

Si  $\theta = \Delta q_p = q_p/Q_p = x_p$ , es decir, se asume que la proporción de vehículos en pelotón por la vía prioritaria es igual a su grado de saturación, entonces  $\gamma = q_p$ . La ecuación anterior se reduce a:

$$d = \frac{e^{q_p\tau} - 1}{q_p(1-x_p)} + \frac{x_p(1+x_p)}{2Q_p(1-x_p)} - \tau$$

Si además se supone que  $\Delta = 0$ , entonces  $x_p = 0$  y se llega a la fórmula de Adams (1936):

Cualquiera se la expresión de la demora promedio por cliente que se use, la tasa de demora por unidad de tiempo será  $D = q_s d$ , donde  $q_s$  es el flujo de clientes que quiere cruzar.

$$d = \frac{e^{q_p\tau} - (1 + q_p\tau)}{q_p}$$

El número de detenciones en intersecciones no semaforizadas dependerá del tipo de señal de prioridad que exista. Si hay señal “Pare”, todo vehículo se detendrá al menos una vez. Si la señal es “Ceda el Paso”, solo habrá detención si el intervalo entre vehículos en el flujo principal es menor que la brecha crítica. La probabilidad o proporción de ocurrencia de esto es:



$$P(h < \tau) = F(h) = 1 - (1 - \theta)e^{-\gamma(h-\Delta)}$$

Si  $\theta = \Delta q p = x p$ , la proporción de vehículos que se detiene en cada caso es:

$$h \geq \begin{cases} 1 & , \text{Pare} \\ 1 - (1 - x_p) e^{-(v_r - q_p \tau)} & , \text{Ceda el paso} \end{cases}$$

La proporción  $h$  es el número de vehículos que se detiene sobre el total de vehículos que llega; es decir, el promedio de detenciones por vehículo [det/veh]. Por lo tanto, la tasa de detenciones por unidad de tiempo será  $H = qsh$  [det/h].

### 2.2.30.3. Demora geométrica en intersecciones

Una intersección es un elemento físico adicional a la vía. En ocasiones, estas tienen dimensiones no despreciables, en particular en el caso de diseños complejos como rotondas o enlaces de un cruce a distinto nivel. En estos casos, el tiempo adicional requerido para salvar la intersección cobra importancia. A este tiempo adicional, se le conoce como demora geométrica ( $dg$ )

La demora geométrica se compone del tiempo adicional por aceleración y frenado ante la intersección, y del tiempo adicional de viaje al interior de la intersección. Se han usado dos enfoques para tratar el tema de la demora geométrica en intersecciones:

- modelos sintéticos, que predicen la velocidad en distintos puntos de la intersección según variables geométricas (figura 3.11).
- análisis por categorías, que pronostican la demora geométrica según el tipo de intersección y movimiento.

Los resultados de ambos tipos de enfoques se muestran en las tablas siguientes (para detalles, ver McDonald et al., 1984).



Tabla 8 : Demora geométrica según categoría de intersección y movimiento

Tipo de Intersección	Tipo de movimiento					
	Viraje derecha		Viraje izquierda		Movimiento directo	
	Secundario	Prioritario	Secundario	Prioritario	Secundario	Prioritario
Prioridad	7,8	5,7	10,6	6,5	12,2	0
Rotonda	10		28		11	0
Desnivel	13		31		11	0
Diamante	15		19		0	0

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

Tabla 9 : Velocidades en intersecciones según modelos sintéticos [m/s]

Velocidad	Tipo intersección	Movimiento	Relación
$V_B, V_C$	Proritaria y diamante	PD, PI, SD	$V_B = V_C = 1,67(ER)^{0,5}$
		SI, SA	$V_B = V_C = 3$
		PA	$V_B = V_A; V_C = V_D$
$V_{BC}$	Proritaria y rotonda	SA	$V_{BC} = 0,5 (V_B + V_C)$
		SD	$V_{BC} = 0,84 \{ (ER)^{0,5} + (XR)^{0,5} \}$
		SA (rotonda)	$V_{BC} = 0,40Y + 2,43$
		SI	$V_{BC} = 0,96(DCI)^{0,5} + 2,03$

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

P = desde vía prioritaria

S = desde vía secundaria

D = viraje derecho

I = viraje izquierdo

A = movimiento directo

ER = radio de entrada [m]

XR = radio de salida [m]

$Y = \frac{1}{2} (V_A + V_D)$

DCI = diámetro del círculo inscrito [m]

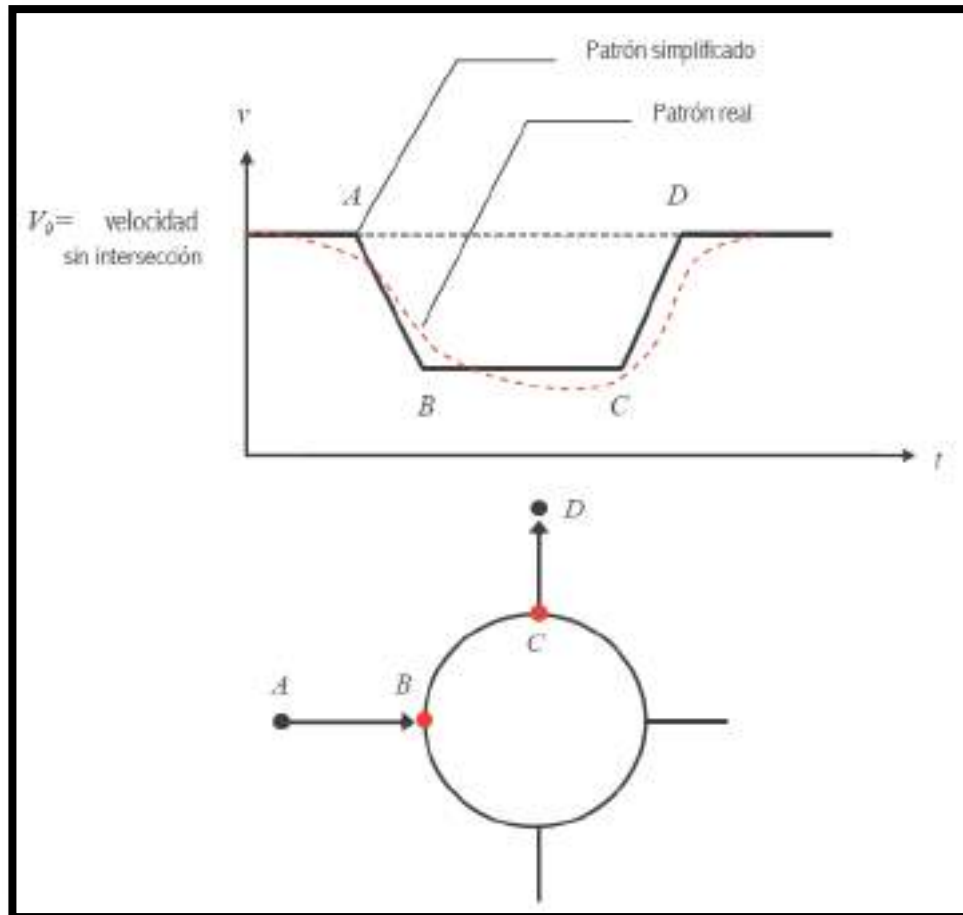


figura 43: Patrón de velocidad en una intersección compleja

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, 2011

## 2.2.31. Clasificación del sistema vial urbano

### 2.2.31.1. Criterios de Clasificación de las Vías Urbanas

La circulación, más o menos difícil, en las grandes ciudades siempre se caracteriza por la gran confusión entre peatones y vehículos que estacionan y circulan, entre vehículos lentos y rápidos, y sus diferentes deseos de desplazamiento.

Luego, es necesario especializar las vías, destinando cada una de ellas a una función específica y acomodándola a cumplir lo mejor posible su función. Esta especialización se justifica fundamentalmente desde tres puntos de vista.

En primer lugar, por un criterio de capacidad y nivel de servicio. A medida que las dimensiones de la ciudad aumentan, los desplazamientos urbanos son de mayor longitud y el tiempo empleado en el transporte tiene una trascendencia más importante. Conseguir velocidades relativamente altas, puede ahorrar muchas horas al año y eso sólo se logra si las calles se



proyectan de forma adecuada. Al estudiar la capacidad, se comprueba cómo el estacionamiento en la calle y los accesos demasiado próximos la disminuyen considerablemente.

En segundo lugar, por un criterio de seguridad, ya que la confusión que se produce en la calle cuando la intensidad de tráfico es importante y parte de los vehículos circulan de prisa, hace aumentar rápidamente el índice de accidentes.

Y, por último, por un criterio funcional, tanto desde el punto de vista de las vías principales, que en todos sus aspectos han de proyectarse con este criterio, como de las vías locales, en las que hay que evitar en lo posible un tráfico intenso y rápido que perturba considerablemente la vida urbana. (MDGV 2005)

### **2.2.31.2. Clasificación de las Vías Urbanas**

El sistema de clasificación planteado es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías.

#### **2.2.31.2.1. Vías Expresas**

##### **- Función.**

Las vías expresas establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central. (MDGV 2005)

##### **- Características del Flujo**

En esta vía el flujo es ininterrumpido, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino solamente a diferentes niveles en intercambios especialmente diseñados. (MDGV 2005)

##### **- Tipos de Vehículo**

Las vías expresas suelen transportar vehículos pesados, cuyo tráfico es tomado en consideración para el diseño geométrico correspondiente.



Para el transporte público de pasajeros se permite el servicio de buses, preferentemente en carriles segregados y el empleo de paraderos debidamente diseñados en los intercambios. (MDGV 2005)

- **Conexiones**

Las vías expresas están directamente conectadas entre sí con vías arteriales. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el área central de la ciudad, a través de vías auxiliares. (MDGV 2005)

**2.2.31.2.2. Vías Arteriales**

- **Función**

Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.

El término Vía Arterial no equivale al de Avenida, sin embargo, muchas vías arteriales han recibido genéricamente la denominación de tales. (MDGV 2005)

- **Características del Flujo**

En estas vías deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico. En las intersecciones donde los semáforos están cercanos, deberán ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo.

Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces semaforizados especialmente diseñados para el paso de peatones.

Los paraderos del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el movimiento del tránsito directo.

En las intersecciones pueden diseñarse carriles adicionales para volteos con el fin de aumentar su capacidad.

Se recomienda que estas vías cuenten con pistas de servicio laterales para el acceso a las propiedades. (MDGV 2005)





- **Tipos de Vehículo**

Las vías arteriales son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados y para el transporte colectivo de pasajeros se permite el servicio con un tratamiento especial en vías exclusivas o carriles segregados y con paraderos e intercambios debidamente diseñados. (MDGV 2005)

- **Conexiones**

Las vías arteriales se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras, no siendo conveniente que se encuentren conectadas a vías locales residenciales. (MDGV 2005)

**2.2.31.2.3. Vías colectoras**

- **Función**

Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

Pueden ser colectoras distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipales, de la cual se derivan, entre otros, parámetros para establecer la competencia de dichas autoridades.

Este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida. (MDGV 2005)

- **Características de Flujo**

El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y, con controles simples, con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales.

El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto.

Reciben soluciones especiales para los cruces peatonales, donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable. (MDGV 2005)

- **Tipos de Vehículos**

Las vías colectoras son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Para el sistema de buses se podrá diseñar paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo. (MDGV 2005)



- **Conexiones**

Las vías colectoras se conectan con las arterias y con las locales, siendo su proporción siempre mayor con las vías locales que con las vías arteriales. (MDGV 2005)

**2.2.31.2.4. Vías locales**

- **Función**

Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. (MDGV 2005)

- **Tipos de vehículos**

Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras. (MDGV 2005)

**2.2.31.2.5. Vías de Diseño Especial**

Son todas aquellas cuyas características no se ajustan a la clasificación establecida anteriormente.

Se puede mencionar, sin carácter restrictivo los siguientes tipos:

- Vías peatonales de acceso a frentes de lote
- Pasajes peatonales
- Malecones
- Paseos
- Vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas
- Vías en túnel que no se adecuan a la clasificación principal (MDGV 2005)



Tabla 10: resumen de parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
<b>Velocidad de Diseño</b>	Entre 80 y 100 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
<b>Características del flujo</b>	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es ininterrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
<b>Control de Accesos y Relación con otras vías</b>	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares.	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable.	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.

Fuente: Tomado del MDGVU-2005



Tabla 11: resumen de parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
<b>Servicio a propiedades adyacentes</b>	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
<b>Servicio de Transporte público</b>	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos" o "Carriles Solo Bus" con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos" o "Carriles Solo Bus" con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
<b>Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías</b>	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente: Tomado del MDGVU-2005

### 2.2.32. Levantamiento topográfico

Se entiende por levantamiento Topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera; (Torres y Villate, 2001,p.17) lo resumen como “el proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra”. En los últimos años, la aparición de los levantamientos por satélite que pueden ser operados de día o de noche (Wolf y Brinker, 1997) incluso con lluvia y que no requiere de líneas de visual libres entre estaciones, ha representado un gran avance respecto a los procedimientos de levantamientos convencionales, que se basan en la medición de ángulos y distancias para la determinación de posiciones de puntos.



La aparición de nuevas tecnologías persigue prioritariamente mejorar la captura y registro de datos como es el caso de las libretas electrónicas que permite transformar esos datos en información en formatos digitales y gráficos. Aun cuando las nuevas tecnologías han impactado en el cómo se capturan y se procesan los datos, el conjunto de las actividades que contempla el levantamiento topográfico puede discriminarse en las mismas etapas que la topografía clásica tradicionalmente ha considerado, entre las que se puede mencionar la selección de equipos, planificación, señalización y captura de datos. (Swanston, 2006)

### **2.2.32.1. Levantamiento topográfico con estación total**

La estación total surge con la finalidad de sustituir el teodolito, antiguo instrumento utilizado para trabajos topográficos, pero además incluye otras herramientas muy útiles para la medición de distancias y un terminal interno para la realización los cálculos oportunos con memoria para el almacenamiento de datos.

Esa multifuncionalidad permitió utilizar la estación total en topografía, concretamente en levantamientos topográficos referenciados con GPS.

### **2.2.32.2. Para qué sirve la estación total**

Una estación total alcanza su finalidad cuando se utiliza en la ingeniería de alta exactitud topográfica, como por ejemplo en la construcción de carreteras, viaductos, grandes edificaciones, canales de agua, etc.

En todas las citadas construcciones, como es lógico, la precisión es una necesidad absoluta para el correcto funcionamiento de la obra. Las dos funciones esenciales para las que se usaría la estación total son las siguientes:

- a) Levantamiento topográfico: Medición y representación gráfica de la realidad.
- b) Replanteo topográfico: Representación en la realidad del diseño gráfico de una obra (operación inversa a la anterior).

### **2.2.32.3. Pasos para realizar un levantamiento topográfico con estación total**

#### **2.2.32.3.1. Montaje de la estación total**

Durante el trabajo de campo la parte más dificultosa es claramente el montaje del aparato sobre un punto topográfico.



Puede llegar a ser complicado para el técnico, sobre todo teniendo en cuenta las irregularidades del terreno y el cansancio físico. Durante la realización de un levantamiento es preciso mover e instalar de nuevo el aparato en gran cantidad ocasiones.

Para que esto no afecte el rendimiento del trabajo en campo se debería ejecutar el procedimiento en menos de 3 minutos. El procedimiento de montaje de la estación total se puede diferenciar en 3 partes:

a) Elección y marcado del punto de control topográfico

Esta elección no tiene más complicación que la de tener en cuenta unas recomendaciones básicas:

- Buena visibilidad, ya que mover e instalar repetidamente el aparato resulta muchas veces pesado, por lo que se debe escoger una ubicación desde la que se puedan avistar la mayor cantidad de puntos posibles.
- Seguridad, tanto del operario como del equipo, sobre todo en calles con mucho tráfico. Para prevenir accidentes, el personal deberá utilizar chalecos reflectantes e instalar conos de precaución alrededor.

b) Montaje y ajuste de la estación total

Es de enorme importancia, ya que un correcto montaje facilitará el trabajo a realizar.

- Montaje del trípode, cogiéndolo con las patas plegadas y apoyándolo de pie sobre el punto. Luego habrá que soltar los seguros para que las patas se extiendan y levantarlo desde la base superior hasta aproximadamente el nivel de la barbilla del operario. Por último, cerrar los seguros para fijar la longitud de las patas.
- Se separarán las patas del trípode, cerciorándose de que están a la misma distancia y que la cabeza del trípode se encuentra nivelada.
- Se coloca el trípode de manera que la cabeza esté por encima del punto topográfico y después se fijan bien las patas al suelo.

c) Nivelación de la estación total

Una vez realizados los pasos anteriores, se procederá a la nivelación del aparato. Esto se consigue de dos maneras diferentes:

- La primera consiste en ajustar la altura de las patas provocando movimientos bruscos en el nivel.



- La segunda consiste en mover los tornillos de la estación total para conseguir movimientos más finos, siempre buscando la horizontalidad del aparato. Dichos tornillos se moverán con cuidado hasta llevar la burbuja del nivel al centro del ojo de buey.

Una vez hecho esto, se gira 90 grados para cotejar la nivelación en el aparato.

#### **2.2.32.3.2. Selección del archivo de trabajo**

Se enciende el aparato pulsando “ON” en el teclado. Una vez encendido se busca el menú principal, el cual está dividido en tres categorías básicas:

- a) Medición: con la que se realiza cualquier tipo de medición
- b) Memoria: para administrar los archivos con los que se está trabajando.
- c) Configuración: con la que se podrá modificar la configuración del aparato.

Dentro del menú configuración se puede elegir el archivo de trabajo que se estaba utilizando y que tenía el nombre que le habíamos dado, o se puede empezar de cero empezando a grabar datos nuevos.

#### **2.2.32.3.3. Toma de datos**

Una vez establecidos los parámetros anteriores, procederemos a realizar la toma de datos para el levantamiento topográfico.

Se coloca un nuevo punto donde más nos convenga y le damos un nombre (también es recomendable marcarlo con pintura o con una estaca de madera), una vez hecho esto colocamos el prisma encima y en dirección a la estación y procedemos a anotar sus coordenadas y guardarlas.

Este procedimiento lo repetiremos todas las veces que deseemos (cuantas más mejor), para así tener un buen número de coordenadas, que van a ser las que luego den forma al plano topográfico.

Finalmente, tras realizar el levantamiento topográfico con la estación total, el técnico redactará un informe. (Lorena A., Ing. Forestal)



### **2.2.33. Señalización de los puntos de control BM**

Una vez que se ha establecido el plan de trabajo se hace necesario pasar a la fase de señalización; esta actividad constituye un paso importante en todo levantamiento, ya que la misma resalta la ubicación de los puntos de control y de cualquier otro punto de interés, de acuerdo al propósito y permanencia en el sitio (Swanston, 2006). Las señales pueden ser de puntería, de observación o en algunos casos obedece a ambos propósitos, se dice que una señal es de puntería cuando se dirigen visuales desde otros puntos, en este tipo pueden señalarse al jalón y las miras; las señales de observación se refiere a los puntos de control, generalmente se encuentran al ras del piso y debido a su importancia son resguardadas y referenciadas por el responsable en campo; las señales de doble propósito se refiere a puntos que son de control y al mismo tiempo van a ser observados desde otros puntos del terreno. Desde el punto de vista del tiempo que se requiera que la señal permanezca en sitio, las mismas pueden ser permanente, semipermanentes o transitorias (Figura 11), las señales permanentes se construyen para que sean visibles durante la fase de levantamiento y las otras etapas del proyecto y que además permanezcan aún una vez finalizado el mismo para ser utilizadas en el control de la obra que se va a construir. Las semipermanentes se espera que duren desde la fase de estudio hasta la finalización de la construcción, generalmente son construidas con concreto pobre. Las transitorias son señales que sirven solamente para materializar las verticales tanto de los puntos de control como de detalle; en campo se utilizan estacas de madera, jalones, cabillas cortas; en superficies de asfalto o concreto se utilizan clavos para concreto, marcas de pintura, miras etc. Cuando en el levantamiento se utiliza GPS y Estación Total, las labores de señalización se realizará primero en los puntos de control; para esto y de acuerdo a la naturaleza del mismo, se utilizará concreto y un clavo de acero o cabilla en la cual se le tallará una cruz para que al momento de realizar las tareas de centrado, quede claramente establecido el punto topográfico. Una vez establecidos los puntos de control, se realizarán las labores de señalización de los puntos a ser levantados, en este caso y de acuerdo a las condiciones propias de la zona, los puntos topográficos pueden señalarse con pintura, estacas de madera o pedazos de cabillas. (Raquel Pachas L., El levantamiento topográfico)

### **2.2.34. Metodología del conteo vehicular**

El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte mientras que el tránsito viene a ser el desplazamiento de vehículos y/o personas de un punto llamado origen a otro llamado destino.





Para la determinación del índice medio diario anual, producto final del estudio de tráfico,, es necesario contar con la información primaria, que son los aforos vehiculares en la carretera en estudio, para luego efectuar trabajos de gabinete y llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos, por tano, como requisito mínimo para la elaboración del estudio se llevan a cabo las siguientes etapas:

- Recopilación de la información
- Procesamiento de la información
- Análisis de la información y obtención de resultados

#### **2.2.34.1. Recopilación de la información**

La información básica para la elaboración del estudio procede de dos fuentes diferentes:

##### **2.2.34.1.1. Fuentes directas**

La información de esta fuente corresponde al levantamiento de información de campo, que permita actualizar, verificar y/o complementar la información de la fuente referencial disponible. Como información primaria se tiene: los conteos de tráfico por día y semanal, encuesta origen-destino, censo de carga a vehículos pesados de carga y pasajeros, pasaje por ejes.

Para llevar a cabo estas actividades es necesario realizar un trabajo previo de gabinete para la preparación de los instrumentos y la planificación del trabajo de campo, que incluirá el reconocimiento de las vías de acceso, tanto de entrada como de salida a lo largo de la carretera, así como para identificar las estaciones de control y de encuesta origen-destino.

Antes de iniciar los aforos vehiculares en campo y con el propósito de identificar y precisar in situ, las estaciones necesarias para la aplicación del conteo, se realiza el reconocimiento de los tramos viales materia del presente estudio. Las estaciones se definen considerando las intersecciones existentes, el flujo de tráfico vehicular, así como las condiciones físicas y facilidades que permitan realizar adecuadamente el levantamiento de información.

##### **2.2.34.1.2. Fuentes referenciales**

Estas fuentes corresponden a la información obtenida referente al tráfico u otra de carácter complementario proveniente de instituciones públicas y/o privadas, como del índice medio diario anual (IMDA) y de los factores de corrección, existentes en los documentos oficiales del



ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) para la carretera en estudio y otras del entorno circundante.

#### **2.2.34.2. Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información corresponde íntegramente al trabajo de gabinete. Las informaciones de los conteos de tráfico obtenidos en campo son procesadas en formatos Excel, donde se registran todos los vehículos por hora y día, por sentido y por tipo de vehículo durante 07 días calendarios. (Provias descentralizado, Cajamarca 2019)

#### **2.2.35. Vehículos de diseño**

##### **2.2.35.1. Características generales**

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses). Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreebanco de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.



- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

#### **Vehículo de pasajeros**

- Jeep (VL)
- Auto (VL)
- Bus (B2, B3, B4 y BA)
- Camión C2

#### **Vehículo de carga**

- Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
- Camión C2
- Camión C3 y C2CR
- T3S2

#### **2.2.35.2. Vehículos ligeros**

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- Ancho: 2.10 m.
- Largo: 5.80 m.



Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- $h$ : altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- $h_1$ : altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- $h_2$ : altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m.
- $h_4$ : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- $h_5$ : altura del techo de un automóvil: 1.30 m

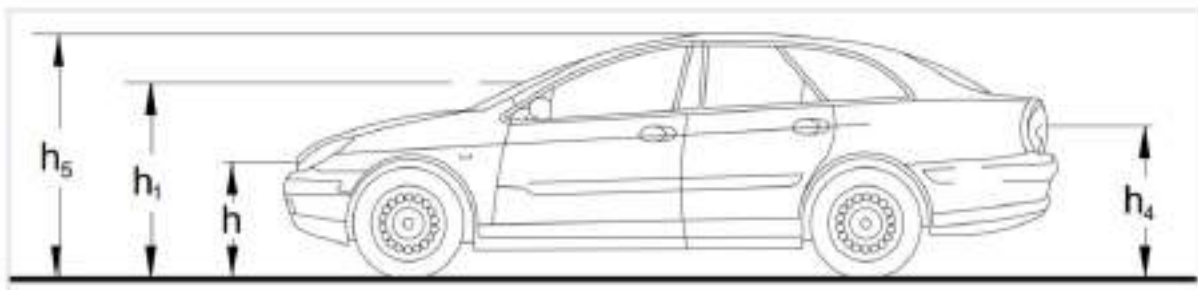


figura 44 :Vehículo de diseño

fuelle: Manual de carreteras DG 2018

El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso.

### 2.2.35.3. Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- $h$ : altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- $h_3$ : altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.

- $h_4$ : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.

$h_6$ : altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m

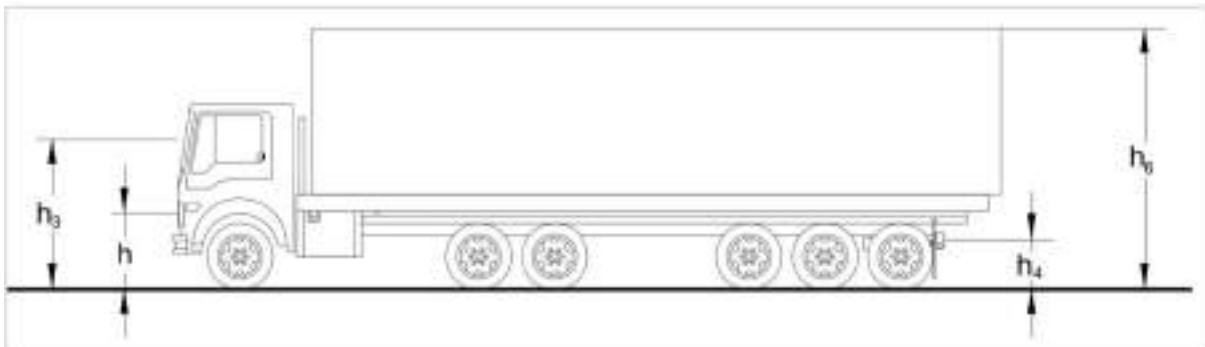


figura 45 :Vehículo de diseño

fuelle: Manual de carreteras DG 2018

Tabla 12 : Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras  
Según Reglamento Nacional de Vehículos

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantera	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

fuelle: Manual de carreteras DG 2018

#### 2.2.35.4. Tipología vehicular

El Informe Final (Tomo I) de noviembre de 1998 preparado por BARRIGA – DALL’ORTO S.A. INGENIEROS CONSULTORES que contiene el “Estudio de Demanda de las Redes Viales Nos. 5, 6 y 12” recoge la siguiente tipología vehicular:



Tabla 13 :Tipología Vehicular

Tipo de Vehículo	Nomenclatura
Autos y camionetas	VL
Camiones rurales	CR
Buses de 2 Ejes	B2E
Buses de más de 2 Ejes	B+2E
Camiones de 2 Ejes	C2E
Camiones de 3 Ejes	C3E
Camiones de 4 Ejes	C4E
Camiones de 5 Ejes	C5E
Camiones de 6 Ejes	C6E
Camiones de 7 Ejes	C7E

Fuente: BARRIGA – DALL’ORTO S.A. INGENIEROS CONSULTORES

El “Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental para la Ampliación, Construcción y Conservación de la Autopista Ancón-Huacho-Pativilca” de julio de 1998 elaborado por PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas) y las empresas consultoras asociadas AYESA y ALPHA CONSULT S.A. establece en la parte correspondiente al Estudio de Conservación y Mantenimiento una clasificación de los tipos de vehículos considerados en el Estudio, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 14 :Tipología Vehicular

Vehículos Ligeros	Vehículos Pesados
Automóvil	Autobús <sup>1</sup>
Pick-up	Camión de 2 Ejes
	Camión de 3 Ejes
	Camión de más de 3 y articulados

Fuente: PROMCEPRI

### 2.2.35.5. Características de la muestra

La característica principal del muestreo es que los resultados sean representativos de la población en general. Según Hayes, B. (1999), existen tres métodos de muestreo, que se clasifican en:

- a) Censal: En donde la muestra es toda la población, este tipo de método se utiliza cuando es necesario saber las opiniones de todos los clientes o cuando se cuenta con una base de datos de fácil acceso, sin embargo, los costos al utilizar este método pueden ser muy altos.
- b) Con base en el criterio personal: La muestra se selecciona de acuerdo con los intereses de la persona que está realizando la investigación, es sencillo; sin embargo, los resultados de esta muestra pueden ser cuestionables.



- c) Estadístico: La muestra se selecciona como un sub grupo que cuenten con las mismas probabilidades de ser elegido, se corre el riesgo de calcular una muestra que no represente a la población; además los resultados pueden generalizarse a la población.

### **2.2.36. Hipótesis general**

Habrá diferencia en cuanto a la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas en la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau comparando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y la metodología de seguimiento vehicular haciendo una micro simulación con el software VISSIM 2019.

### **2.2.37. Sub hipótesis**

**Sub hipótesis N°1:** Las Condiciones geométricas influirán en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas en las Avenidas Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y micro simulación con VISSIM 2019

**Sub hipótesis N°2:** Las condiciones semafóricas serán ineficientes e influirán negativamente en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas en la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau.

**Sub hipótesis N°3:** La diferencia de los tiempos de demora que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas en la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau será menor al 5%.

**Sub hipótesis N°4:** La relación V/C de las intersecciones semaforizadas en la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau será mayor que 1.

## **2.3. Definición de variables**

### **2.3.1. Variables dependientes**

#### **Definición de variables dependientes**

Niveles de servicio

Capacidad vial



### **Indicadores de variables dependientes**

- **Niveles de servicio:** Tiempo de demoras.
- **Capacidad Vial:** Numero de vehículos.

### **2.3.2. Variables independientes**

#### **Definición de variables independientes**

Condiciones de trafico

Condiciones geométricas

Condiciones semafóricas

Tiempos de demora

Grado de saturación

#### **Indicadores de Variables independientes.**

- **Condiciones de tráfico:** Porcentaje de vehículos pesados, estacionamientos, paradas de autobús, circulación de peatones y ciclistas.
- **Condiciones geométricas:** Número de carriles(m), Anchura de carril, inclinación de la rasante.
- **Condiciones semafóricas:** Duración de fase en verde(seg), duración de fase en rojo, ciclo del semáforo(seg), giros a la derecha, giros a la izquierda.
- **Tiempos de demora:** Demora uniforme, factor de ajuste de progresión uniforme, demora incremental, demora por demanda residual.
- **Grado de saturación:** relación Flujo/capacidad





### 2.3.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 15 :Cuadro de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>					
Condiciones de trafico	Condiciones de la circulación vehicular de la vía que han sido diseñadas de acuerdo a un estudio mediante el uso de aforos vehiculares.	Cuantitativo	Vehículos pesados Numero de estacionamientos Paradas de autobús	Numero Numero Numero	HCM 2016
Condiciones Geométricas	Condiciones de la vía que han sido diseñadas siguiendo una normativa referente a sus dimensiones y propiedades no relacionadas con la parte estructural.	Cuantitativo	Número de Carriles Ancho de Carriles Legibilidad de la vía Pendiente	Numero Metro Metro Porcentaje	HCM 2016
Condiciones Semafóricas	Estado de los semáforos, los cuales han sido calibrados, para que la vía pueda tener una fluidez vehicular de tal manera que haya menos tiempos de demora para los usuarios.	Cuantitativo	Duración de fase en verde Duración de fase en rojo Ciclo semafórico Giros a la derecha Giros a la izquierda	Segundos Segundos Segundos Metro Metro	HCM 2016
Diferencia de Demora	Es la medición de los tiempos que demora un vehículo en circular por una vía en comparación con el tiempo para la que fue diseñada la vía.	Cuantitativo	Demora uniforme Demora incremental Demora por demanda residual	Segundos Segundos Segundos	HCM 2016
Grado de Saturación	Es la relación directamente proporcional entre flujo y capacidad de la vía.	Cuantitativo	Relación Vol./Capacidad	Numero/ Metro	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>					
Capacidad vial	Máximo flujo posible en un carril.	Cuantitativo	Vehículos/Hora/ Carril	Numero/ Hora/metro	HCM2016 VISSIM 2019
Nivel de servicio	Tiempo que demora un Vehículo para Atravesar una intersección.	Cuantitativo	Tiempo demoras	de Segundos	HCM 2016 VISSIM 2019

Fuente: Elaboración propia



## CAPITULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Metodología de la investigación

#### 3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación a utilizar, por naturaleza del objeto de estudio, es de tipo **Cuantitativa**.

El enfoque cuantitativo: usa recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento (Hernández, Fernández, & Batista, 2003).

El proceso cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos "brincar o eludir" pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. (Hernández, Fernández, & Batista, 2003).

Los datos que se obtienen en la presente investigación son netamente numéricos, producto de mediciones. Estos datos procesados posteriormente para validar o rechazar las hipótesis formuladas.

#### 3.1.2. Nivel o alcance de la investigación.

El nivel de investigación es **Descriptivo**.

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de cualquier fenómeno que sea sometido a análisis.

Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno que sea sometido a análisis miden o evalúan aspectos. Dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona la serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así, y valga la redundancia, describir lo que se investiga. (Hernández, Fernández, & Batista, 2003).

El nivel de la investigación es descriptivo; porque busca especificar las propiedades importantes de la infraestructura de la vía, y sus características de funcionamiento tales como volumen de tránsito, velocidad, flujo vehicular, capacidad vial y finalmente nivel de servicio.



### **3.1.3. Método de investigación.**

El método de investigación es **hipotético deductivo**.

Método Hipotético Deductivo: Consiste en hacer observaciones manipulativas y análisis, a partir de las cuales se formulan hipótesis que serán comprobadas mediante experimentos controlados. El método hipotético-deductivo es un proceso iterativo, es decir, que se repite constantemente, durante el cual se examinan hipótesis a la luz de los datos que van arrojando cada una de las mediciones. (Pascual, Dolores, & García, 1996)

La presente investigación se realizó mediante el método hipotético deductivo ya que se observó los fenómenos estudiados en las avenidas seleccionadas y se crearon hipótesis, las cuales fueron verificadas y comprobadas en el transcurso de la investigación.

## **3.2. Diseño de la Investigación:**

### **3.2.1. Diseño Metodológico:**

El diseño de la investigación fue de tipo **no experimental** debido a que no incluye la manipulación de los valores de las variables y se observa el fenómeno bajo condiciones reales.

### **3.2.2. Diseño de Ingeniería**

El desarrollo de la presente investigación estuvo dividido en 6 etapas:

**PRIMERA ETAPA RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO:** Se realiza el trabajo inicial de campo con la recolección de datos de cada intersección como son datos de tráfico, accidentalidad y caracterización geométrica de cada zona a investigar.

**SEGUNDA ETAPA PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION RECOLECTADA:** En esta etapa se realizó el trabajo de oficina procesando los datos obtenidos en campo mediante las listas de chequeo y las datas de trafico de cada intersección elaborando hojas Excel para tener un mejor orden.

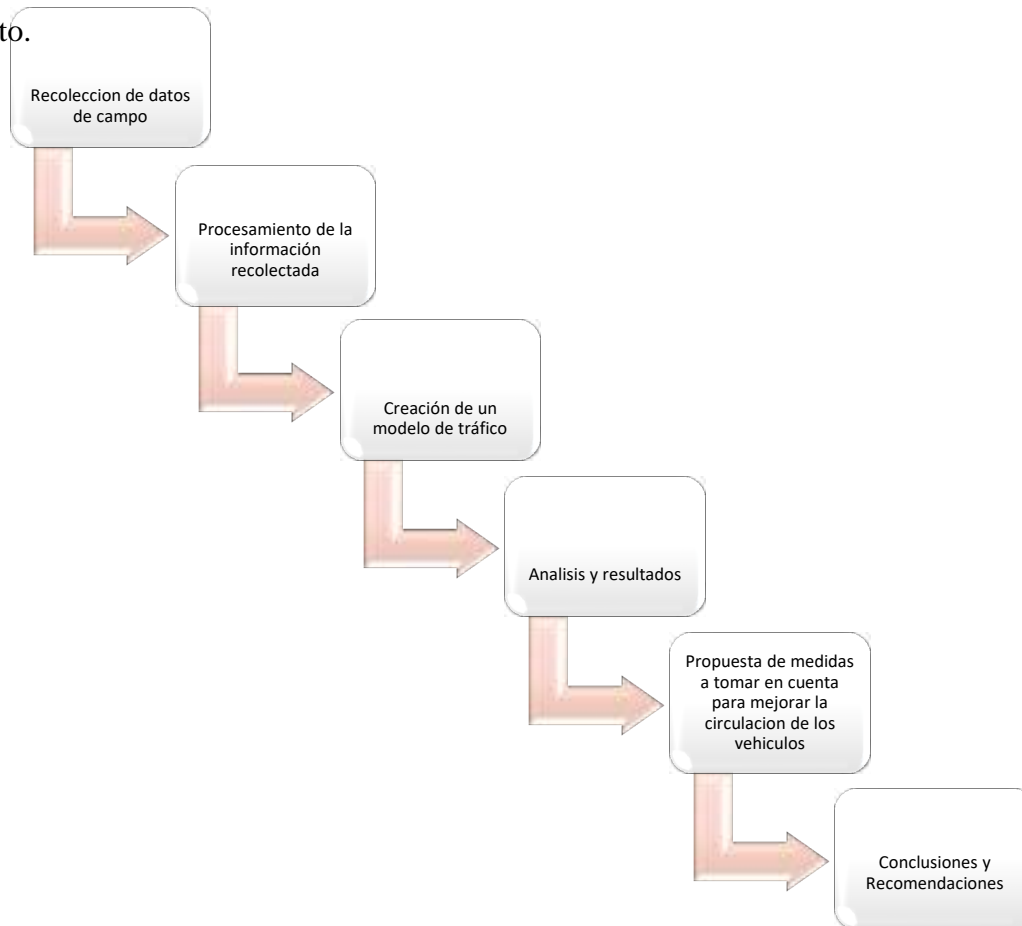
**TERCERA ETAPA CREACION DE UN MODELO DE TRAFICO:** Se crea un modelo de simulación del tráfico en los softwares SYNCHRO y VISSIM, con los datos procesados en la etapa anterior.

**CUARTA ETAPA ANALISIS Y RESULTADOS:** En este punto de la tesis se analizó los resultados obtenidos del modelamiento de tráfico, se eligió la metodología más eficiente.



**QUINTA ETAPA PROPUESTA DE MEDIDAS A TOMAR EN CUENTA PARA MEJORAR LA CIRCULACION DE LOS VEHICULOS:** En esta etapa se propone las medidas que se deben de tomar para mejorar la calidad de circulación de los vehículos.

**SEXTA ETAPA CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:** En esta etapa concluye el trabajo de investigación, comprobando las hipótesis planteadas y se dan recomendaciones al respecto.



*figura 46 :Diseño de ingeniería*

fuelle de elaboración propia

### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población**

##### **3.3.1.1. Descripción de la población**

La población de estudio está compuesta por las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y Prolongación de la Avenida Grau de la ciudad del Cusco, las cuales son de gran importancia y requieren un mayor estudio.



### 3.3.1.2. Cuantificación de la población:

La población está compuesta por todas las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas a lo largo del sistema vial en estudio, en total tenemos 18 intersecciones en ambos sistemas viales comprendidos entre calles y avenidas que lo conforman, tanto de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación de la Avenida Grau de la ciudad del Cusco.

- Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito(semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Calle Sucre (no semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (no semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla(semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra– Calle Tambo machas (no semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra– Calle Kenko (no semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Avenida Peru (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Avenida Libertad (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Calle Ramon Castilla (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.



- Prolongación Avenida Grau – Calle 3 de Octubre (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Calle Teodosio Serrudo (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

### **3.3.2. Muestra**

#### **3.3.2.1. Descripción de la Muestra**

La muestra que se seleccionó en la presente investigación, son las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas con mayor incidencia y alto tránsito del sistema vial Av. Agustín Gamarra y la Prolongación de la Av. Grau. Todas las intersecciones fueron analizadas en cuanto a sus niveles de servicio. Nuestra muestra a estudiar es determinada por:

Sus características de tránsito y circulación, los cuales son obtenidos mediante los aforos manual de 24 horas en la intersección Av. Antonio Lorena con la Prolongación de la Av. Grau mediante el cual también se determinó las horas puntas para el aforo del resto de intersecciones en estudio los realizamos en tres fases de una hora por día, realizando estos aforos en fechas comunes exceptuando las fechas gozosas ya que tienen incidencia de desconcierto en los aforos del sistema vial para determinar el volumen, composición y distribución direccional del tránsito.

Las características físicas son obtenidas en base a pendientes, número de carriles, ancho de carriles.

Las características de los sistemas de control son las que se tiene en el sistema vial que regulan la circulación vehicular y que estas serán modificadas en la fase de situaciones futuras para evaluar las condiciones del tiempo de circulación en dicho sistema.

#### **3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra**

En nuestro caso la muestra no coincidió con la población. Once áreas de estudio, cada intersección semaforizada y no semaforizada de la Avenida Agustín Gamarra y prolongación de la Avenida Grau que se detallan a continuación:



- Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército (semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco
- Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (no semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ramón Castilla (semaforizada) se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.
- Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada), se encuentra en el Distrito de Santiago, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

### **3.3.2.3. Método de Muestreo**

El método de muestreo de la presente tesis es no probabilístico, por conveniencia, pues se basa en una metodología específica del manual HCM 2016 y es necesario contabilizar todos los vehículos que transitan por cada intersección de la avenida Agustín Gamarra y Prolongación de la Avenida Grau de la ciudad del Cusco.

El método de muestreo de la presente tesis es no probabilístico, ósea el muestreo será intencional o de conveniencia según el criterio del investigador.

- Con la finalidad de tener un perfil de tráfico y determinar las horas puntas.



- Se tomaron en cuenta las intersecciones que forman parte de la zona de estudio de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación de la Avenida Grau de la Ciudad del Cusco, que forman parte del sistema vial.
- Se tomaron los datos de aforos de vehículos que se encontraban circulando en las avenidas e intersecciones de nuestra zona de estudio.
- Se tomaron datos de las características geométricas de todo el tramo de las avenidas estudiadas.

#### **3.3.2.4. Criterios de evaluación de Muestra**

Todas las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas se evaluaron mediante los criterios expuesto por el Highway Capacity Manual 2016 (HCM 2016):

- Determinación de las características geométricas (anchos de carril y pendientes).
- Determinación de las características de tráfico (conteo vehicular por carril).
- Determinación de las características semaforicas (tiempos semaforicos).

#### **3.3.3. Criterios de inclusión**

Los siguientes criterios son los que determinamos para la inclusión:

- Intersecciones viales que estén dentro de la tipología de intersecciones semaforizadas.
- Intersecciones viales que enlace los sistemas viales más importantes de la ciudad del Cusco.
- Intersecciones viales con gran flujo vehicular (demanda).
- Intersecciones viales sin sistemas de control vial (semáforos).

### **3.4. Instrumentos**

#### **3.4.1. Instrumentos metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.**

Para la presente investigación se realizó los siguientes instrumentos:

##### **3.4.1.1. Ficha de aforo vehicular**

Nos sirve para determinar el número de vehículos que transitan en las intersecciones no semaforizadas y semaforizadas en determinados intervalos de tiempo, y también para poder clasificarlos. Para procesar mejor los datos de campo, se volvieron a clasificar los datos de la siguiente manera:





AUTO: AUTO

PICK UP: PICK UP, PANEL, COMBI RURAL

BUS: MICRO

BUS TRANSPORTE: BUS 2E, >=3E

CAMION LIGERO: CAMION 2E

CAMION MEDIANO: CAMION 3E

CAMION PESADO: CAMION 4E

CAMION ARTICULADO: SEMI TRAYLER, TRAYLER

Tabla 16 Formato de fichas de aforo vehicular

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.2. Ficha para procesamiento de datos de los aforos vehiculares.

Nos sirve para procesar y evaluar en gabinete los datos obtenidos de los aforos vehiculares recolectados en campo de los vehículos que transitan en las intersecciones no semaforizadas y semaforizadas, también para poder clasificarlos.

Tabla 17 Formato de fichas para procesamiento de datos

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PICK UP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UCP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL INTERSECCIÓN	0															
UCP INTERSECCION	0															


Fuente: Elaboración propia



### 3.4.1.3. Ficha de características semafóricas de la vía.

Nos permitió realizar inventario vial semafórico para obtención de datos referentes a la señalización, tanto horizontal como vertical.

Tabla 18 Formato de fichas de características semafóricas de la vía


	"ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y MICROSIMULACION CON VISSIM"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI		
	OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:			
DIA		CODIFICACION	
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO:		
	AMARILLO:		
	VERDE:		

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.4. Ficha de características geométricas de la vía.

Nos permitió realizar un inventario vial mediante fichas que se realizado en campo considerando una serie de características que se detallan a continuación:

Tabla 19 Formato de fichas de características geométricas de la vía

	"ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y MICROSIMULACION CON VISSIM"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI		
	OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:			
DIA		N° DE CALZADA	
SENTIDO DE CIRCULACION			
ANCHO DE CALZADA			
PENDIENTE (%)			
NUMERO DE CARRILES			
ANCHO DE CARRIL			

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.2. Instrumentos de ingeniería

#### 3.4.2.1. Cámara fotográfica:

Este instrumento se usó para la determinación de movimientos, flujo vehicular, lo cual fue instalada en lugares estratégicos para así poder hacer en gabinete su respectivo cálculo.



*Figura 47: Cámara*  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.2.2. AutoCAD Civil 3D

Software utilizado para el procesamiento de datos de levantamientos topográficos. En la presente investigación nos permitió obtener las condiciones geométricas de la vía y las aceras como son: anchos de aceras, anchos de carril, pendientes, ubicación de objetos fijos.



*figura 48 AUTODESK CIVIL 3D 2021*

Fuente: Elaboración propia (2019), AUTODESK CIVIL 3D 2019

#### 3.4.2.3. Software VISSIM 2019

Software utilizado para el modelamiento y visualización del comportamiento del flujo vehicular, permite un análisis de la capacidad y optimización de tiempos semafóricos. En la presente investigación se utilizó para realizar el modelamiento actual de las vías de estudio, así como el modelamiento en el escenario propuesto para realizar comparación de demoras y niveles de servicio.



figura 49 VISSIM 2019 educacional

Fuente: Elaboración propia (2019), VISSIM 2019 educacional

### 3.4.2.4. Software SYNCHRO 10

Synchro es un software Trafficware que permite modelar, optimizar, gestionar y simular los tiempos de semáforos en intersecciones y arterias viales a un nivel macroscópico.

Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del Highway Capacity Manual 2016, 6ª Edición.

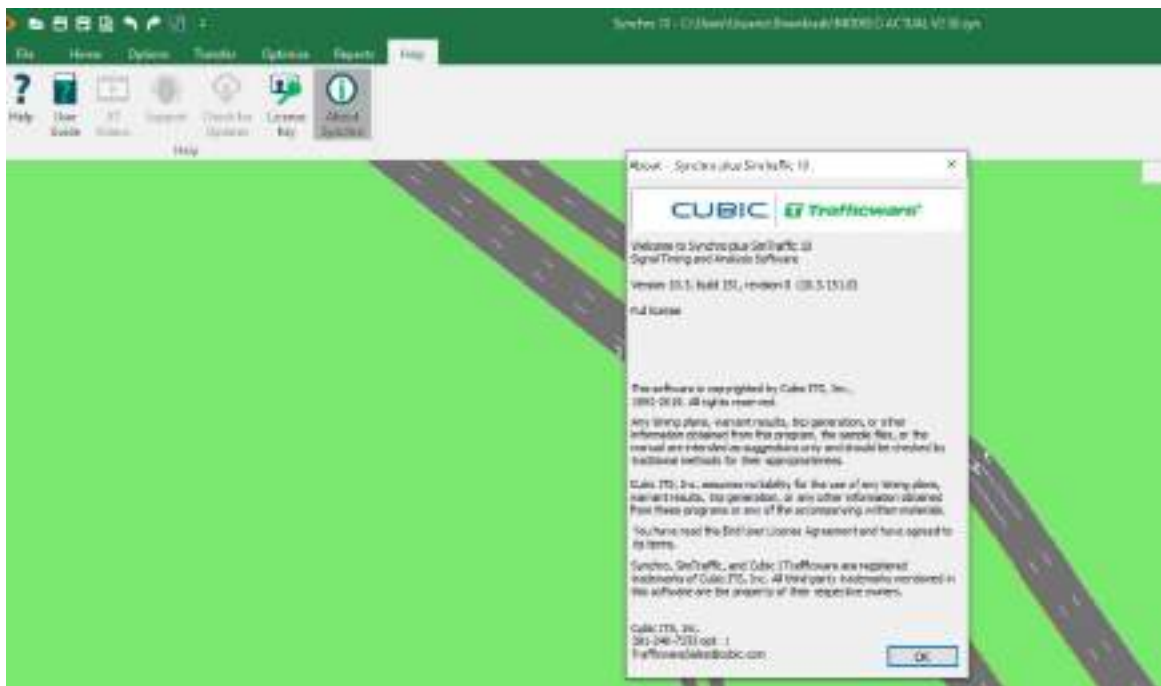


figura 50 SYNCHRO 10

Fuente: Elaboración propia (2019), SYNCHRO 10



### 3.4.2.5. Prisma

Es un aparato empleado para medición en topografía, tiene la forma circular, está constituido por un conjunto de cristales. Así, la función que cumplen dichos cristales es la de proyectar la señal EMD que produce la estación total.



*figura 51 Prisma*

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.6. Porta Prisma

Estructura de aluminio extensible hasta 2.6 metros y con un nivel esférico (ojo de pollo) calibrado.



*figura 52 Porta Prisma*

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.2.7. Trípode

Base que sirve de apoyo a la estación total.



*figura 53 Trípode*

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.8. Estación total.

Equipo electro-óptico que tiene la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles.



*figura 54 Estación total*

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.2.9. GPS.

Con este equipo pudimos determinar las coordenadas y altura de los BM.



*figura 55 GPS*

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.10. Cinta métrica metálica.

cinta fabricada a base de metal, para mediciones más precisas.



*figura 56 Cinta métrica metálica*

Fuente: Elaboración propia



### 3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

#### 3.5.1. Recolección de datos de la intersección 1: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito (semaforizada).

##### Equipos y/o herramientas

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

##### Procedimientos

##### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos.

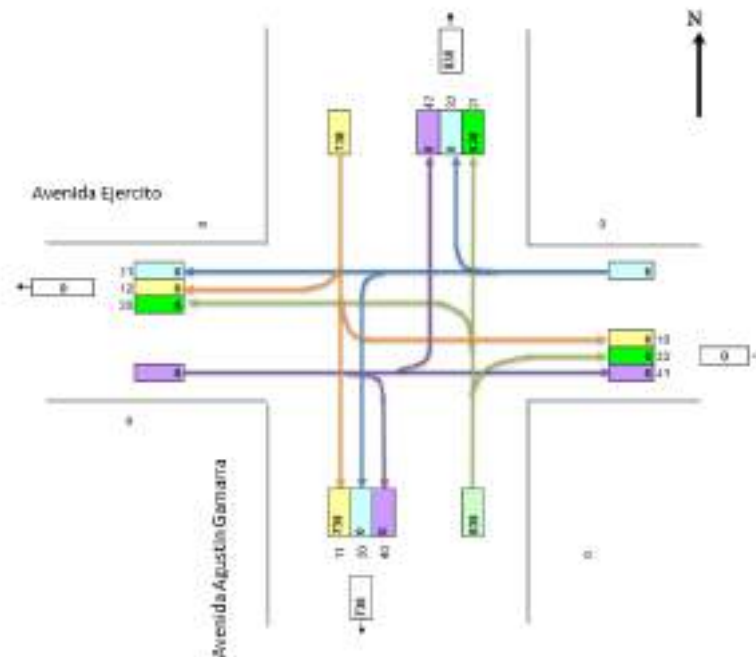


figura 57 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia





### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de las intersecciones en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

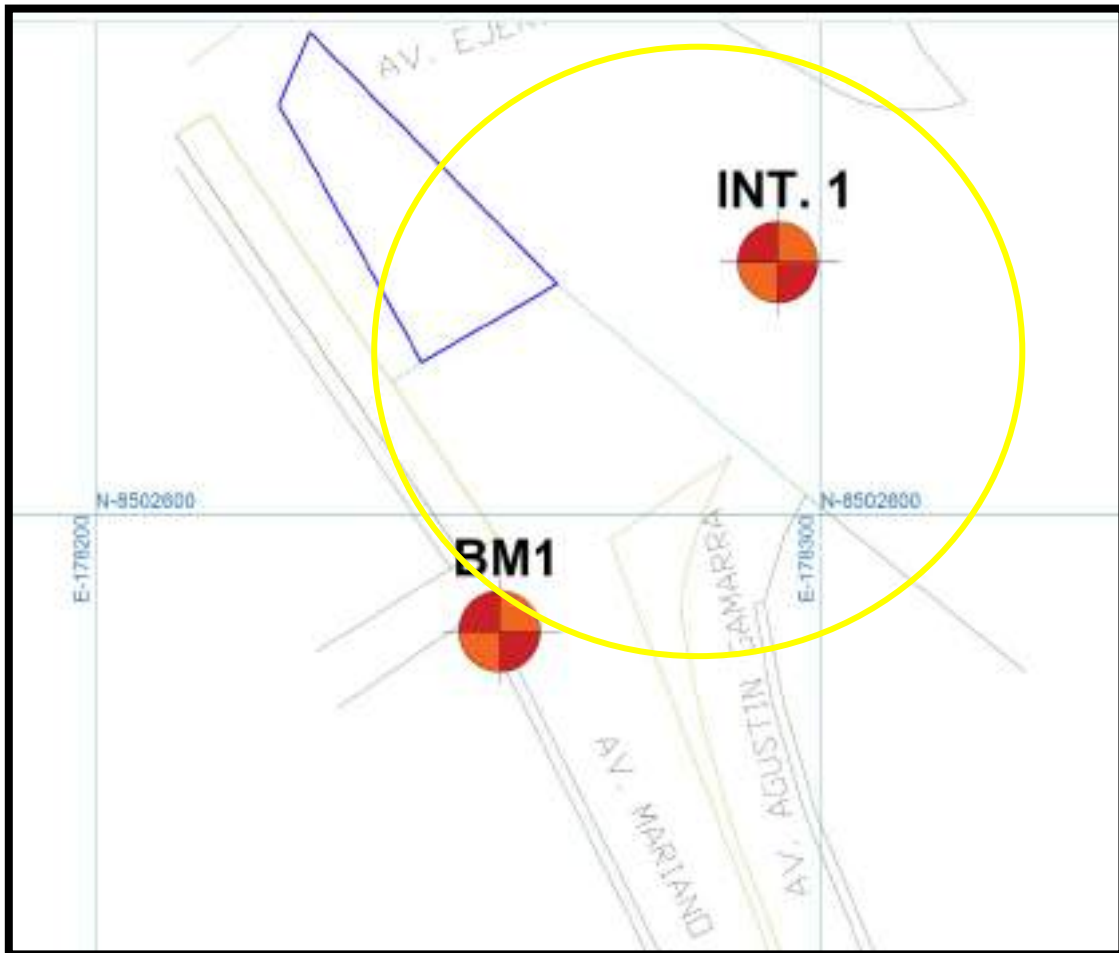


figura 58 identificación de la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército

Fuente: Elaboración propia

### Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, también consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.



Se realizó el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30 horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 59 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad,



un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 60 levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito*

Fuente: Elaboración propia



### **Recolección de las características semafóricas de la vía.**

Se realizó un inventario de las cantidades y ubicaciones de las señales de tránsito vertical y horizontal, así como las demarcaciones. De igual forma se obtuvo los tiempos en verde ámbar y rojo en cada semáforo de las intersecciones de las avenidas objeto del presente estudio.



*figura 61 recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito*

Fuente: Elaboración propia

### **3.5.2. Recolección de datos de la intersección 2: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (semaforizada).**

#### **Equipos y/o herramientas**

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica



### Procedimientos

#### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos.

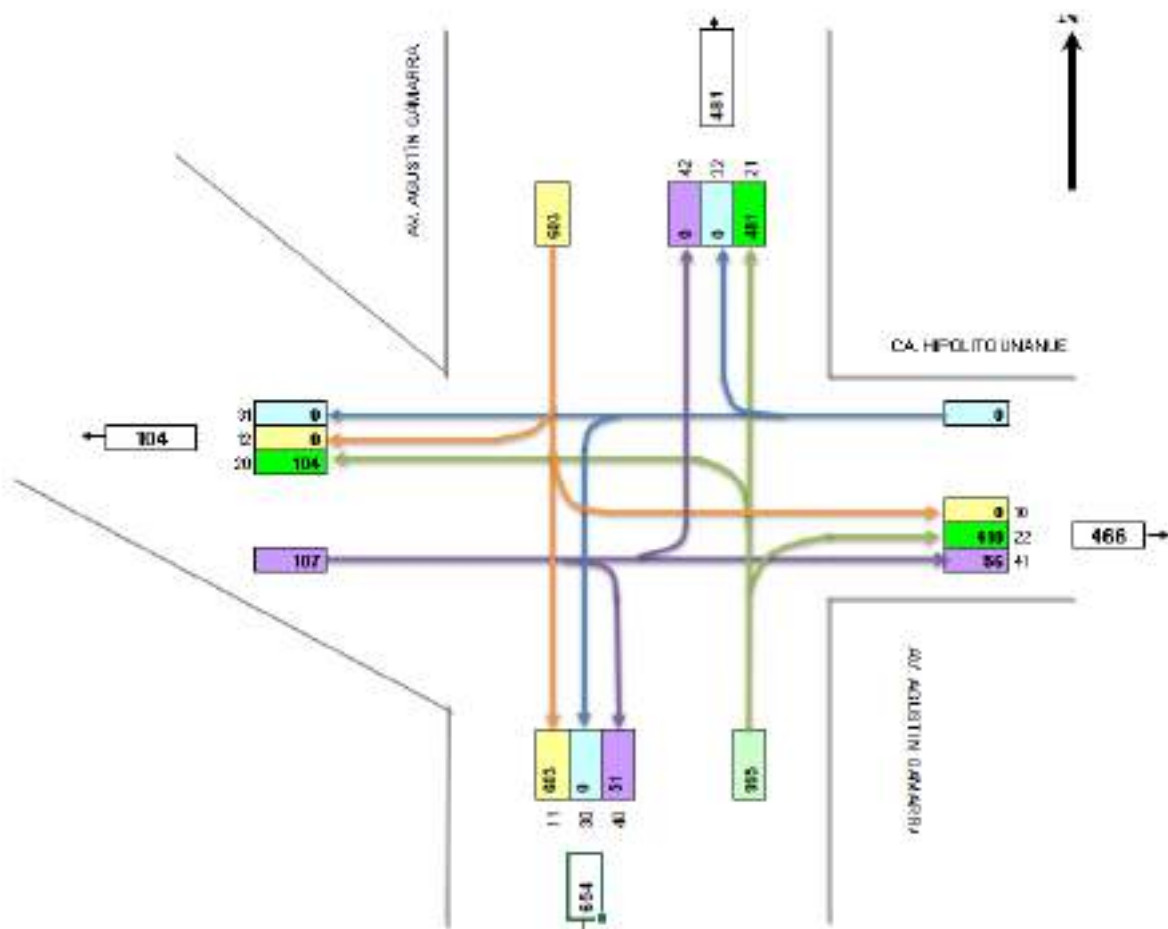
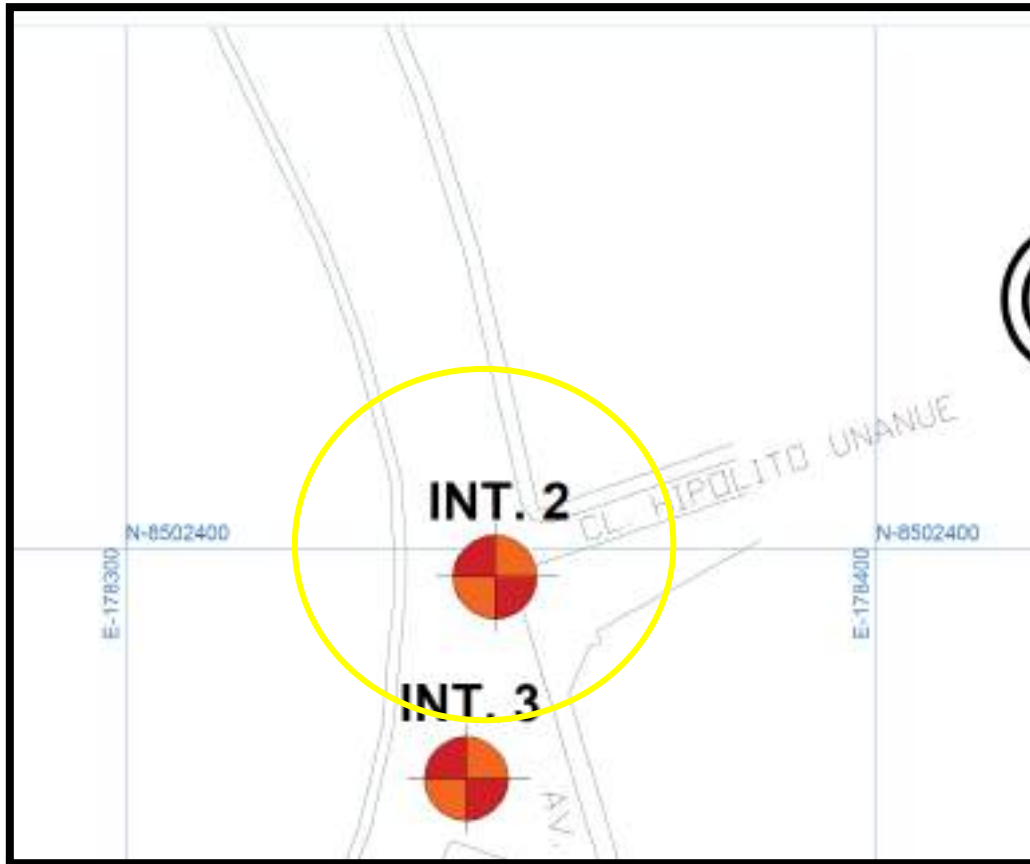


figura 62 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia

#### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.



*figura 63 identificación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de volúmenes vehiculares**

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizo el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 64 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad,



un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 65 levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características semafóricas de la vía.**

Se realizó un inventario de las cantidades y ubicaciones de las señales de tránsito vertical y horizontal, así como las demarcaciones. De igual forma se obtuvo los tiempos en verde ámbar y rojo en cada semáforo de las intersecciones de la de las avenidas objeto del presente estudio.





figura 66 recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia

### **3.5.3. Recolección de datos de la intersección 3: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla (semaforizada).**

#### **Equipos y/o herramientas**

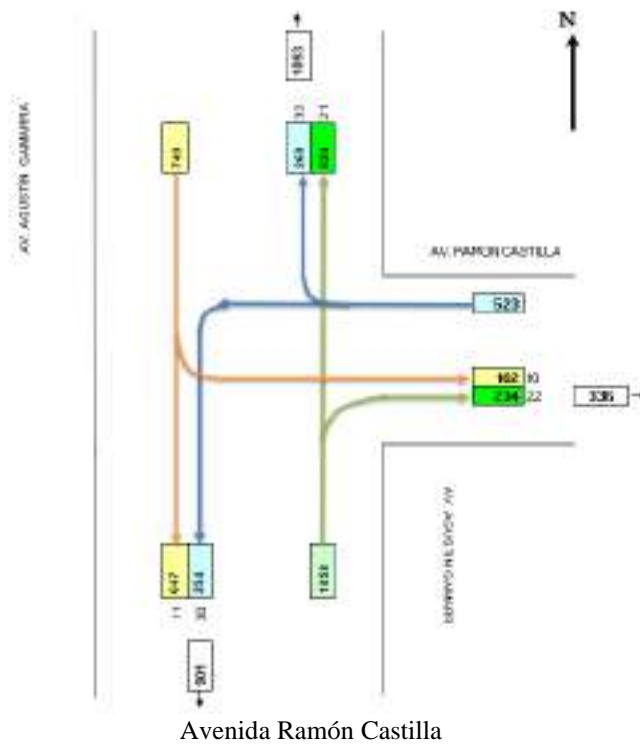
- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### **Procedimientos**

##### **Codificación de movimientos vehiculares**

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos.

figura 67 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra–



Fuente: Elaboración propia

### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

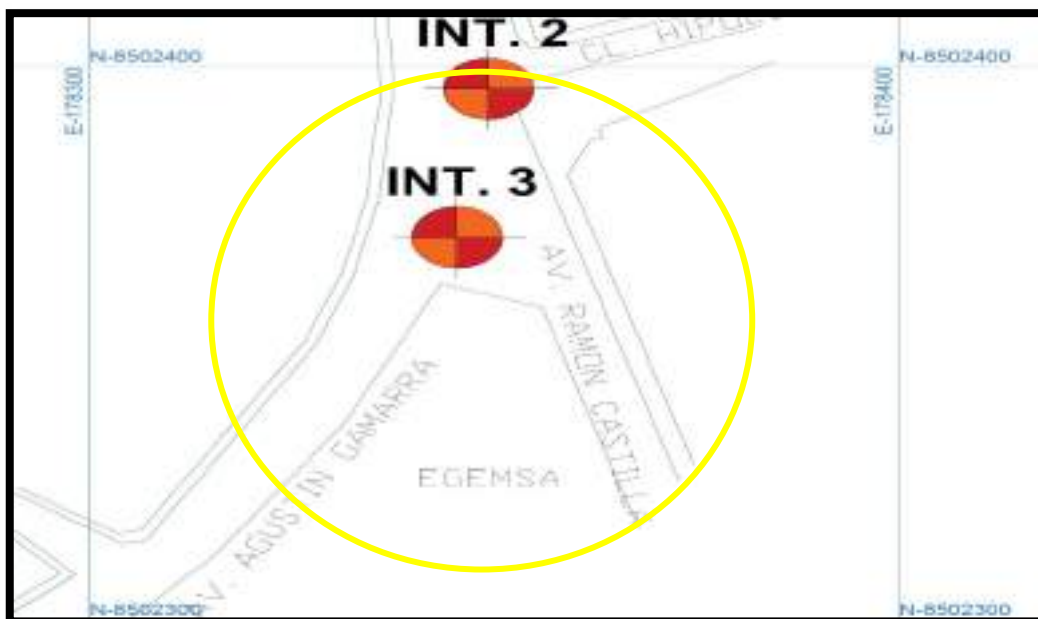


figura 68 identificación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia



### **Recolección de volúmenes vehiculares**

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizo el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 69 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vias, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.



También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 70 Levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue*

Fuente: Elaboración propia



### **Recolección de las características semafóricas de la vía.**

Se realizó un inventario de las cantidades y ubicaciones de las señales de tránsito vertical y horizontal, así como las demarcaciones. De igual forma se obtuvo los tiempos en verde ámbar y rojo en cada semáforo de las intersecciones de la de las avenidas objeto del presente estudio.



*figura 71 Recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue*

Fuente: Elaboración propia

### **3.5.4. Recolección de datos de la intersección 4: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional (no semaforizada).**

#### **Equipos y/o herramientas**

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica



## Procedimientos

### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos.

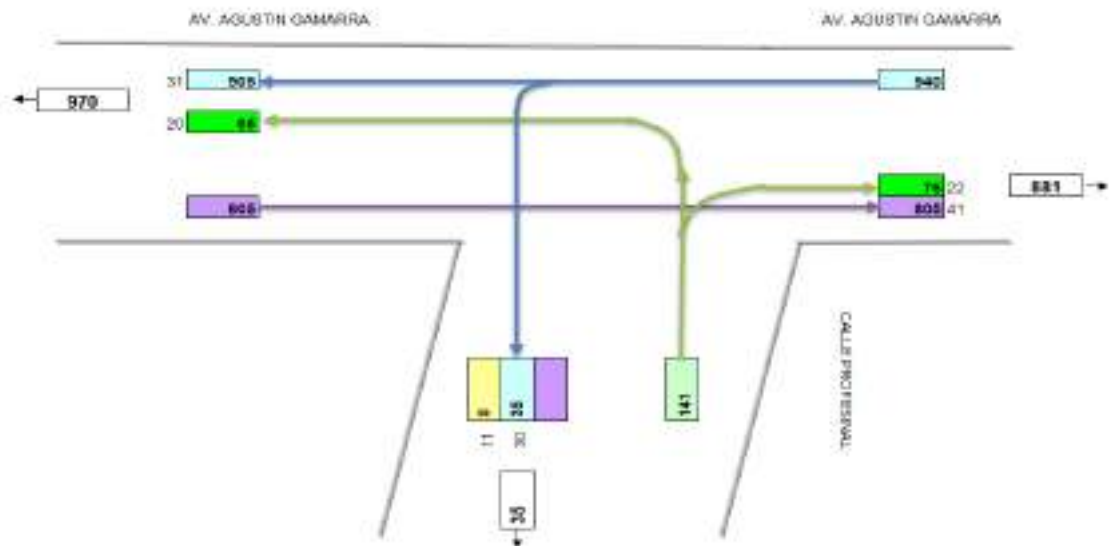


figura 72 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia

### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

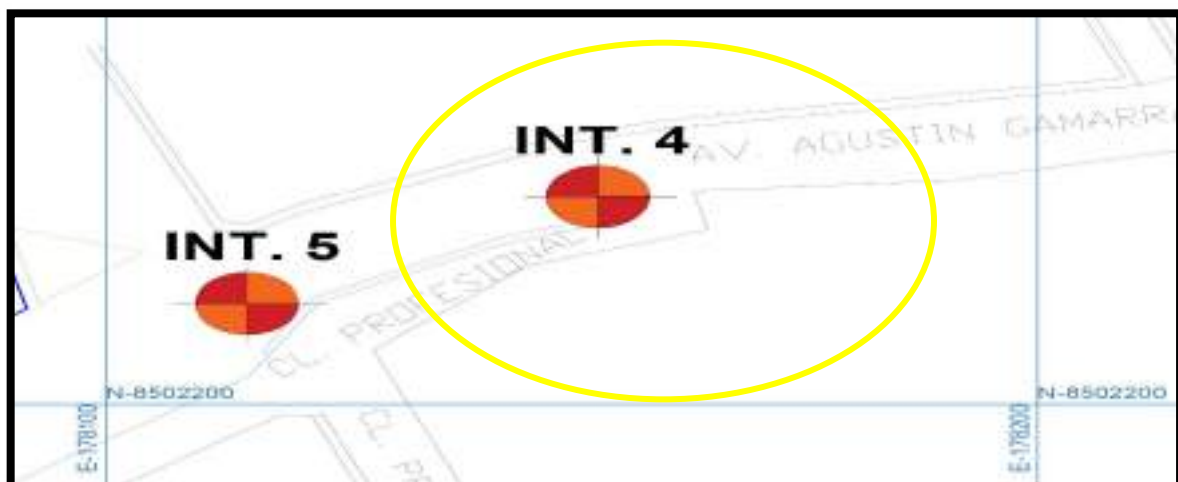


figura 73 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia



### **Recolección de volúmenes vehiculares**

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizo el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



figura 74 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vias, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.



También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 75 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional*

Fuente: Elaboración propia





### 3.5.5. Recolección de datos de la intersección 5: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada).

#### Equipos y/o herramientas

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### Procedimientos

#### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos.

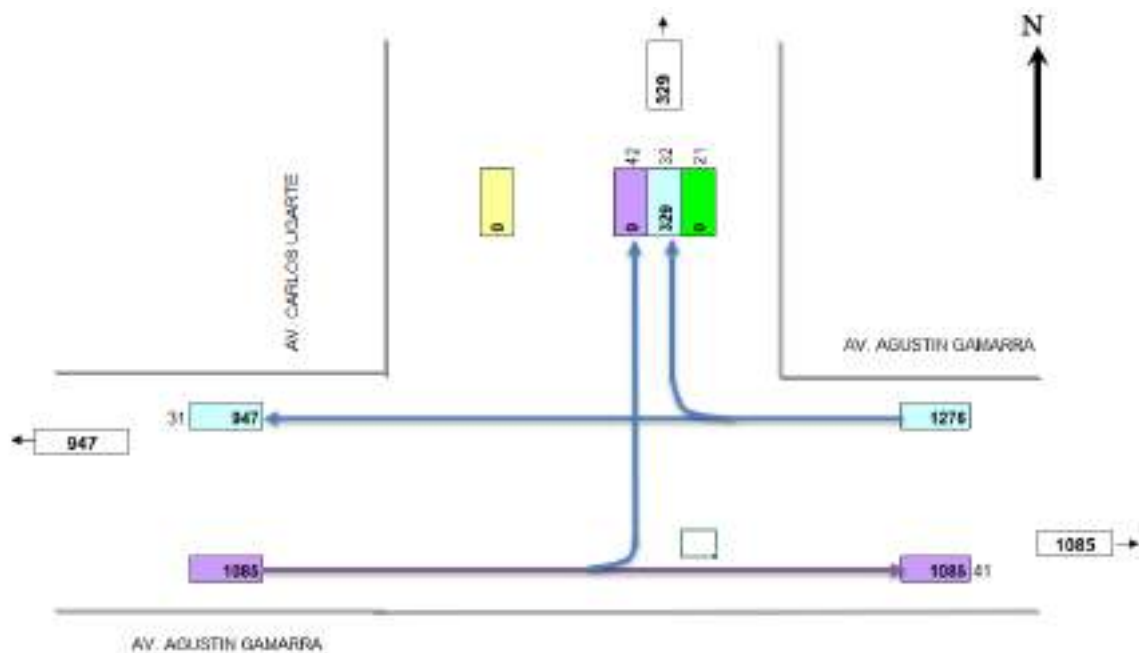


figura 76 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

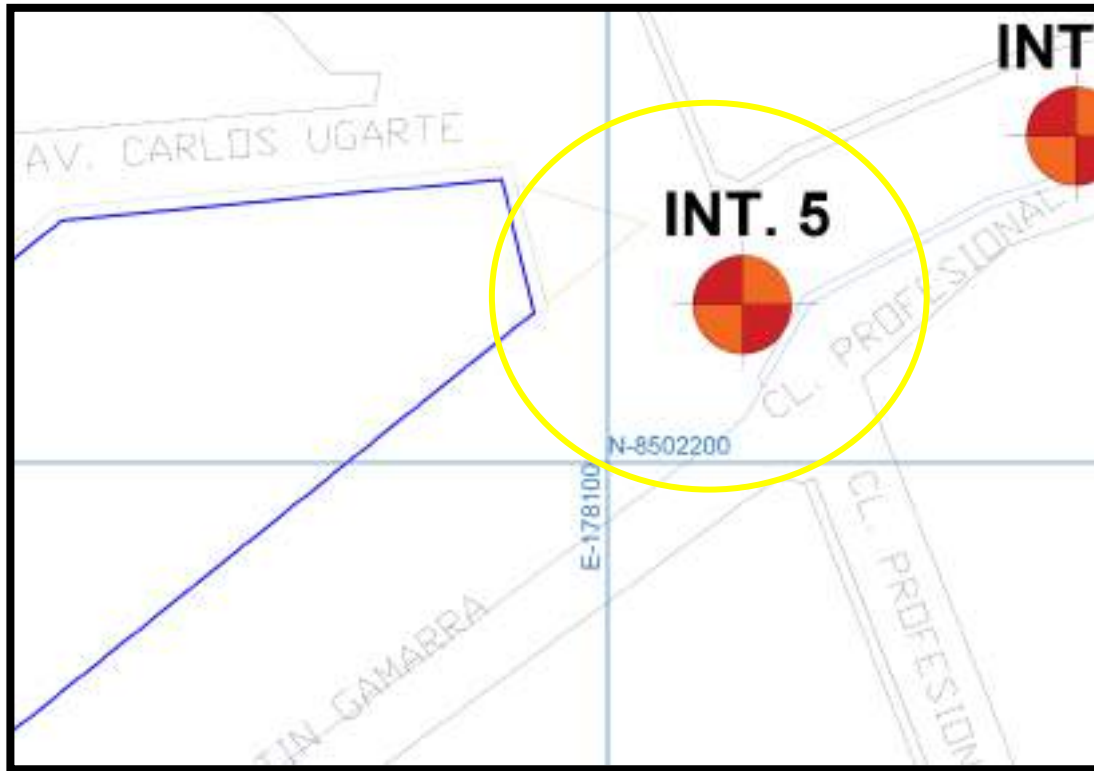


figura 77 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

### Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.



Se realizó el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30 horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 78 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad,



un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 79 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.6. Recolección de datos de la intersección 6: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada).

#### Equipos y/o herramientas

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### Procedimientos

#### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos.

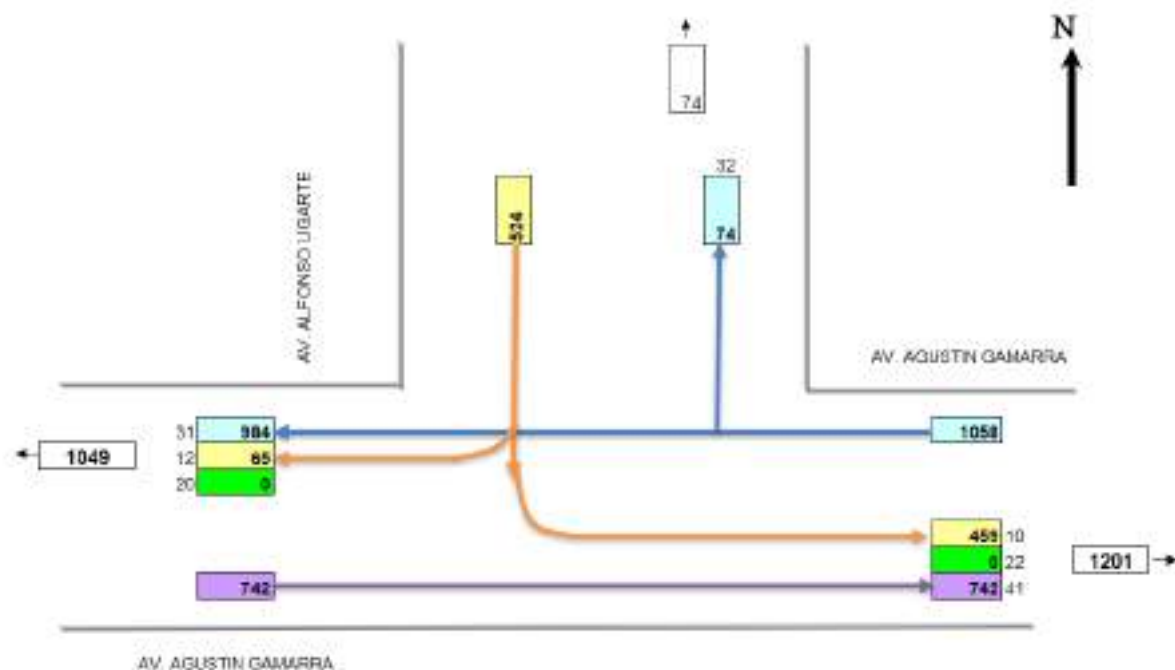


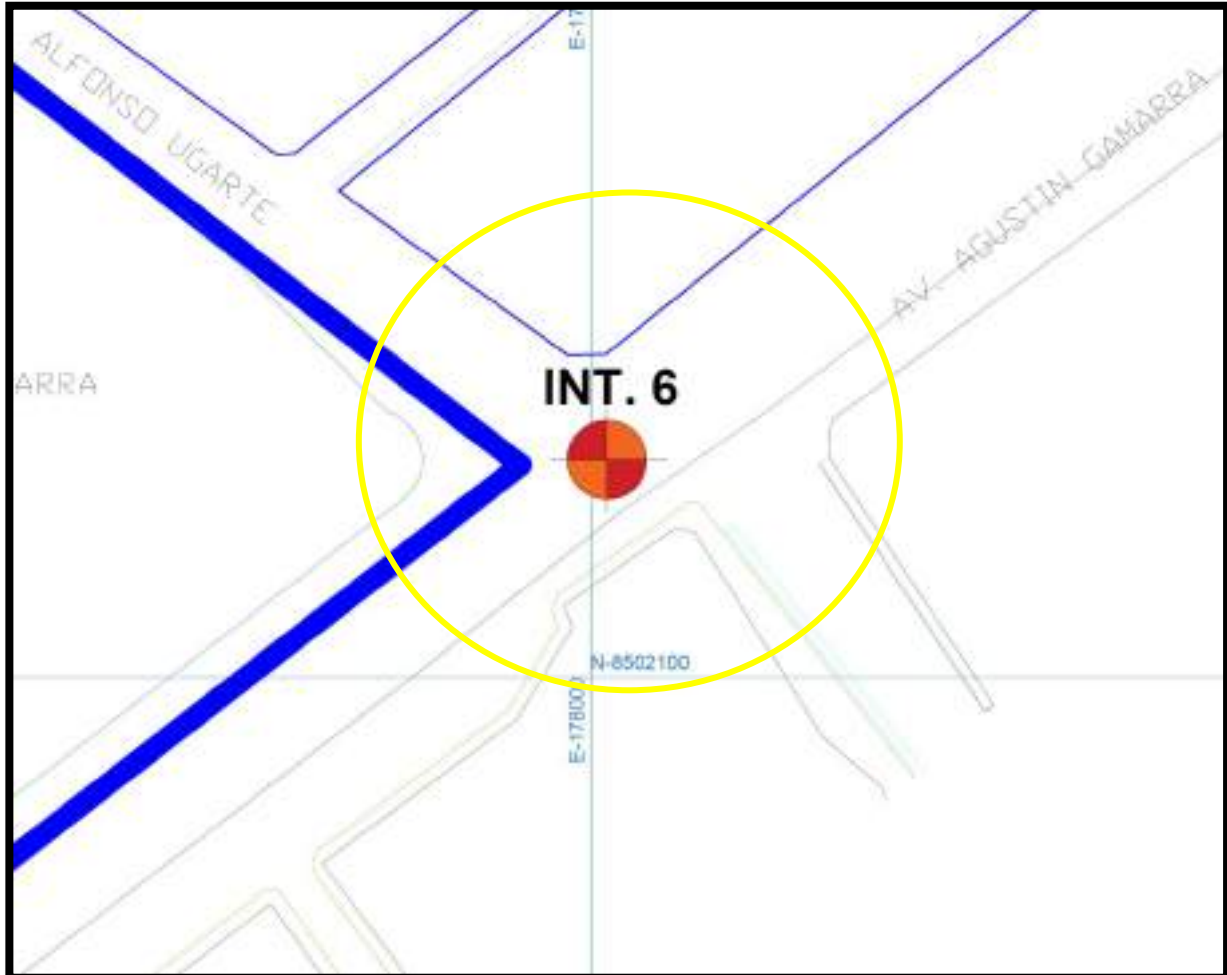
figura 80 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia



### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.



*figura 81 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia

### Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.



Se realizó el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30 horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 82 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un



terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 83 Levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia





### 3.5.7. Recolección de datos de la intersección 7: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (semaforizada).

#### Equipos y/o herramientas

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### Procedimientos

##### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos.

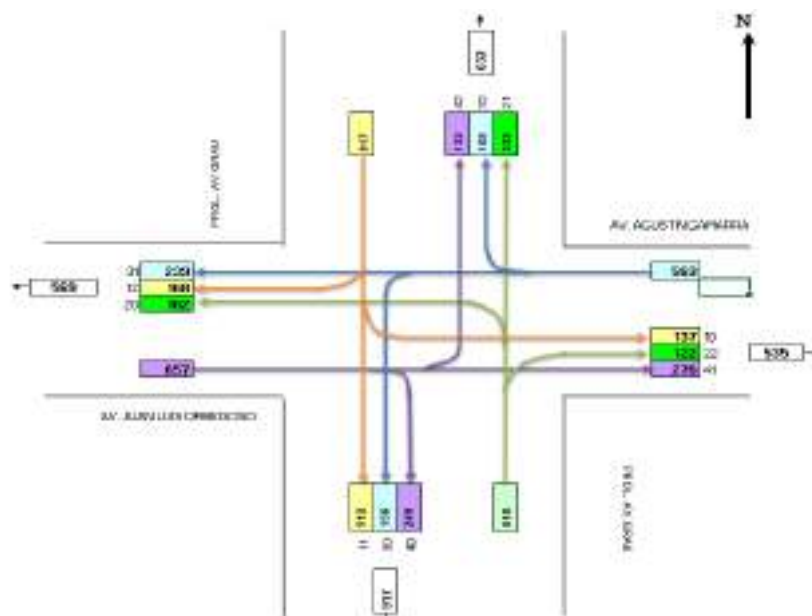


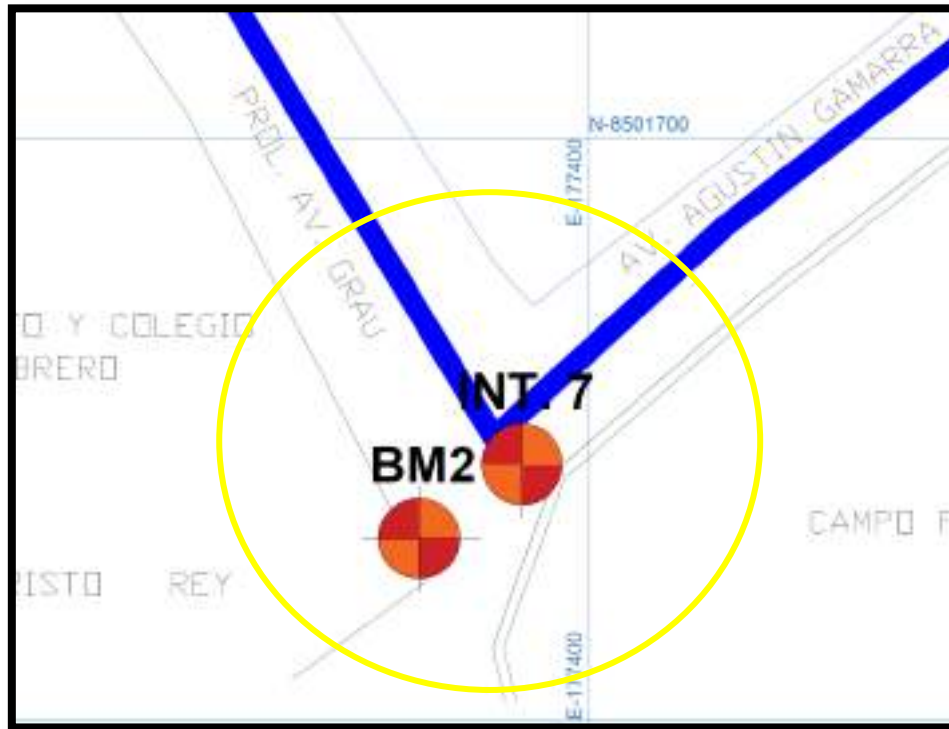
figura 84 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia



## Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.



*figura 85 identificación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau*

Fuente: Elaboración propia

## Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar



el día considerado como representativo. Se realizó el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30 horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 86 Aforo vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad,



un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 87 levantamiento topográfico en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau*

Fuente: Elaboración propia



### **Recolección de las características semafóricas de la vía.**

Se realizó un inventario de las cantidades y ubicaciones de las señales de tránsito vertical y horizontal, así como las demarcaciones. De igual forma se obtuvo los tiempos en verde ámbar y rojo en cada semáforo de las intersecciones de la de las avenidas objeto del presente estudio.



*figura 88 recolección de características semafóricas en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau*

Fuente: Elaboración propia

### **3.5.8. Recolección de datos de la intersección 8: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú (no semaforizada).**

#### **Equipos y/o herramientas**

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### **Procedimientos**

#### **Codificación de movimientos vehiculares**



Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilitó el procesamiento de datos.

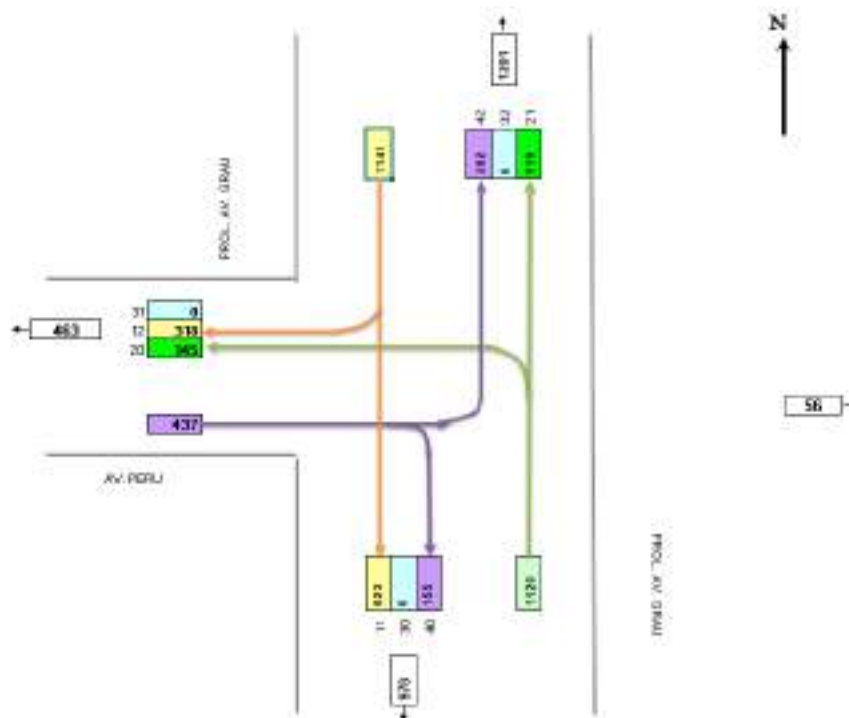


figura 89 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia

### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

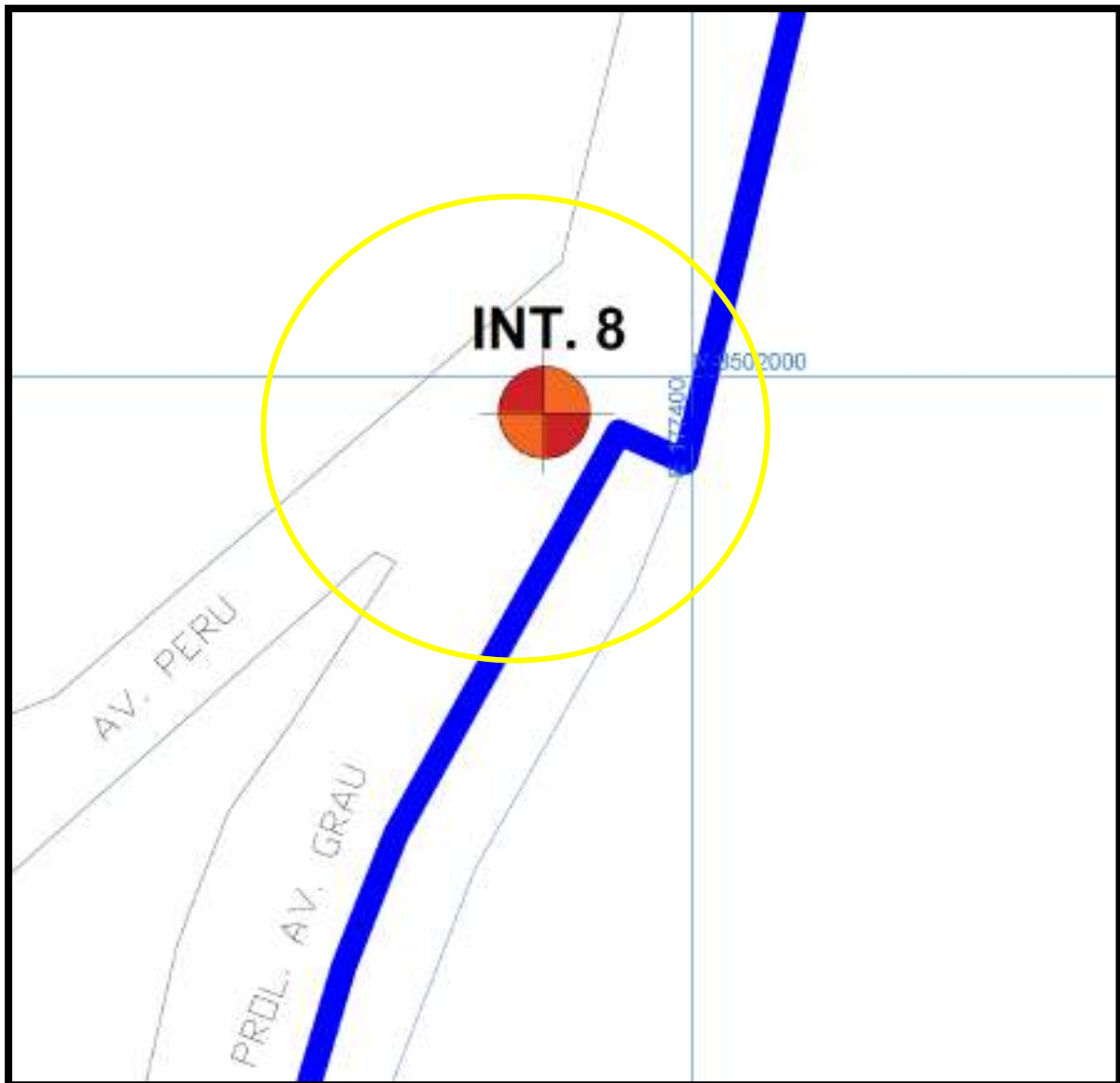


figura 90 Identificación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia

### Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizo el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 91 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad,





un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 92 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú*

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.9. Recolección de datos de la intersección 9: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte (no semaforizada).

#### Equipos y/o herramientas

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### Procedimientos

##### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilitó el procesamiento de datos.

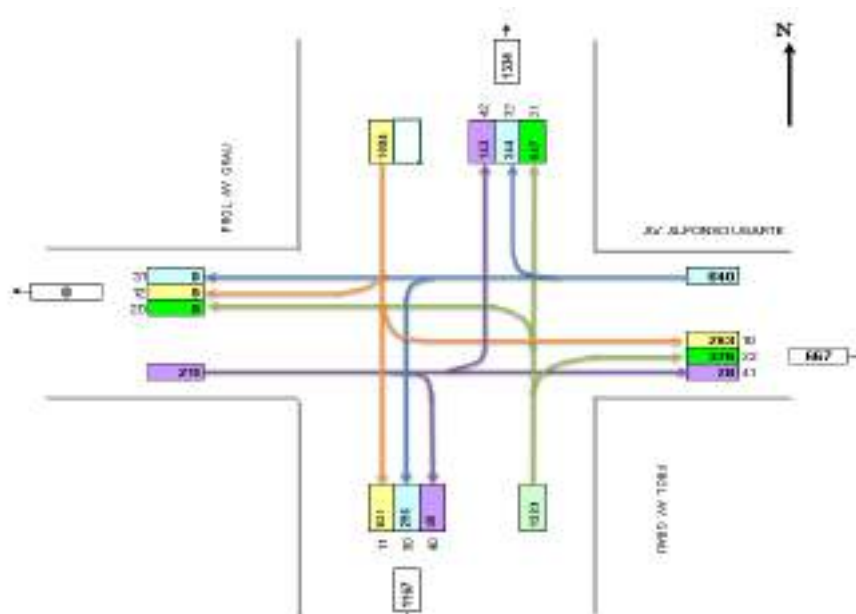


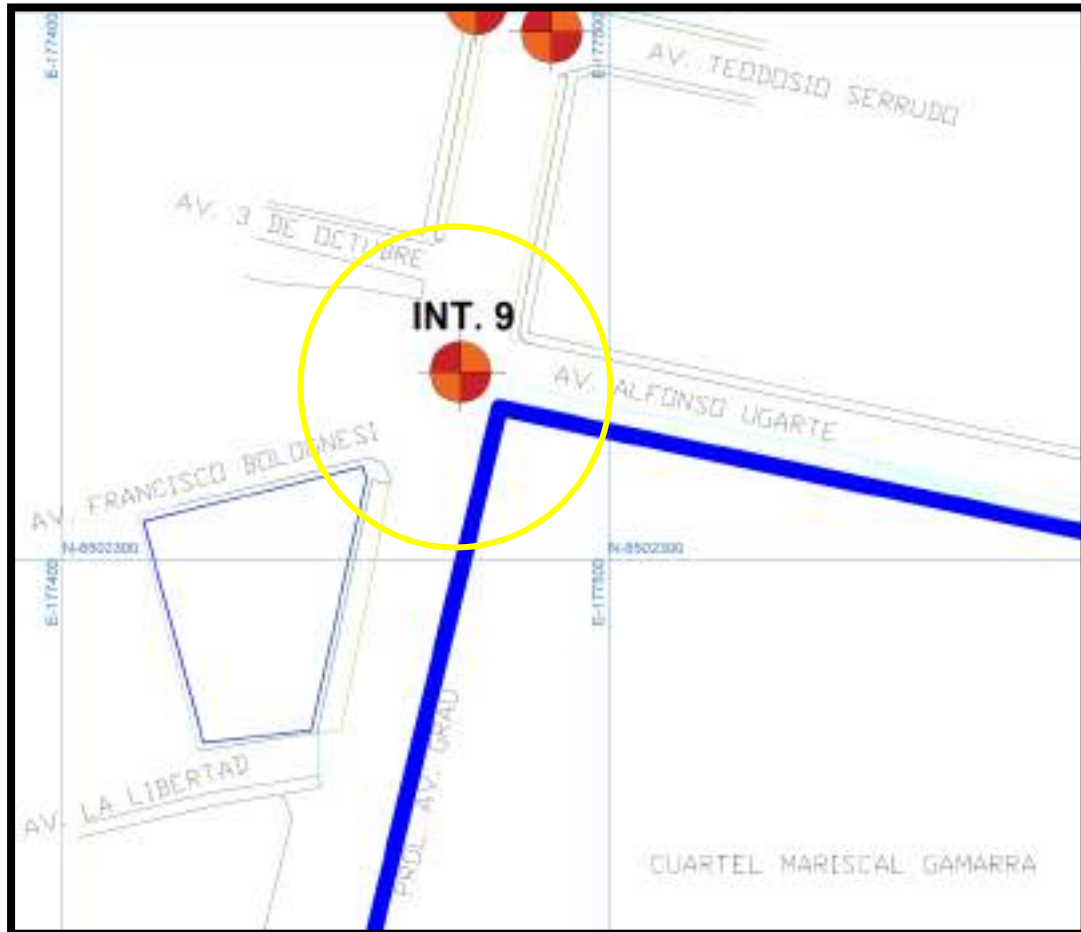
figura 93 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia



### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.



*figura 94 Identificación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia

### Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizo el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 95 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.



La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 96 Levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.10. Recolección de datos de la intersección 10: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena (no semaforizada).

#### Equipos y/o herramientas

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### Procedimientos

##### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilitó el procesamiento de datos.

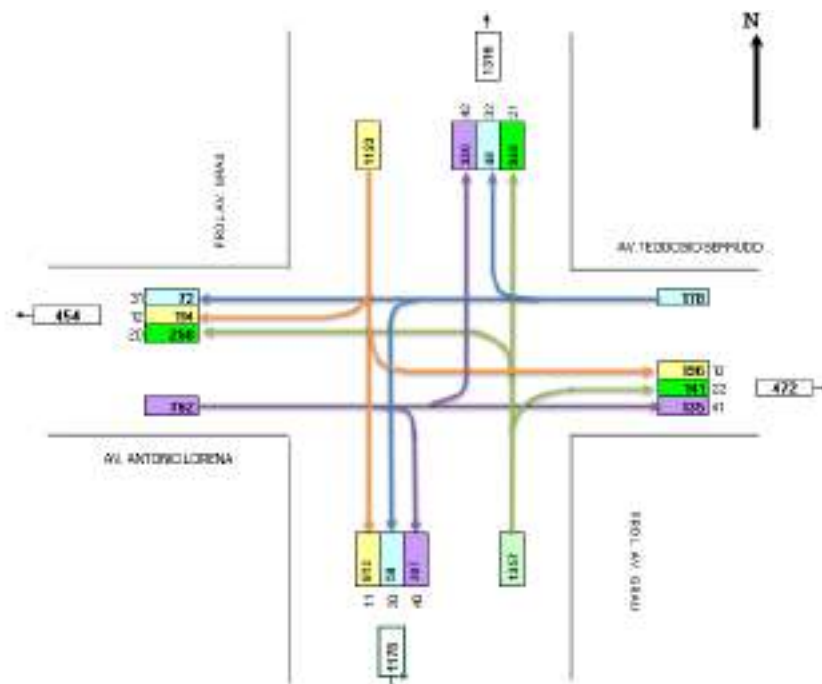


figura 97 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia



### Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

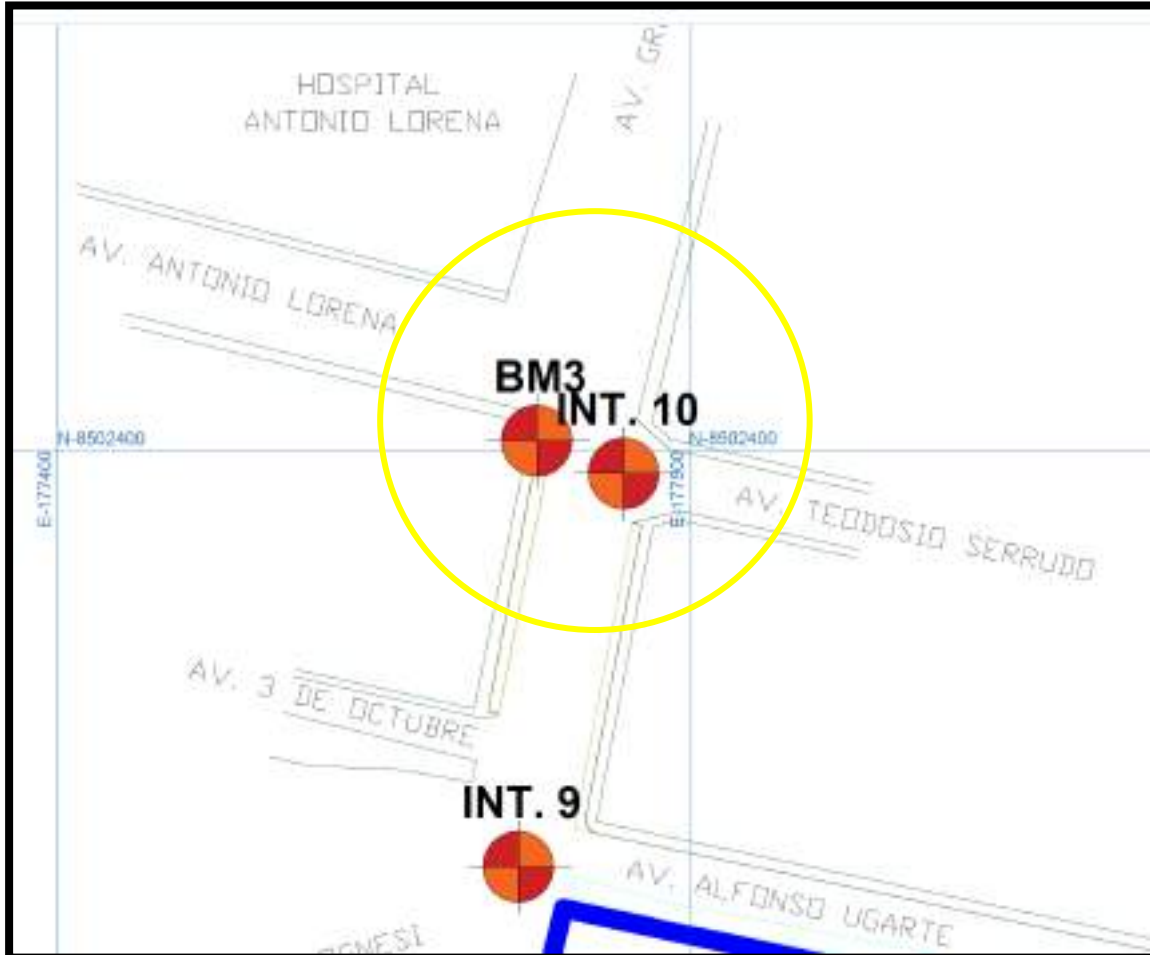


figura 98 identificación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia

### Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.



Se realizó el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30 horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 99 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitirá elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que





sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 100 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena*

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.11. Recolección de datos de la intersección 11: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte (no semaforizada).

#### Equipos y/o herramientas

- Estación total
- Prismas
- Trípode
- Wincha
- Celular
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara fotográfica

#### Procedimientos

#### Codificación de movimientos vehiculares

Para ello se procedió a clasificar el sentido de circulación de los vehículos, esto con el fin de identificar los giros existentes y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilitó el procesamiento de datos.

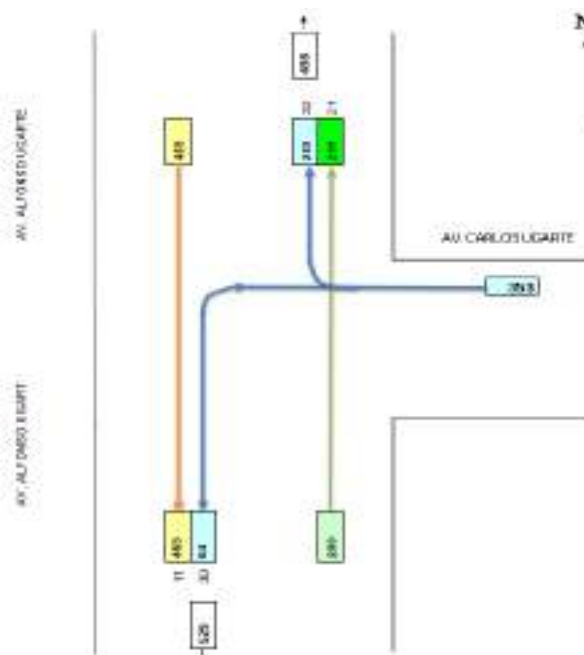


figura 101 Codificación de movimientos vehiculares en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia



## Identificación de Punto de Aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

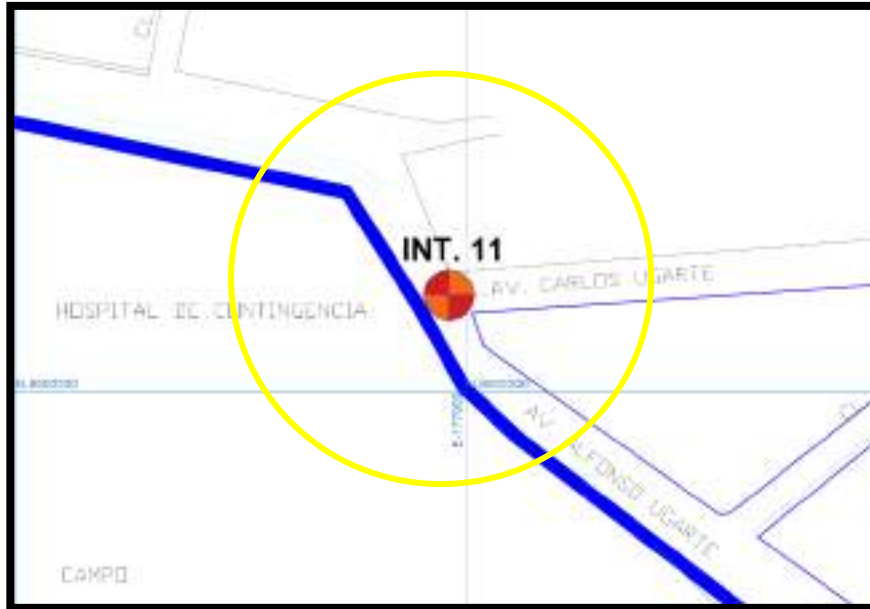


figura 102 identificación de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

## Recolección de volúmenes vehiculares

Para efecto de obtener un mejor calculo, se realizó una toma de data previa con cámaras, esto para determinar los horarios de mayor demanda vehicular, tambien consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana, en el mes de noviembre del 2019, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizo el conteo en los siguientes horarios: de 7:30 horas a 8:30 horas, de 12:30 horas a 13:30 horas y de 18:30 horas a 19:30horas. Buscando obtener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta.



*figura 103 Aforo vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia

### **Recolección de las características geométricas de la vía.**

La realización del levantamiento topográfico en nuestra tesis es necesaria para la determinación de las características geométricas en nuestra zona de estudio. Por ejemplo, es necesario para determinar principalmente las pendientes de nuestras vías, también mediante el levantamiento topográfico se determinó los anchos de calzadas, ancho de carriles, números de carriles y sentidos de circulación, características sustanciales para el desarrollo de nuestra investigación que es requerida por los programas del software Trafficware Synchro Studio 10 que usa la metodología del HCM 2016 y el software por micro simulación Traffic Simulation Software PTV Vissim.

También es una herramienta muy importante para la realización de cualquier estudio, para cuando se deben replantear los elementos principales y características de las vías que nos permitiera elaborar con precisión un mapa del terreno y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía en la ejecución, ya que permiten determinar la ubicación exacta y la medición sobre terreno en nuestra zona de estudio. Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad,



un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar.

La forma en que se realizó el trabajo en campo fue haciendo la medición con ayuda de una estación total, se identificó lo siguiente:

- Secciones de la vía
- Márgenes de secciones
- Ancho de calzada
- Amplitudes de veredas
- Las cantidades de carriles
- Pendientes % de calzada



*figura 104 levantamiento topográfico en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Procedimientos de análisis de datos**

#### **3.6.1. Importancia del levantamiento topográfico.**

El levantamiento topográfico es útil para:

- Determinar las características geométricas de las intersecciones.
- Poder realizar la señalización en los puntos de control (BM).

### 3.6.2. Puntos de control (BM)

Al realizar el levantamiento topográfico se defirieron puntos de control para un posterior replanteo, en el caso de que hubiese algún proyecto que modifique los anchos de calzada o características geométricas de la zona en estudio, ya que estos puntos fijos nos ayudaran a ubicarnos geográficamente, de tal manera que si se quiere hacer un proyecto a futuro tendremos una buena referencia geográfica.



*figura 105 Ubicación del BM 01 (UTM ZONA 19L 178255.70 m E 8502583.98 m N)*

Fuente: Elaboración propia



*figura 106 Ubicación del BM 02 (UTM ZONA 19 L 177376.60 m E 8501644.87 m N)*

Fuente: Elaboración propia



*figura 107 Ubicación del BM 03 (UTM ZONA 19 L 177475.78 m E 8502401.64 m N)*

Fuente: Elaboración propia

### **3.6.3. Análisis de Datos de las características geométricas de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la vía.**

Con ayuda de la estación total obtendremos las características geométricas de las intersecciones estudiadas, del mismo modo nos permitirá corroborar los datos que tenemos de un plano catastro oficial y autorizado de la zona, esto con el objetivo de minimizar el margen de error de la investigación.

#### **Pasos del levantamiento topográfico**


- **Primero:** Reconocimiento del terreno preliminar, para definir la poligonal de apoyo, que es una serie de líneas rectas que conectan los BM, de tal forma de que estos sean visibles entre sí.
- **Segundo:** Se monumentan o señalan los BM, estos son puntos establecidos en el paso anterior y son parte del itinerario del levantamiento.
- **Tercero:** Nos ubicamos sobre el BM 1 para estacionar el equipo topográfico (Estación total), este mismo que ya fue definido en el paso anterior, también tomamos los datos con el GPS del BM2.
- **Cuarto:** configuramos el equipo (leyca ts02) en la secuencia siguiente:



- A) ingresamos a “Menú”; seleccionamos “programas” y luego “Estacionar”
- D) seleccionamos “Configuración de Trabajo”; seguidamente seleccionamos “Nuevo”, para crear un nuevo trabajo; ingresamos el nombre del trabajo y luego seleccionamos “ok”
- E) Seleccionamos “Empezar”, y seleccionamos “método de orientación con Coordenadas”, ya que tenemos el BM2 definido. Ingresamos los datos tomados del GPS del BM1 y BM2; también ingresamos la altura del prisma.
- F) Visamos el BM2(vista atrás) para darle orientación al equipo
- **Quinto:** Una vez estacionados, seleccionamos la opción levantar y comenzamos con la toma de Data de los anchos de la vía en estudio para conocer las características geométricas de la intersección.
- **Sexto:** Para hacer un punto de cambio, nos situamos sobre el BM2, repetimos la secuencia “A”, del paso “Cuarto”; y seleccionamos “ok”, Para continuar con el trabajo, luego para orientar el equipo e ingresar la nueva altura instrumental repetimos la secuencia “E” y visamos el BM1(vista atrás) para darle orientación al equipo. Continuamos con la toma de datos.

Los datos obtenidos del levantamiento topográfico fueron procesados en gabinete; al mismo tiempo nos apoyamos en un plano catastro de la municipalidad provincial del Cusco, para llegar a los resultados que detallamos a continuación:


Tabla 20 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército (nodo 1)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército (nodo 1)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	4
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	12	12	12	12
PENDIENTE (%)	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%
NUMERO DE CARRILES	3	3	2	2
ANCHO DE CARRIL (m)	2	2	3	3

Fuente: Elaboración propia




Tabla 21 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (nodo 2)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (nodo 2)			
DIA	17/11/2019		Nº DE CARRILES	6
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	O-E	
ANCHO DE CALZADA (m)	12	12	5.4	
PENDIENTE (%)	0.06%	0.06%	1.7%	
NUMERO DE CARRILES	2	2	2	
ANCHO DE CARRIL (m)	3	3	2.7	

Fuente: Elaboración propia


Tabla 22 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla (nodo 3)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla (nodo 3)			
DIA	17/11/2019		Nº DE CARRILES	6
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	12	12	2.7	2.7
PENDIENTE (%)	0.06%	0.06%	1.7%	1.7%
NUMERO DE CARRILES	2	2	1	1
ANCHO DE CARRIL (m)	3	3	2.7	2.7

Fuente: Elaboración propia




Tabla 23 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional (nodo 4)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional (nodo 4)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	6
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	2.3	2.3	12	12
PENDIENTE (%)	4.2%	4.2%	0.6%	0.6%
NUMERO DE CARRILES	1	1	2	2
ANCHO DE CARRIL (m)	2.3	2.3	3	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte (nodo 5)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte (nodo 5)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	6
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	E-O	O-E	
ANCHO DE CALZADA (m)	3.6	3.6	12	
PENDIENTE (%)	0.4%	0.5%	0.5%	
NUMERO DE CARRILES	2	2	2	
ANCHO DE CARRIL (m)	3.6	3	3	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte (nodo 6)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte (nodo 6)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	6
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	3.6	3.6	12	12
PENDIENTE (%)	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%
NUMERO DE CARRILES	1	1	2	2
ANCHO DE CARRIL (m)	3.6	3.6	3	3


Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Características geométricas de la vía en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (nodo 7)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (nodo7)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	12
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	7.2	7.2	7.2	7.2
PENDIENTE (%)	0.5%	0.5%	0.3%	0.3%
NUMERO DE CARRILES	2	2	2	2
ANCHO DE CARRIL (m)	3.6	3.6	3.6	3.6


Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú (nodo 8)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Prolongación Avenida Grau – Avenida Peru (nodo 8)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	6
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	7.2	7.2	3.6	3.6
PENDIENTE (%)	1.9%	1.9%	1.0%	1.0%
NUMERO DE CARRILES	2	2	1	1
ANCHO DE CARRIL (m)	3.6	3.6	3.6	3.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte (nodo 9)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte (nodo 9)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	8
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	12	12	3.6	3.6
PENDIENTE (%)	0.7%	0.7%	1.6%	1.6%
NUMERO DE CARRILES	2	2	1	1
ANCHO DE CARRIL (m)	3	3	3.6	3.6

Fuente: Elaboración propia



Tabla 29 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena (nodo 10)

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena (nodo 10)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	14
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	O-E
ANCHO DE CALZADA (m)	12	12	12	12
PENDIENTE (%)	2.4%	2.4%	2.2%	2.2%
NUMERO DE CARRILES	2	2	2	2
ANCHO DE CARRIL (m)	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Características geométricas de la vía en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte (nodo 11)


	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"			
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO			
INTERSECCION:	Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte (nodo 11)			
DIA	17/11/2019		N° DE CARRILES	6
SENTIDO DE CIRCULACION	S-N	N-S	E-O	
ANCHO DE CALZADA (m)	3.6	3.6	3.6	
PENDIENTE (%)	0.9%	0.9%	0.4%	
NUMERO DE CARRILES	1	1	2	
ANCHO DE CARRIL (m)	3.6	3.6	3.6	

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4. Análisis de Datos de las características semafóricas de las intersecciones semaforizadas de la vía


Se hizo el inventario en las intersecciones semaforizadas, se codifico y se obtuvo los siguientes tiempos en rojo ámbar y verde:

Tabla 31 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a sur, norte a este y norte a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito (nodo1)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	SW-N,N-SW
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:	39	
	AMBAR:	3	
	VERDE:	56	


Fuente: Elaboración propia

Tabla 32 Características semafóricas de la vía en el sentido de sur a norte, sur a este y sur a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito (nodo1)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	SE-NW,NW-SE
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:	61	
	AMBAR:	3	
	VERDE:	34	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a sur en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (nodo 2)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	N-S
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:	77	
	AMBAR:	3	
	VERDE:	18	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a este en la intersección semaforizada:  
Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

	"ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue (nodo 2)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	S-N,S-E
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:		22
	AMBAR:		3
	VERDE:		73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Características semafóricas de la vía en el sentido de oeste a norte y de oeste a sur en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

	"ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla (nodo 3)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	S-N,S-SW
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:		60
	AMBAR:		3
	VERDE:		35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36 Características semafóricas de la vía en el sentido de sur a norte y de sur a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

	"ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla (nodo 3)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	N-S,S-SW,SW-S,SW-S,SW-N
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:		40
	AMBAR:		3
	VERDE:		55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Características semafóricas de la vía en el sentido de este a norte, de este a sur y de este a oeste en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (nodo7)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	S-N,N-S
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:		33
	AMBAR:		3
	VERDE:		37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Características semafóricas de la vía en el sentido de norte a este, norte a oeste y de norte a sur en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

	"ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS PRINCIPALES INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y NO SEMAFORIZADAS DE LA AVENIDA AGUSTIN GAMARRA Y PROLONGACION AVENIDA GRAU; APLICANDO LA METODOLOGIA DETERMINISTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2016 Y MICROSIMULACION CON VISSIM 2019"		
TESISTAS:	FRANK ZAPANA HUALLPARIMACHI OJEDA QUISPE JOSEPH MARIO		
INTERSECCION:	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau (nodo7)		
DIA: 21/11/2019	MODELO ACTUAL	CODIFICACION	E-W,W-E
TIEMPO DE SEMAFORIZACION (segundos)	ROJO:		48
	AMBAR:		3,5
	VERDE:		82

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.5. Conteo de tránsito

#### Factores de unidad de coche patron (UCP):

Los conteos vehiculares registrados en cada intersección estudiada se agruparon en los formatos de campo, con la respectiva clasificación de vehículos según el MTC, y para homologar el efecto sobre el tráfico de cada uno de los diferentes tipos de vehículos se utiliza la unidad llamada UCP (Unidad Coche Patrón) que es la unidad equivalente a una unidad de vehículo liviano (auto).





Tabla 39 Factores para considerar la unidad de coche patrón (UPC)

MOTO	0.33
AUTOS	1
PICK UP	1
BUS	2
BUS TRANSPORTE	2
CAMION LIGERO	3
CAMION MEDIANO	3.5
CAMION PESADO	4
CAMION ARTICULADO	4.5

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.6. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

#### Determinación de la variación diaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.

Tabla 40 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	8344	8304	8309	8291	8324	8332	8299

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.



figura 108 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones.

De la figura 88 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito.

Tabla 41 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

VOLUMENES HORARIOS	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
	2790	2773	2781

Fuente: Elaboración propia



### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 109 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones.

De la figura 89 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

### Determinación de la composición vehicular.

#### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 42 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	69	624	36	0	9	118	674	0	352	75	24	0	26	300	60	0
PICK UP	15	9	12	0	2	12	34	0	86	14	5	0	7	22	3	0
BUS	0	12	0	0	0	0	13	0	10	0	8	0	17	0	0	0
BUS TRANSPORTE	0	6	0	0	0	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	0	15	0	0	8	30	14	0	0	0	0	0	27	1	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	6	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	9	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	84	672	48	0	19	165	756	0	448	89	37	0	86	323	63	0
UCP	84	738	48	0	35	235	838	0	458	89	45	0	184	325	63	0
TOTAL INTERSECCIÓN		2790														
UCP INTERSECCION		3142														

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

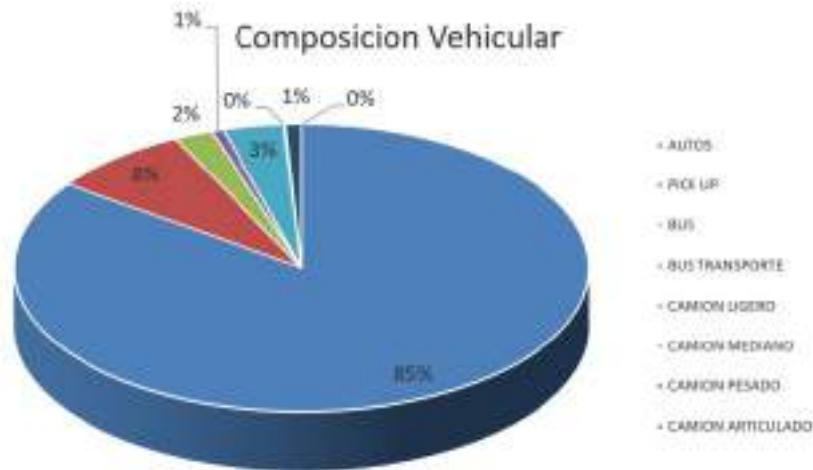


figura 110 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

En la figura 113, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

### Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.

#### Procesamiento.

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 43 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	710	693	707	680

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

FHP=	N60/4N15
N60=	2790
N15=	710
FHP=	0.982
VHMD N15=	697.5

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.



figura 111 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.982. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 30.

**Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulacion SYNCHRO 10.**

**Procesamiento.**

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

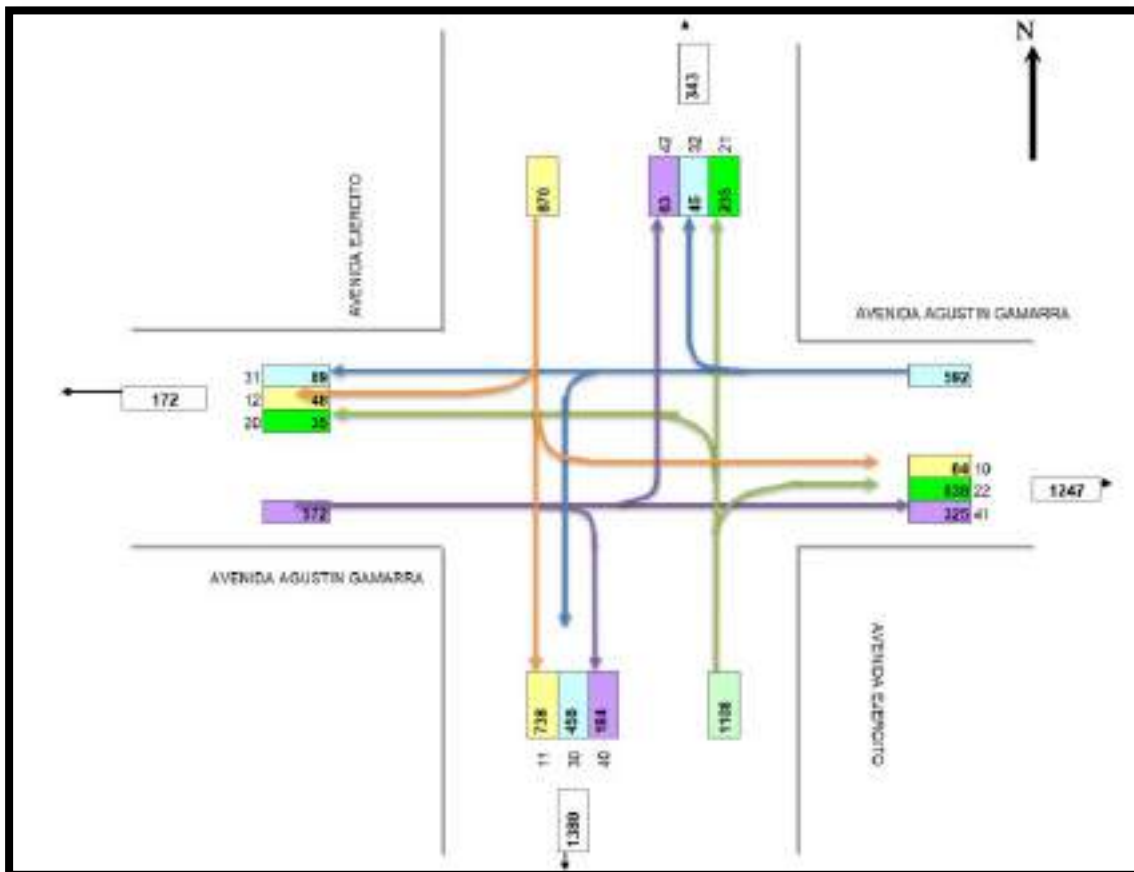


figura 112 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

(AVE) (ETIQUETA)	MOV	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT
Tráfico Total (veh)	57	225	134	458	89	45	44	738	46	0	231	628		
Street Name														
Link Distance (ft)		745		460			471			341				
Link Speed (mph)		31		31			31			31				
See school zone and school		58		58			58			58				
Signal Type (s)		78.4		18.7			5.3			7.8				
Max (veh) Flow (veh)	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Link v-M (ft)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Grade (%)		0		0			0			0				
Area (sq ft)		0		0			0			0				
Storage Length (ft)		0		0			0			0				
Storage Length (m)														
Right Turn (veh)		Note		Note			Note			Note				
Left Turn (ft)														
Adj. Lane (ft)														
Link Utilization Factor	1.00	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Right Turn Factor		0.807		1.000	0.800		1.000	0.800		0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Left Turn Factor (veh)		0.800		0.800	0.800		0.800	0.800		0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Estimated Flow (veh)		174		170	170		252	250		202	244			
Left Turn Factor (veh)		0.802		0.800	0.800		0.800	0.800		0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Right Turn Like Factor		1.000		1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Left Turn Factor		1.000		1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Estimated Flow (veh)		169		169	170		243	243		243	244			
Right Turn on Red														
Estimated Flow (veh)		40		0	40		0	40		40	40			
Link is Hidden														
Hide Name in Node Title														

figura 113 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

PASO 3: se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.

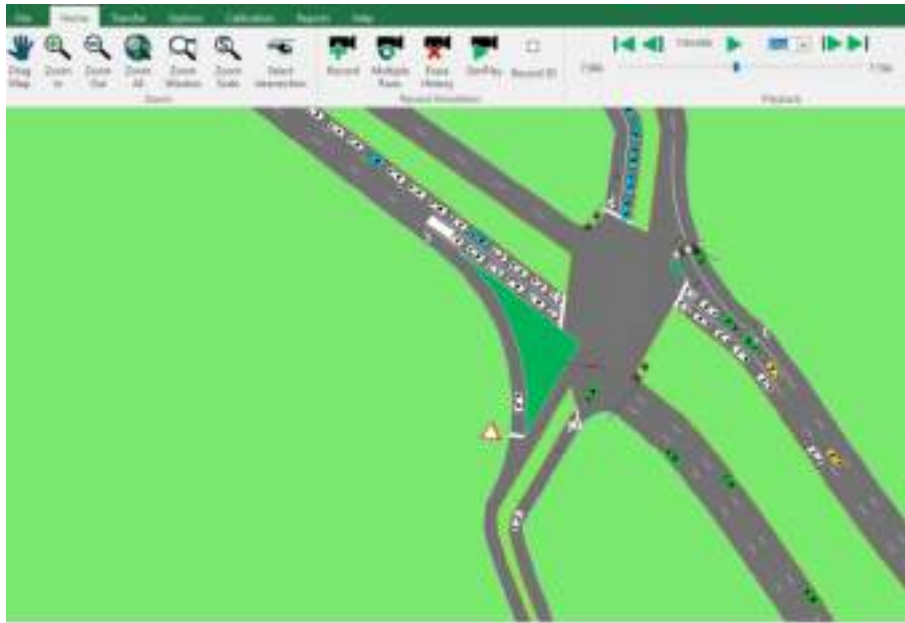


figura 114 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



**PASO 4:** Se realiza una simulación.



*figura 115 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito*

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

### **Microsimulación con el software VISSIM 2019.**

#### **Procesamiento.**

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor BingMapsTemsOfUsage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



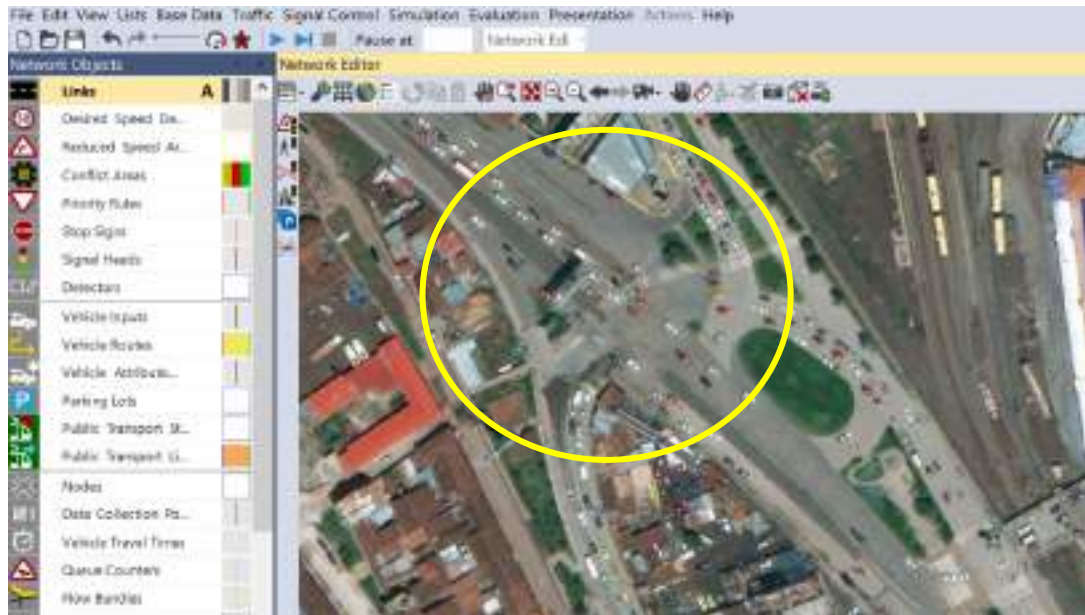


figura 116 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



figura 117 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejército

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.7. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

#### Determinación de la variación diaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.

Tabla 45 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	4533	4488	4491	4477	4507	4518	4479

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente gráfico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.



figura 118 gráfico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones.

De la figura 121 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue.

Tabla 46 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito

Unanue

VOLUMENES HORARIOS	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
	1518	1504	1511

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente gráfico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 119 gráfico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones.

De la figura 120 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el gráfico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

### Determinación de la composición vehicular.

#### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 47 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	16	367	0	0	0	720	58	0	0	0	0	0	38	43	2	0
PICK UP	10	45	0	0	0	15	14	0	0	0	0	0	13	13	0	0
BUS	0	12	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	3	26	0	0	0	30	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	22	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	29	480	0	0	0	822	78	0	0	0	0	0	51	56	2	0
UCP	35	618	0	0	0	1005	90	0	0	0	0	0	51	56	2	0
TOTAL INTERSECCIÓN		1518														
UCP INTERSECCION		1857														

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

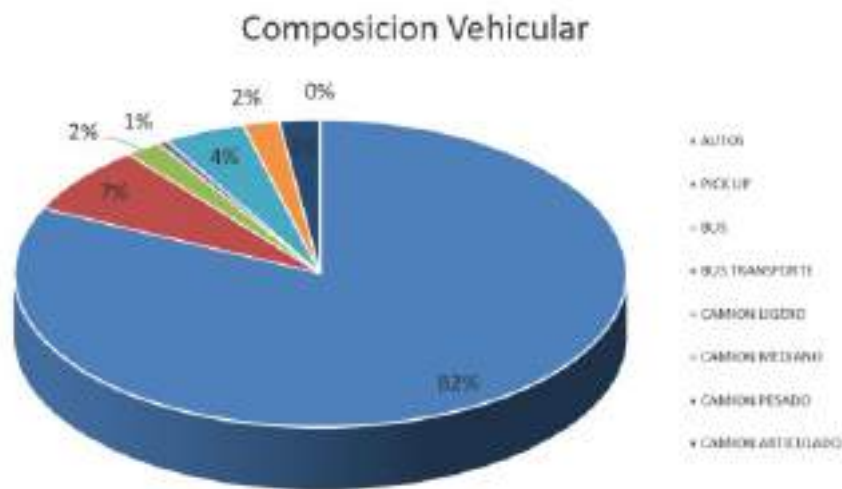


figura 120 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusión.

En la figura 121, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.



### Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.

#### Procesamiento.

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 48 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito

Unanue

VOLUMEN ES CADA	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	369	371	380	398

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra –

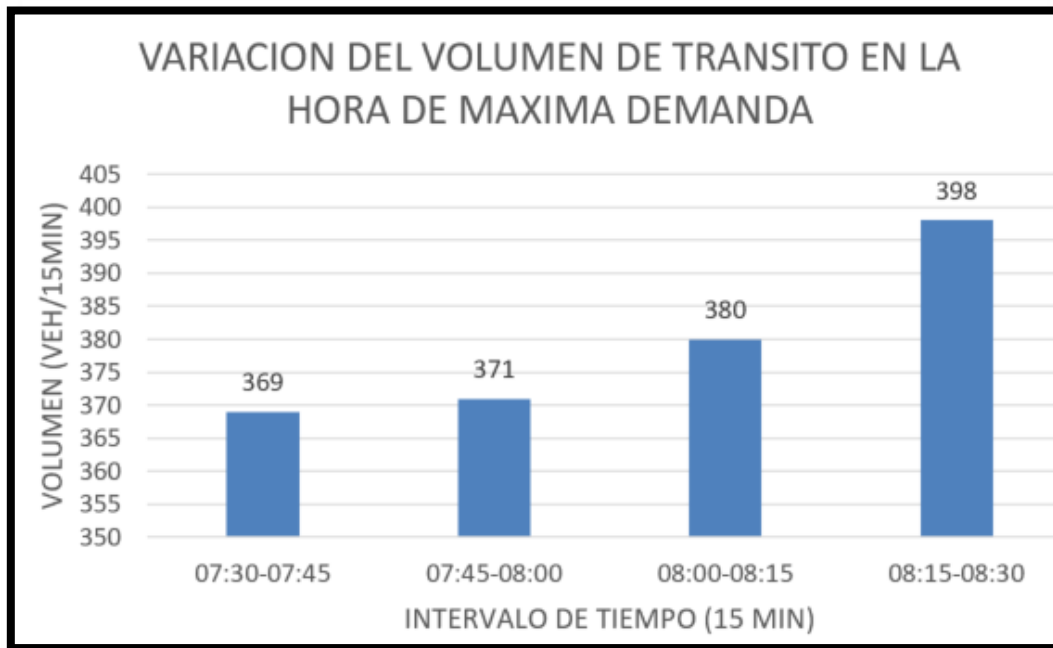
Calle Hipólito Unanue

FHP=	N60/4N15
N60=	1518
N15=	369
FHP=	1.028
VHMD N15=	379.5

Fuente: Elaboración propia



**Diagrama.**



*figura 121 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue*

Fuente: Elaboración propia

**Conclusión.**

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 1.028. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 49.

**Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.**

**Procesamiento.**

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.



**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.



figura 124 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.



figura 125 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor BingMapsTemsOfUsage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



figura 126 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



figura 127 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.8. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.

Tabla 50 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	5968	5919	5935	5923	5949	5942	5913

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.



figura 128 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones.

De la figura 129 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección Semaforizada Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla.

Tabla 51 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

VOLUMENES HORARIOS	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
	1996	1982	1990

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 129 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia



### Conclusiones.

De la figura 130 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

### Determinación de la composición vehicular.

#### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 52 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	26	394	0	0	0	641	29	0	384	0	205	0	0	0	0	0
PICK UP	4	31	0	0	0	56	6	0	56	0	19	0	0	0	0	0
BUS	0	12	0	0	0	7	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	0	18	0	0	0	27	0	0	24	0	15	0	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	22	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	30	483	0	0	0	739	35	0	470	0	239	0	0	0	0	0
UCP	30	603	0	0	0	824	35	0	524	0	269	0	0	0	0	0
TOTAL INTERSECCIÓN		1996														
UCP INTERSECCION		2285														

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

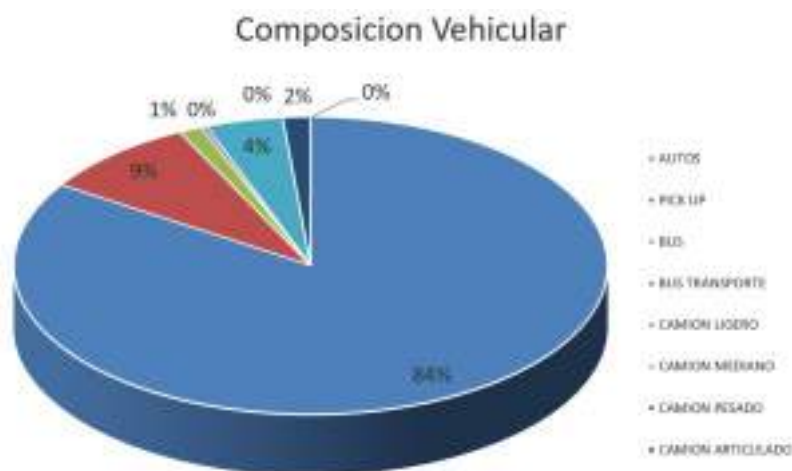


figura 130 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

En la figura 131, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 53 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla Fuente:

VOLUMEN ES CADA	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	488	509	509	490

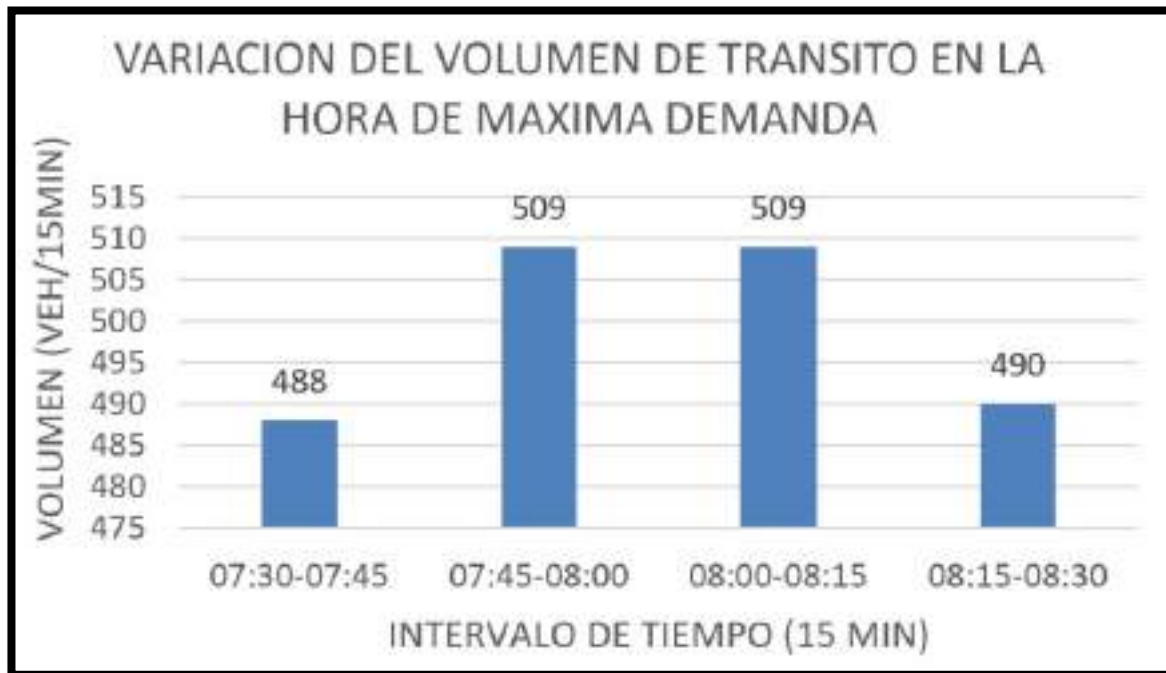
Elaboración propia

Tabla 54 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

FHP=	N60/4N15
N60=	1996
N15=	509
FHP=	0.980
VHMD N15=	499.0

Fuente: Elaboración propia

**Diagrama.**



*figura 131 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla*

Fuente: Elaboración propia

**Conclusión.**

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.980. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 54.

**Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.**

**Procesamiento.**

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles de la intersección

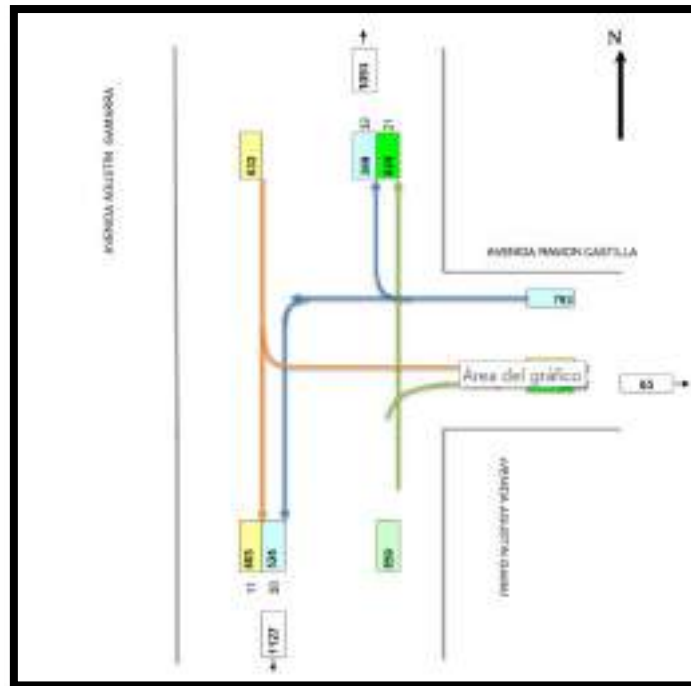


figura 132 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 112.

Parameter	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5	Value 6
Total Volume (veh/h)	1078	380	404	36	36	400
Green Ratio						
Lane Extension (ft)	48		172			50
Lane Speed (mph)	3		3			3
Det. Delay (sec)	10		10			10
Truck Factor (%)	30.0		30.0			30.0
Ideal Sat. Flow (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Lane Width (ft)	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	0		0			0
Area Type (ft <sup>2</sup> )						
Message Length (ft)	30	30		30	30	
Message Length (ft)	1					
Right Turn (Diverging)		None		None		None
Calc. Factor (ft)						
Adj. Factor (ft)						
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	1.000	0.800	1.000	0.800		1.000
Left Turn Factor (sat)	0.500	1.000	1.000	1.000		0.500
Calculated Flow Rate (sat)	1778	1563	1563	1563		1475
Left Turn Flow Rate (sat)	889	1.000	1.000	1.000		889
Right Ped Side Factor	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000
Left Ped Factor	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000
Calculated Flow Rate (ped)	1778	1563	1563	1563		1563
Right Turn as Ped						
Saturated Flow Rate (RTDP)	0	156	0	0		0
Lane Is Pedded						
Right-Side as Right Turn						

figura 133 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.



figura 134 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.



figura 135 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)





## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor BingMapsTemsOfUsage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.

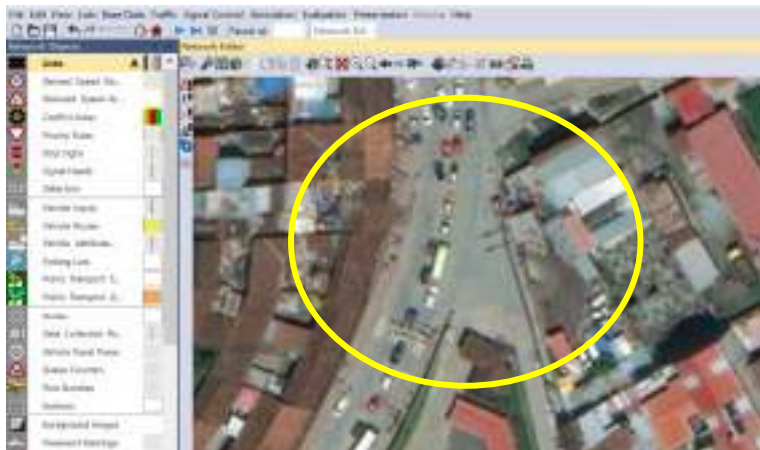


figura 136 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



figura 137 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.9. Análisis de datos para la Intersección no Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección no Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.

Tabla 55 Volúmenes diarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	6612	6577	6582	6563	6588	6596	6570

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.

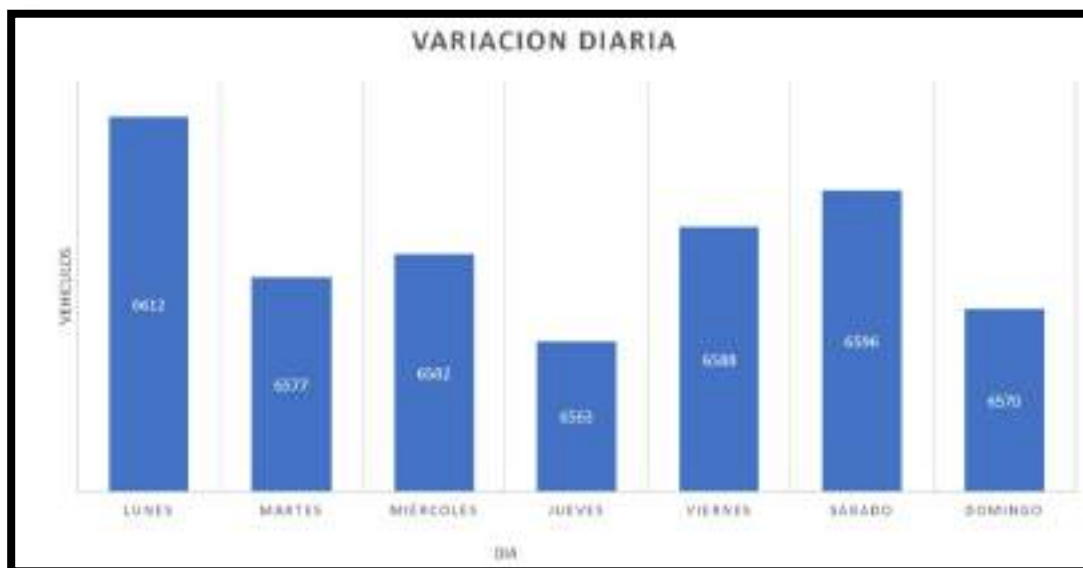


figura 138 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones.

De la figura 139 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección no Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional.

Tabla 56 Volúmenes horarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

VOLUMENES	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
HORARIOS	2208	2198	2206

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 139 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones.

De la figura 140 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

## Determinación de la composición vehicular.

### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 57 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	388	0	0	0	53	0	55	0	27	659	0	0	0	647	0	0
PICK UP	61	0	0	0	12	0	21	0	8	61	0	0	0	54	0	0
BUS	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	13	0	0
BUS TRANSPORTE	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	6	0	0
CAMION LIGERO	25	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	7	0	0
CAMION MEDIANO	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0
CAMION PESADO	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	5	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	510	0	0	0	65	0	76	0	35	783	0	0	0	739	0	0
UCP	628	0	0	0	65	0	76	0	35	905	0	0	0	805	0	0
TOTAL INTERSECCIÓN		2208														
UCP INTERSECCION		2514														

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

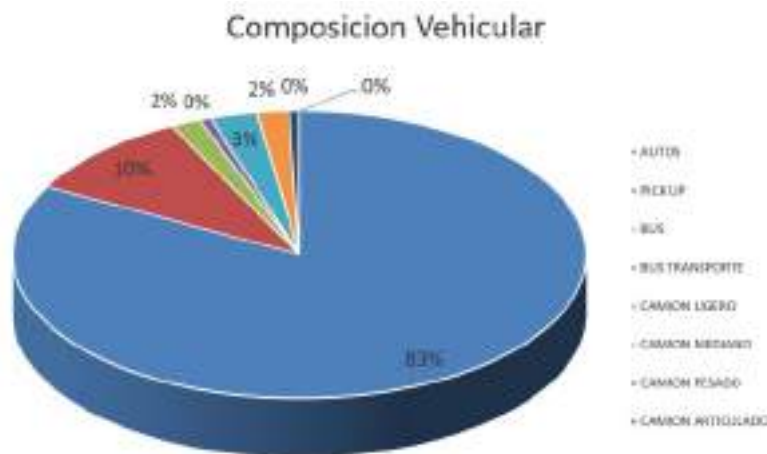


figura 140 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

En la figura 141, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.



**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 58 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle

Profesional

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	545	574	539	550

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra –

Calle Profesional

FHP=	N60/4N15
N60=	2208
N15=	574
FHP=	0.962
VHMD N15=	552.0

Fuente: Elaboración propia

**Diagrama.**



*figura 141 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional*

Fuente: Elaboración propia

**Conclusión.**

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.962. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 59.

**Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.**

**Procesamiento.**

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

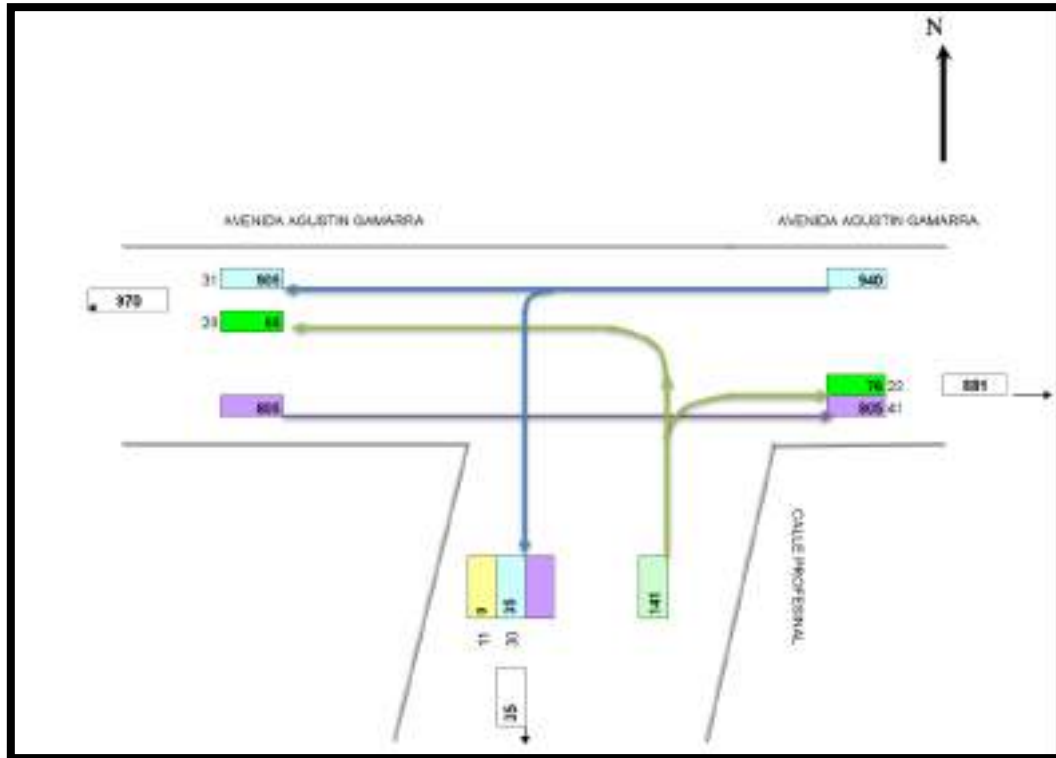


figura 142 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

Link Name	1	2	3	4	5	6
Traffic Volume (veh)	100	0	0	100	0	0
Future Volume (veh)	100	0	0	100	0	0
Link Distance (ft)	111	---	---	111	225	---
Link Speed (mph)	30	---	---	30	30	---
Geometric Mean and Speed	CB	---	---	MB	MB	---
Travel Time (s)	3.8	---	---	17.5	8.8	---
Initial Sat. Flow (veh/s)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Link Width (ft)	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	0	---	---	0	0	---
Area Type (CB)	<input type="checkbox"/>	---	---	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
Storage Length (ft)	---	0	0	---	0	0
Storage Length (ft)	---	---	---	---	---	---
Right Turn Channelization	---	None	---	None	---	None
Clash Factor (R)	---	---	---	---	---	---
Acc Factor (R)	---	---	---	---	---	---
Left Turn Factor (veh)	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
Right Turn Factor	1.000	---	---	1.000	0.907	---
Left Turn Factor (ped)	1.000	---	---	0.998	0.907	---
Saturated Flow Rate (veh/s)	1000	---	---	1000	1000	---
Left Turn Factor (ped)	1.000	---	---	0.998	0.907	---
Right Ped Factor	1.000	---	---	1.000	1.000	---
Left Ped Factor	1.000	---	---	1.000	1.000	---
Saturated Flow Rate (ped)	1000	---	---	1000	1000	---

figura 143 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia (2019), SYNCHRO 10

**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.

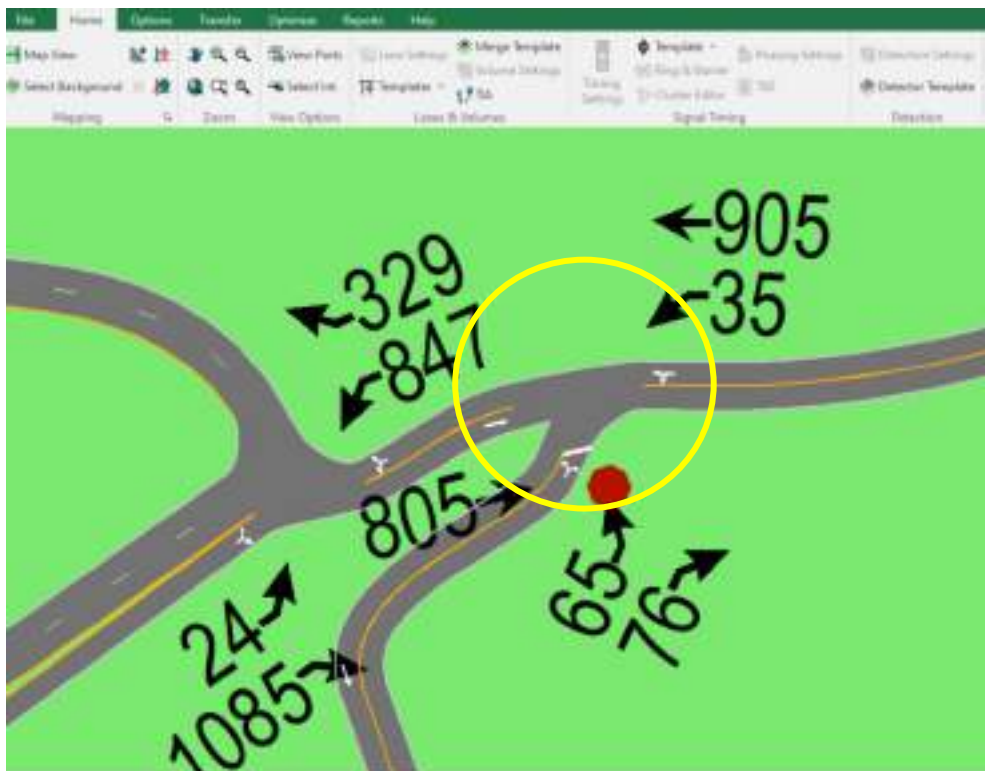


figura 144 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.

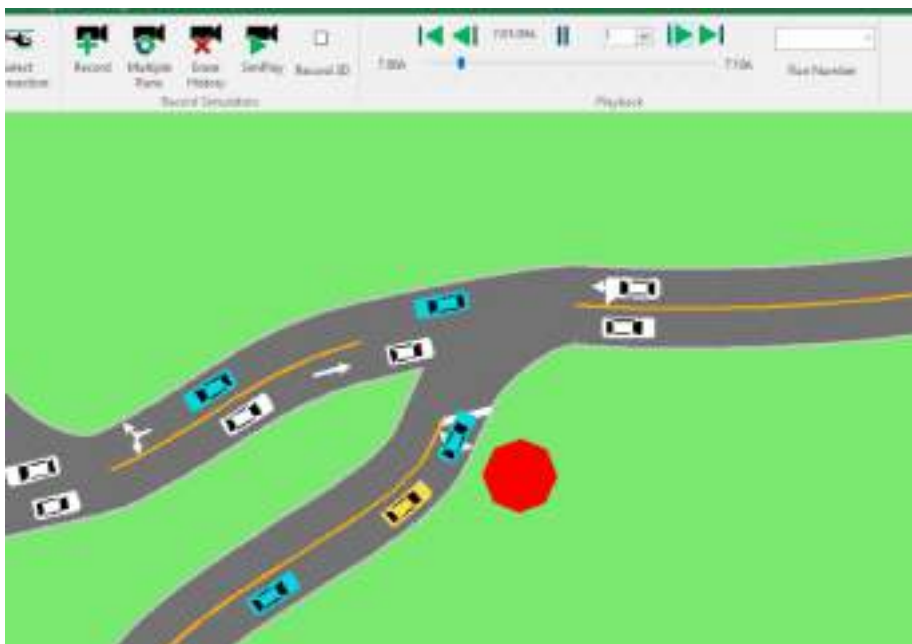


figura 145 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor BingMapsTempsOfUsage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



*figura 146 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



*figura 147 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.10. Análisis de datos para la Intersección no SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección no SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.

Tabla 60 Volúmenes diarios de la intersección no semafORIZADA: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	5977	5937	5942	5924	5957	5965	5932

Fuente: Elaboración propia

##### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.

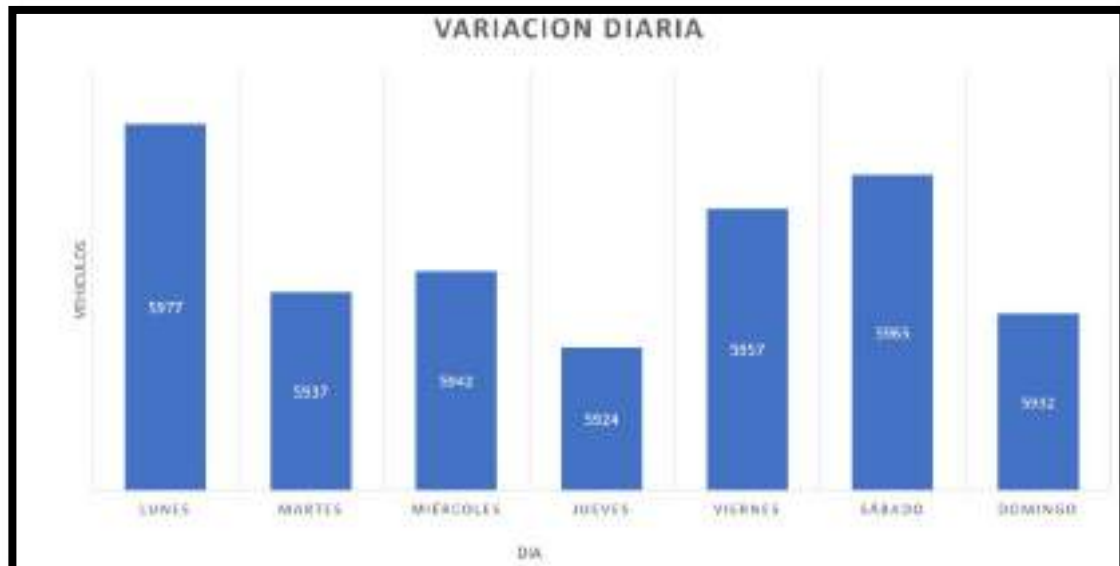


figura 148 grafico de barras en la intersección no semafORIZADA: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia



**Conclusiones.**

De la figura 149 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

**Determinación de la variación horaria:**

**Procesamiento.**

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección no SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.

Tabla 61 Volúmenes horarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

VOLUMENES	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
HORARIOS	1998	1984	1995

Fuente: Elaboración propia

**Diagrama.**

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 149 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia



### Conclusiones.

De la figura 150 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

### Determinación de la composición vehicular.

#### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 62 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	557	281	0	0	855	14	0
PICK UP	0	0	0	0	0	0	0	0	9	40	12	0	0	68	10	0
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	13	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	12	0	0	36	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	7	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	9	681	305	0	0	979	24	0
UCP	0	0	0	0	0	0	0	0	9	847	329	0	0	1085	24	0
TOTAL INTERSECCIÓN	1998															
UCP INTERSECCION	2294															

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

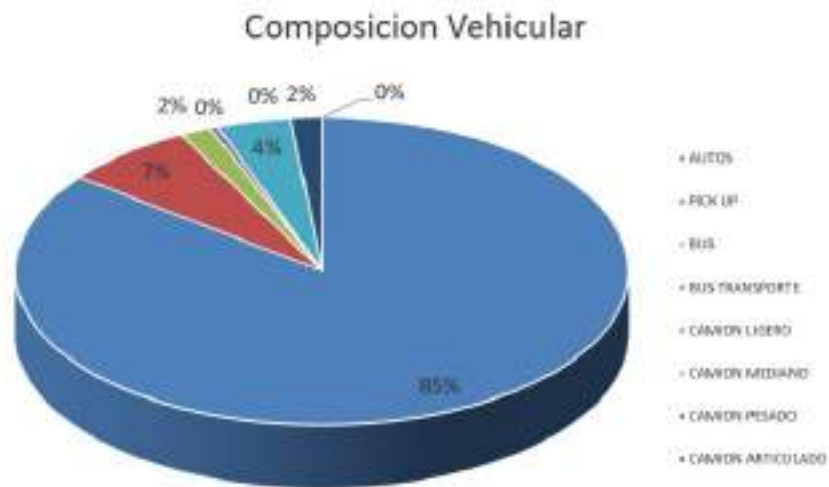


figura 150 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte.

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

En la figura 151, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 63 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	509	498	484	507

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

FHP=	N60/4N15
N60=	1998
N15=	509
FHP=	0.981
VHMD N15=	499.5

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

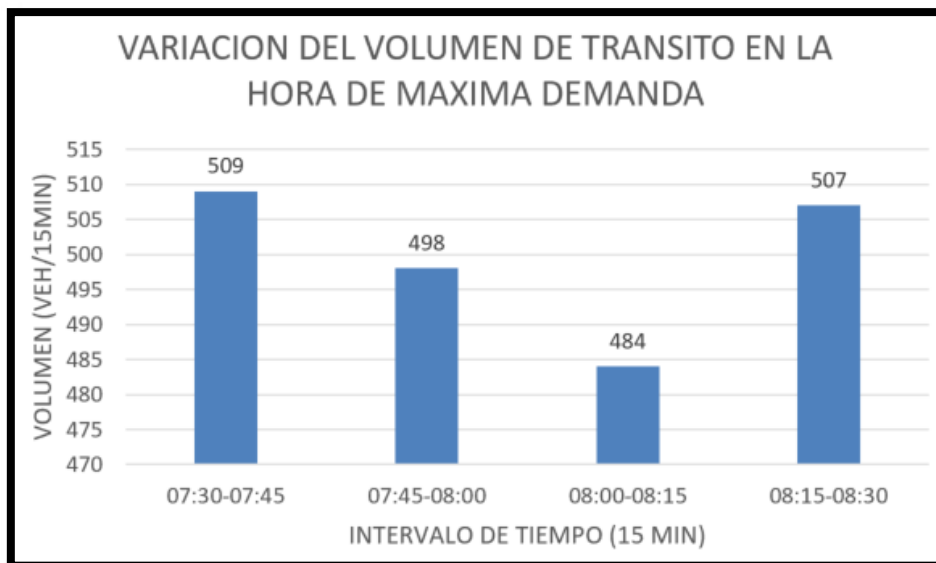


figura 151 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.981. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 64.

### Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.

#### Procesamiento.

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

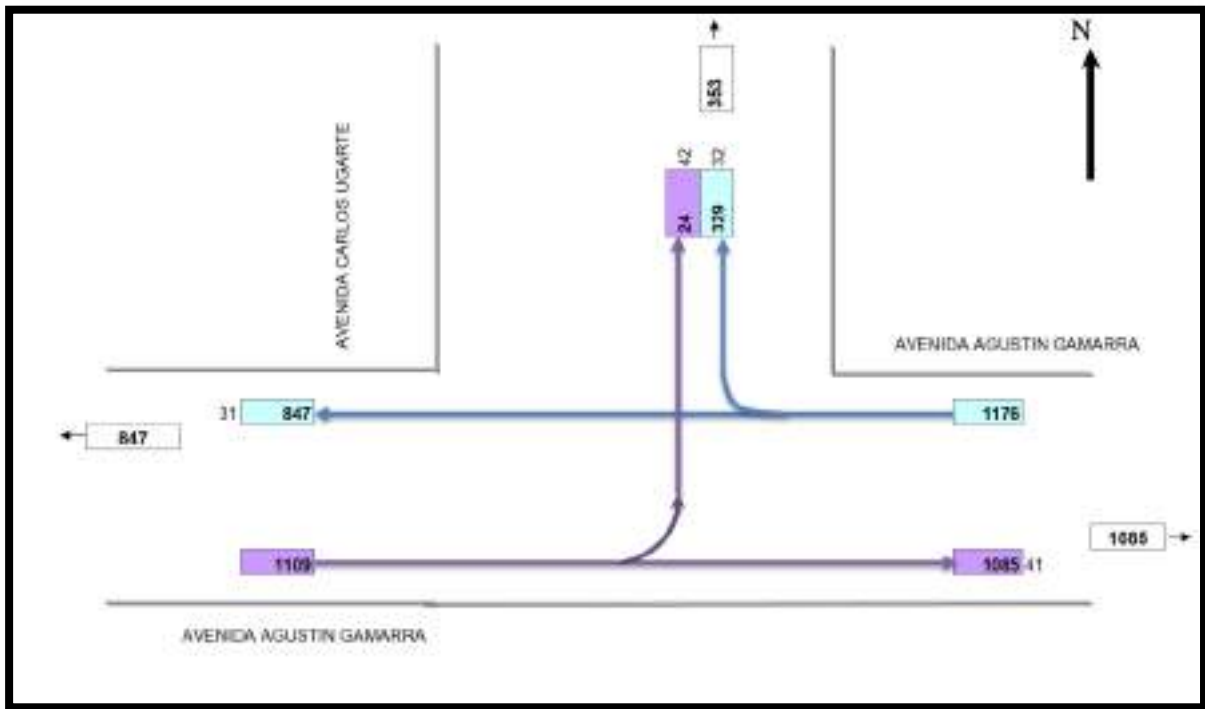


figura 152 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

TRAFFIC VOLUME INPUT	847	847	1176	1176	1109	1109
Street Name						
Link Distance (ft)	175	175	425	425		
Link Speed (mph)	30	30	30	30		
Car Arrival Rate and Speed	left	right	left	right		
Travel Time (s)	23.8	23.8	33.3	33.3		
Link Sat. Flow (veh/h)	1000	1000	1000	1000		
Link Width (ft)	12	12	12	12		
Grade (%)	0	0	0	0		
Queue Type (C/D)						
Change Length (ft)	0	0	0	0		
Change Length (ft)						
Right Turn Channelized		None		None		None
Split Phase (s)						
Link Lane (ft)						
Link Allocation Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.002		0.002			
Left Turn Factor (veh)	0.005		0.005			
Calculated Flow Rate (veh/h)	1729		1875			
Left Turn Factor (veh)	0.005		0.005			
Right Ped Side Factor	1.000		1.000			
Left Ped Factor	1.000		1.000			
Calculated Flow Rate (veh/h)	1729		1875			
Right Turn on Flow						
Calculated Flow Rate (veh/h)	0		0			

figura 153 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.

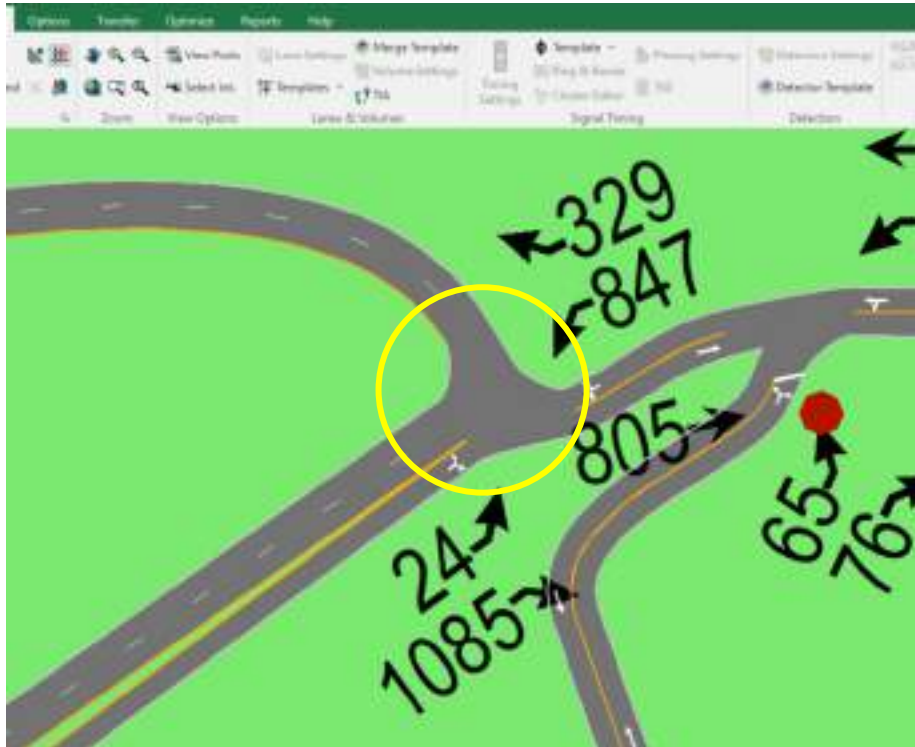


figura 154 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.

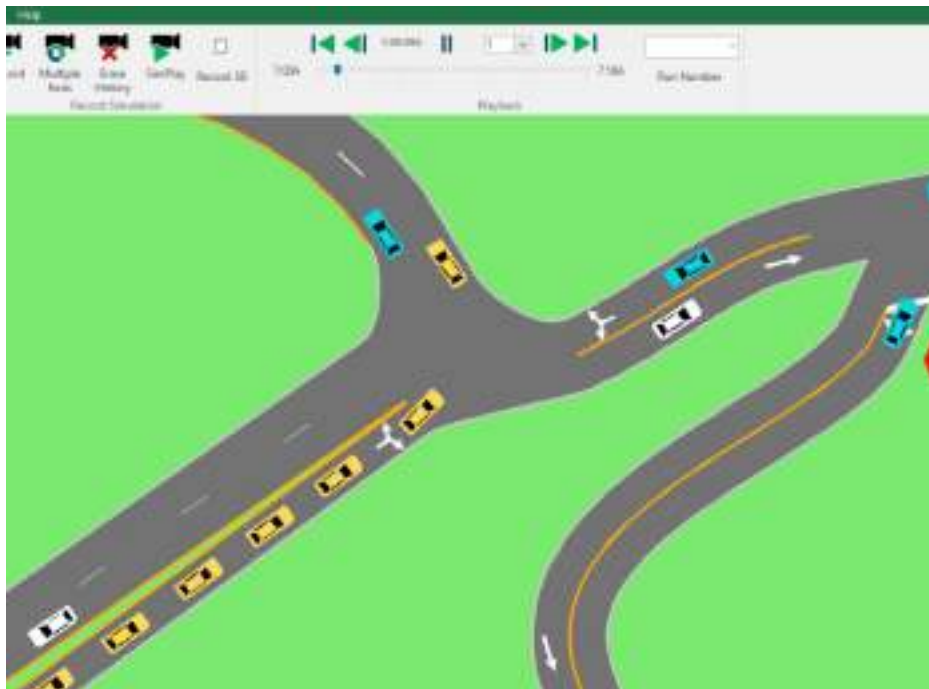


figura 155 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

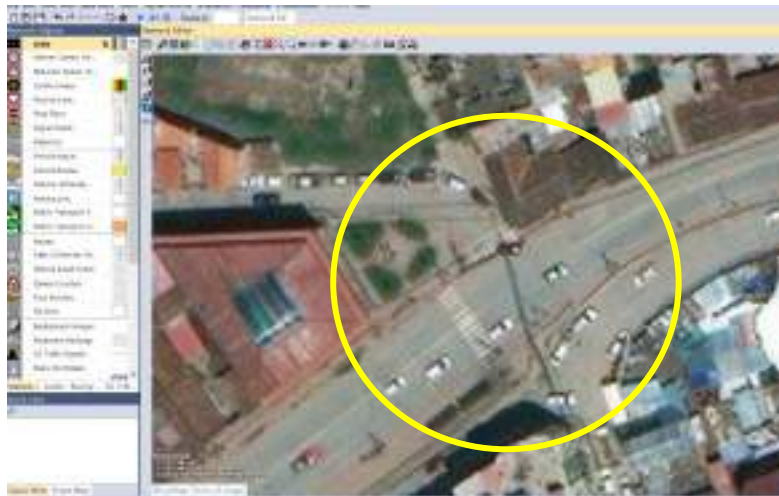


## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor BingMapsTemsOfUsage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



*figura 156 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



*figura 157 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.11. Análisis de datos para la Intersección no SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección no SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.

Tabla 65 Volúmenes diarios de la intersección no semafORIZADA: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	6271	6226	6229	6215	6245	6256	6217

Fuente: Elaboración propia

##### Diagrama.

Se realizó el siguiente gráfico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.

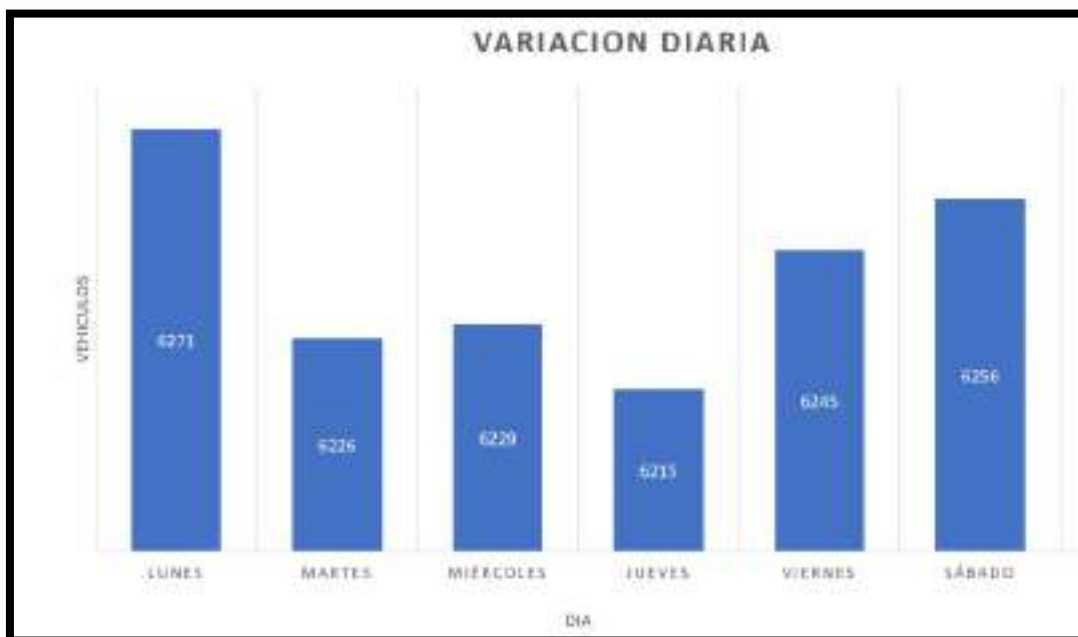


figura 158 gráfico de barras en la intersección no semafORIZADA: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones.

De la figura 159 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección no Semaforizada Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.

Tabla 66 Volúmenes horarios de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

VOLUMENES HORARIOS	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
	2098	2082	2091

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 159 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia



### Conclusiones.

De la figura 160 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

### Determinación de la composición vehicular.

#### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 67 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	30	0	216	0	0	0	0	0	0	641	149	0	25	603	96	0
PICK UP	14	0	34	0	0	0	0	0	14	59	25	0	16	15	0	0
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	14	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	17	0	5	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	24	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	6	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	61	0	255	0	0	0	0	0	14	795	174	0	41	662	96	0
UCP	95	0	265	0	0	0	0	0	14	984	174	0	41	742	96	0
TOTAL INTERSECCIÓN	2098															
UCP INTERSECCION	2411															

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

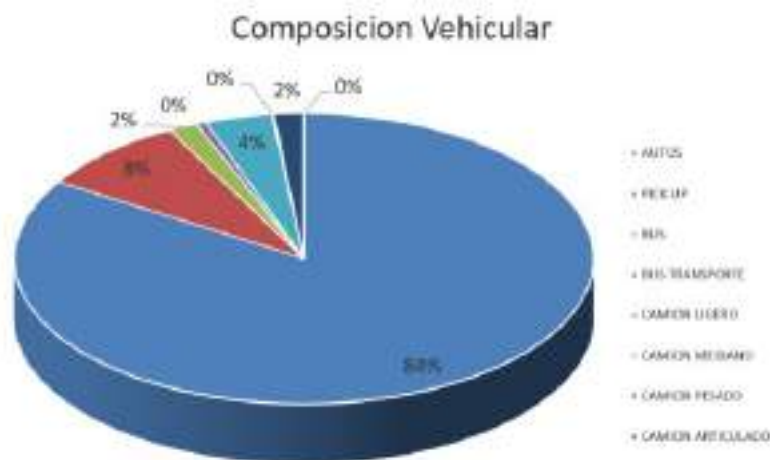


figura 160 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

En la figura 161, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 68 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	494	519	494	591

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

FHP=	N60/4N15
N60=	2098
N15=	591
FHP=	0.887
VHMD N15=	524.5

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.



figura 161 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 887. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 69.

### Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.

#### Procesamiento.

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

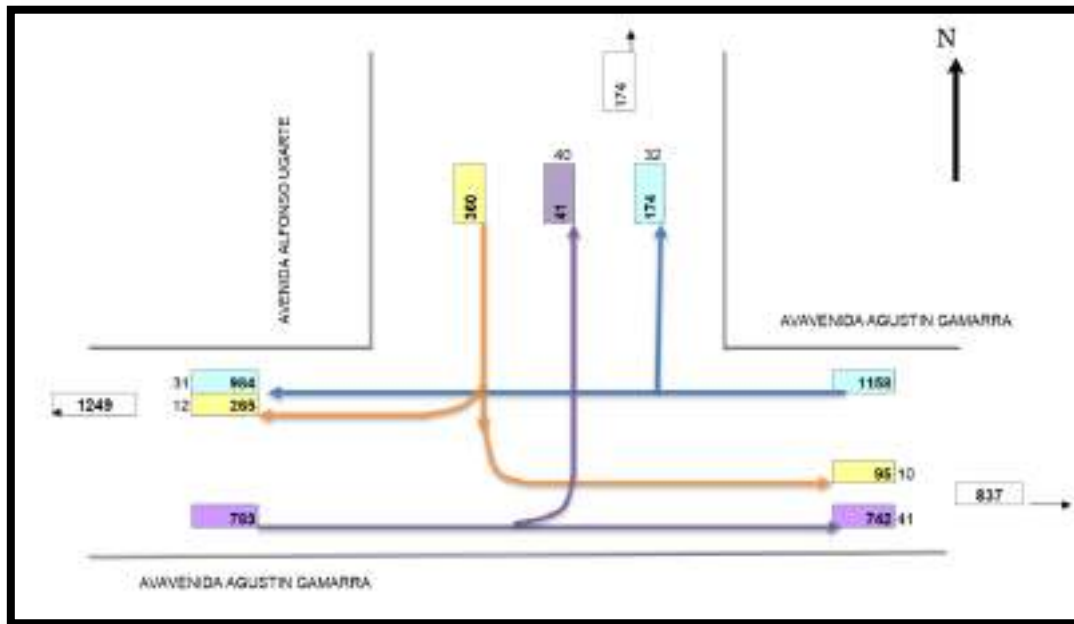


figura 162 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.



figura 163 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.



figura 164 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.



figura 165 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor Bing Maps Tems Of Usage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



*figura 166 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



*figura 167 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.12. Análisis de datos para la Intersección SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.

Tabla 70 Volúmenes diarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	6455	6417	6422	6397	6440	6436	6396

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.



figura 168 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones.

De la figura 169 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección SemafORIZADA Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte.

Tabla 71 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

VOLUMENES HORARIOS	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
	2157	2145	2153

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 169 grafico de barras en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones.

De la figura 170 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.



En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

**Determinación de la composición vehicular.**

**Procesamiento.**

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 72 Composición vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	55	345	65	0	79	219	74	0	111	165	78	0	75	211	74	0
PICK UP	10	43	25	0	27	17	24	0	17	26	26	0	26	23	12	0
BUS	0	34	18	0	0	33	12	0	14	0	0	0	0	0	16	0
BUS TRANSPORTE	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	11	0	11	0	7	0
CAMION LIGERO	24	12	14	0	12	10	0	0	0	16	14	0	26	14	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	89	444	122	0	128	279	110	0	142	207	129	0	150	248	109	0
UCP	137	512	168	0	162	332	122	0	156	239	168	0	249	276	132	0
TOTAL INTERSECCIÓN		2157														
UCP INTERSECCION		2653														

Fuente: Elaboración propia

**Diagrama.**

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

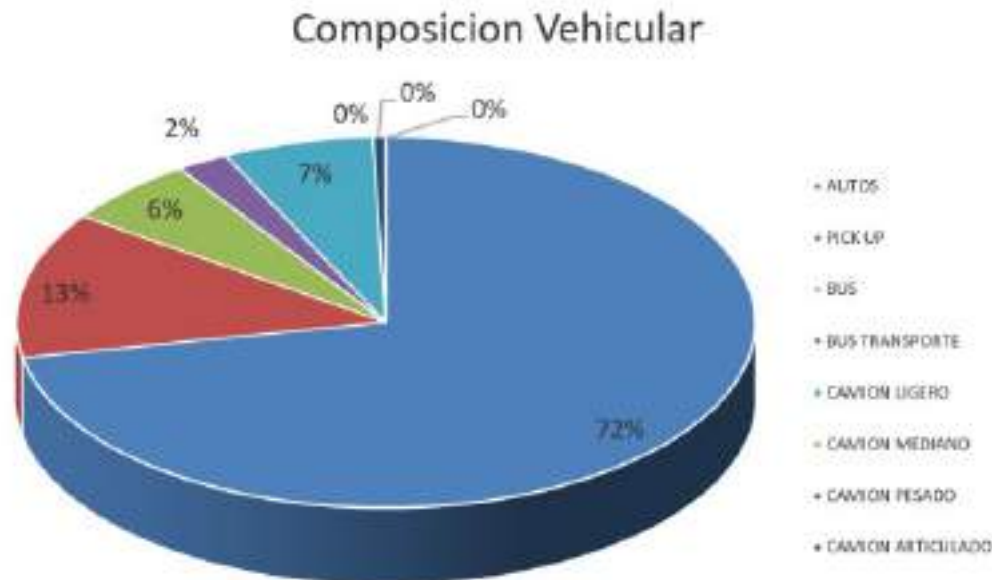


figura 170 Composición vehicular en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

En la figura 171, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 73 Volumen cada 15 minutos en la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	493	542	552	570

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

FHP=	N60/4N15
N60=	2157
N15=	570
FHP=	0.946
VHMD N15=	539.3

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

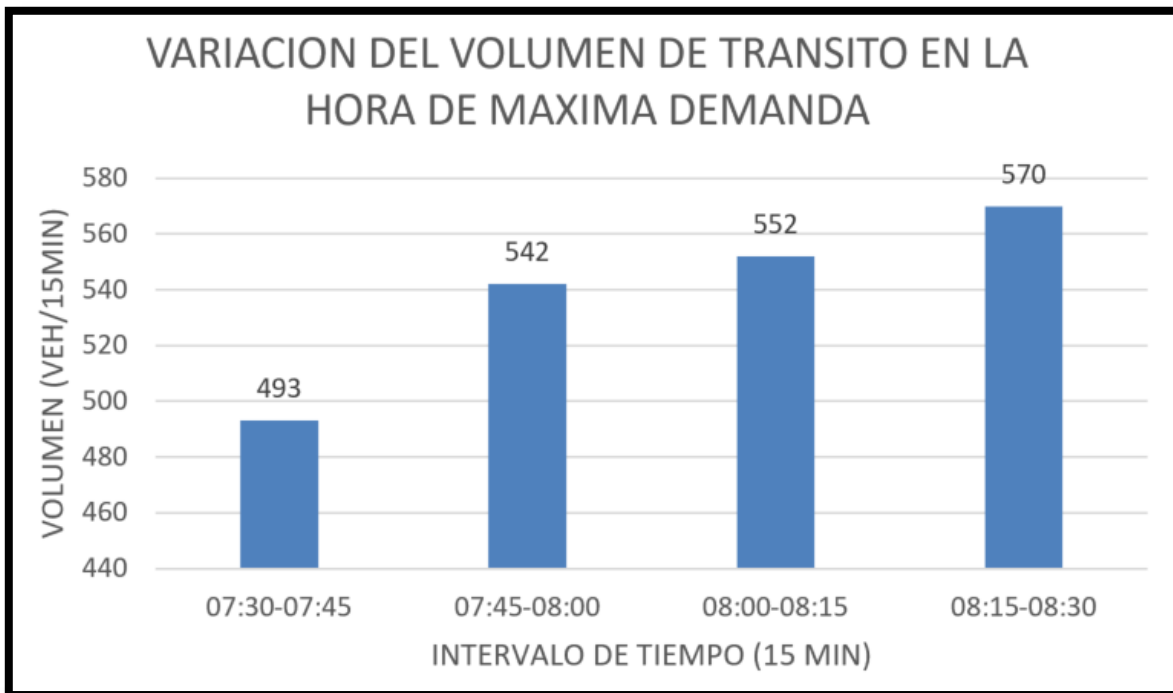


figura 171 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.946. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 74.

### Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.

#### Procesamiento.

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

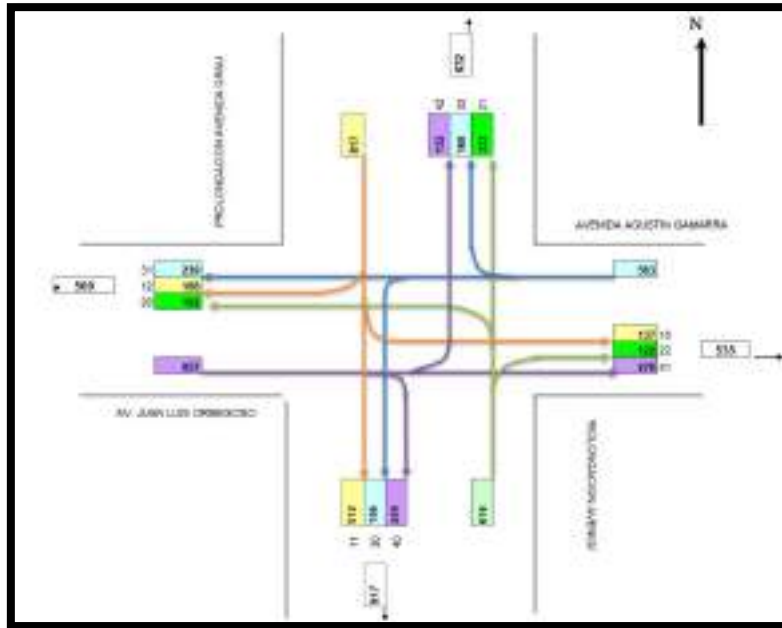


figura 172 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

LANE SETTINGS	NBL2	NBL	NBR	SBL	SBR	SBR2	NEL	NET	NEP	SWL	SWT	SWP
Lanes and Shoulder (BRL)												
Traffic Volume (veh)	112	332	122	137	512	168	62	276	249	56	229	168
Future Volume (veh)	112	332	122	137	512	168	62	276	249	56	229	168
Street Name	PROL AV GRAU						AV AGUSTIN GAMARRA					
Link Distance (ft)	455		1148				581		2475			
Link Speed (mph)	35		31				31		31			
Set Arterial Name and Speed	NB		SE				NE		SW			
Travel Time (s)	10.2		25.2				12.8		54.5			
Ideal Satd. Flow (veh/s)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (ft)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	0											
Area Type (DD)	<input type="checkbox"/>											
Storage Length (ft)	0											
Storage Lanes (#)	0											
Right Turn Channelized	None		None		None		None		None		None	
Curb Radius (ft)	0											
Add Lanes (#)	0											
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.975		1.000		0.850		0.543		1.000		0.850	
Left Turn Factor (prot)	0.962		0.950		1.000		0.995		0.901		1.000	
Saturated Flow Rate (prot)	1740		1770		1563		1740		1646		1563	
Left Turn Factor (perm)	0.573		0.990		1.000		0.932		0.743		1.000	
Right Ped Bike Factor	1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000	
Left Ped Factor	1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000	
Saturated Flow Rate (perm)	1036		1770		1563		1627		1395		1563	
Right Turn on Red?	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Saturated Flow Rate (RTOR)	32		0		38		61		0		168	

figura 173 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia (2019), SYNCHRO 10



**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.

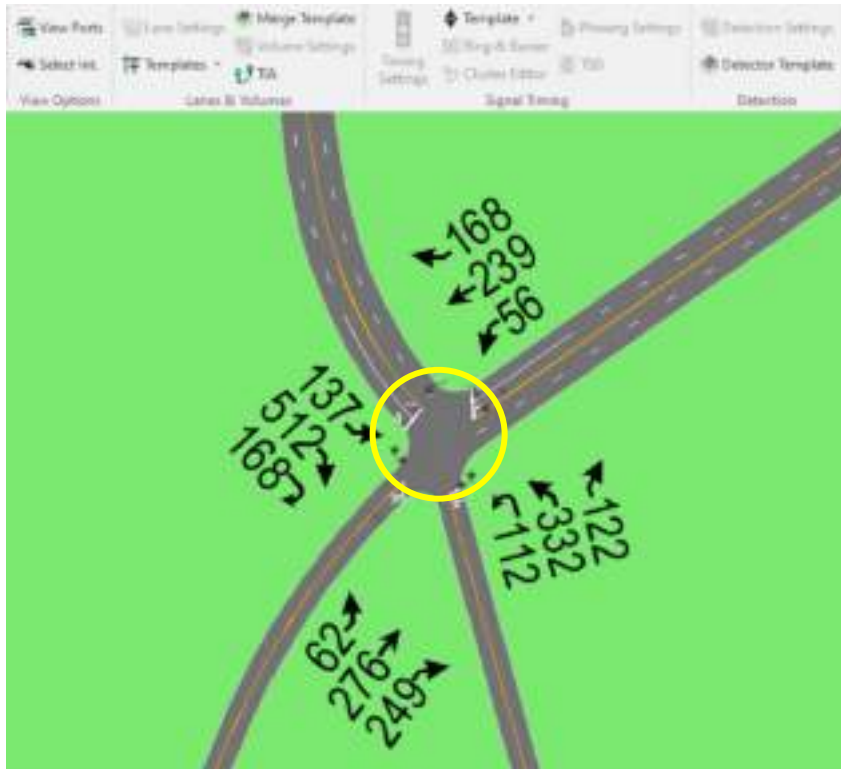


figura 174 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.

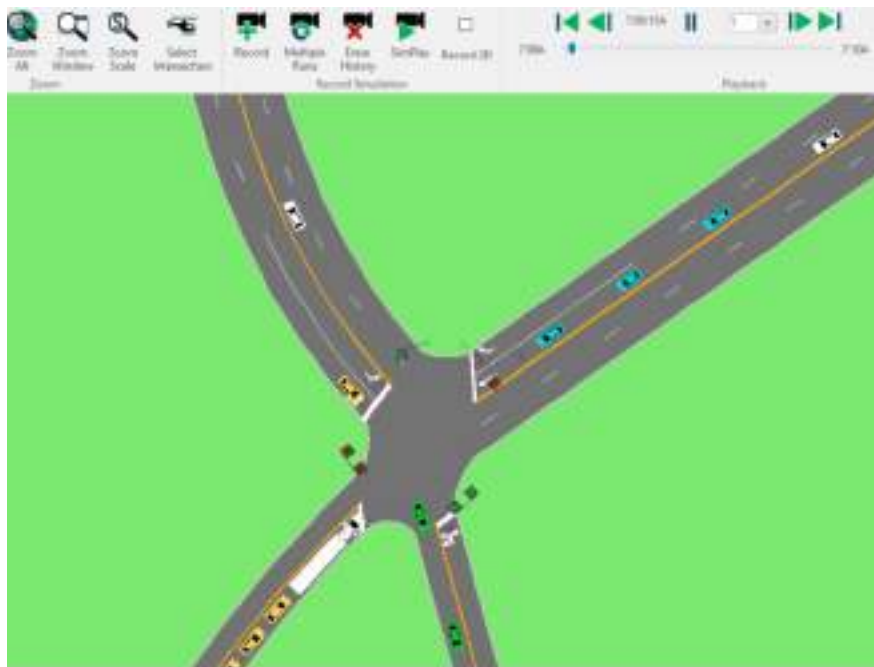


figura 175 Simulación del tráfico vehicular de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau.

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor Bing Maps Tems Of Usage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.

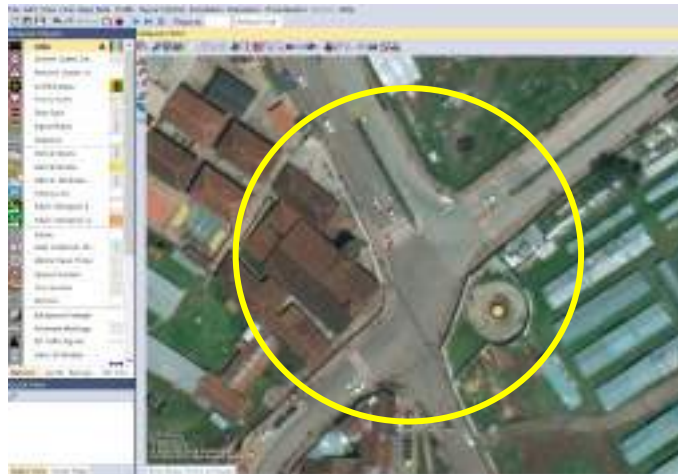


figura 176 Vista en planta de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



figura 177 Simulación de la intersección semaforizada: Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.13. Análisis de datos para la Intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.

Tabla 75 Volúmenes diarios de la intersección no semafORIZADA: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	5788	5729	5753	5743	5768	5768	5722

Fuente: Elaboración propia

##### Diagrama.

Se realizó el siguiente gráfico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.

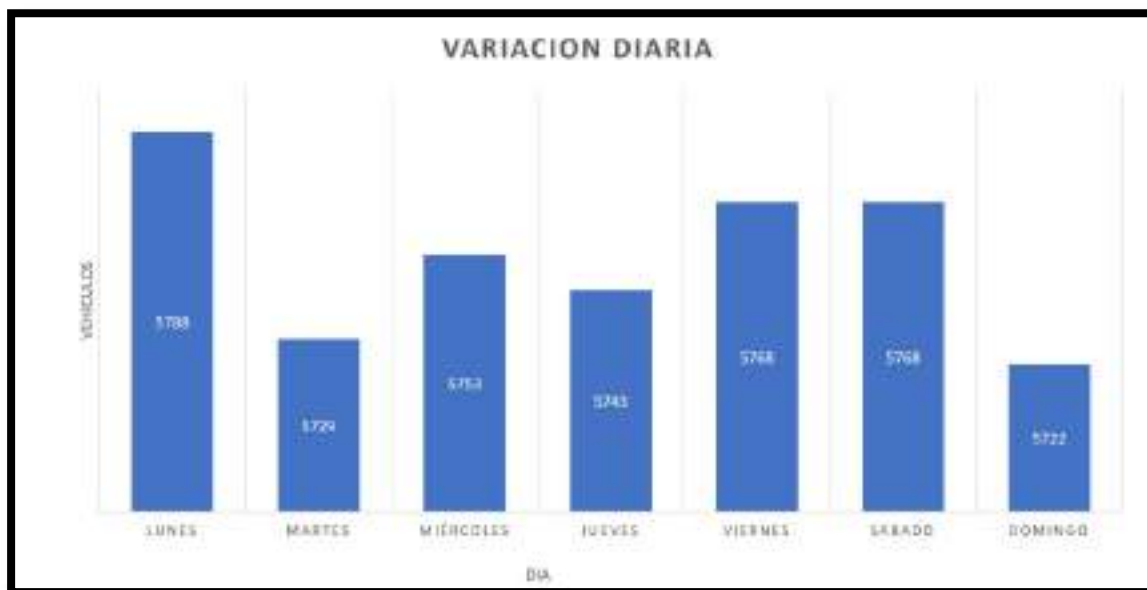


figura 178 gráfico de barras en la intersección semafORIZADA: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia

##### Conclusiones.

De la figura 179 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Tabla 76 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

VOLUMENES	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
HORARIOS	1933	1926	1929

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 179 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones.

De la figura 180 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.



En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

### Determinación de la composición vehicular.

#### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 77 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	0	545	242	0	37	583	0	0	0	0	0	0	49	0	52	0
PICK UP	0	38	6	0	11	76	0	0	0	0	0	0	8	0	12	0
BUS	0	40	20	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
BUS TRANSPORTE	0	27	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	0	14	10	0	9	34	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	16	0	0	0	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	680	278	0	57	758	14	0	0	0	0	0	63	0	83	0
UCP	0	823	318	0	75	919	56	0	0	0	0	0	75	0	102	0
TOTAL INTERSECCIÓN		1933														
UCP INTERSECCION		2368														

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

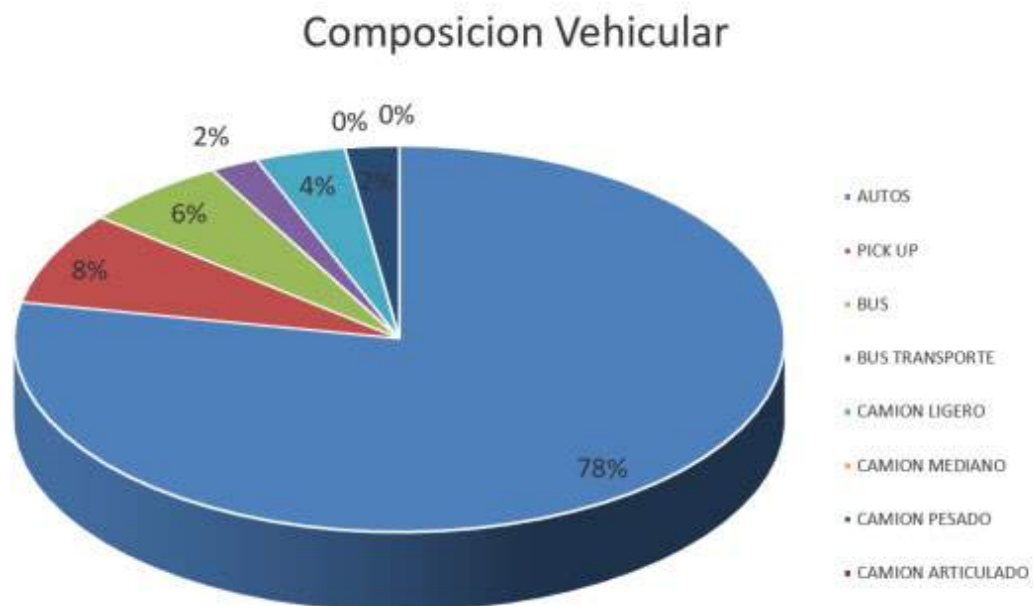


figura 180 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

En la figura 181, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 78 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida

VOLUMENES	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
CADA 15 MIN	440	942	1429	1933

Perú

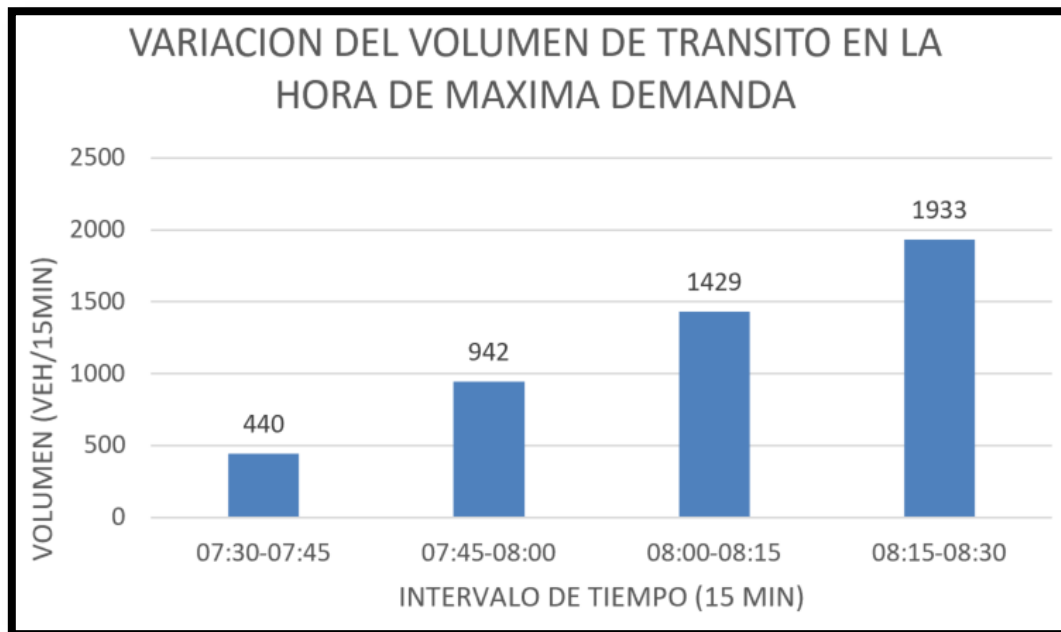
Fuente: Elaboración propia

Tabla 79 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

FHP=	N60/4N15
N60=	4744
N15=	1933
FHP=	0.614
VHMD N15=	1186.0

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.



*figura 181 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú*

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.614. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 79.

### Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulacion SYNCHRO 10.

#### Procesamiento.

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

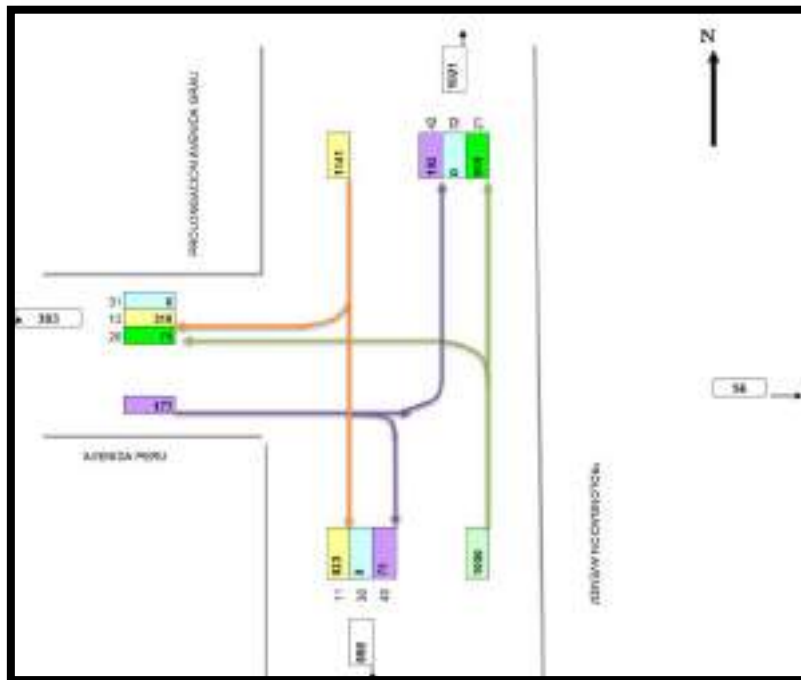


figura 182 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

LANE SETTINGS						
Lanes and Shaving (B/L)	TRF	TRN	TRC	TRT	TRB	TRP
Traffic Volume (vph)	102	75	75	315	323	318
Street Name	Av. Peru					
Link Distance (ft)	990			1140	1124	
Link Speed (mph)	31			31	31	
Set Access Name and Speed	GD			AB	GD	
Travel Time (s)	18.8			25.2	24.7	
Ideal Sat. Flow (vphpl)	1300	1300	1300	1500	1300	1300
Lane Width (ft)	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	0			0	0	
Area Type (GD)						
Storage Length (ft)	0	0	0			0
Storage Lanes (ft)						
Right Turn Channelized		None		None		None
Curb Placing (ft)						
Add Lanes (ft)						
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	0.94			1.00	0.95	
Left Turn Factor (peak)	0.97			0.96	1.00	
Saturated Flow Rate (vphpl)	1707			3525	3391	
Left Turn Factor (green)	0.97			0.96	1.00	
Right Ped Bike Factor	1.00			1.00	1.00	
Left Ped Factor	1.00			1.00	1.00	
Saturated Flow Rate (ped)	1707			3525	3391	
Right Turn on Red?						
Saturated Flow Rate (RTOR)	0			0	0	

figura 183 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.

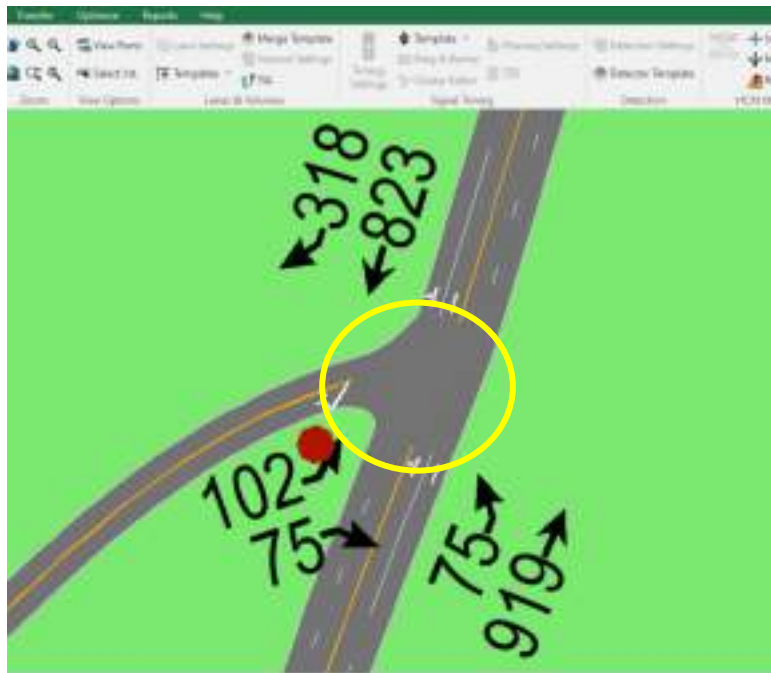


figura 184 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.

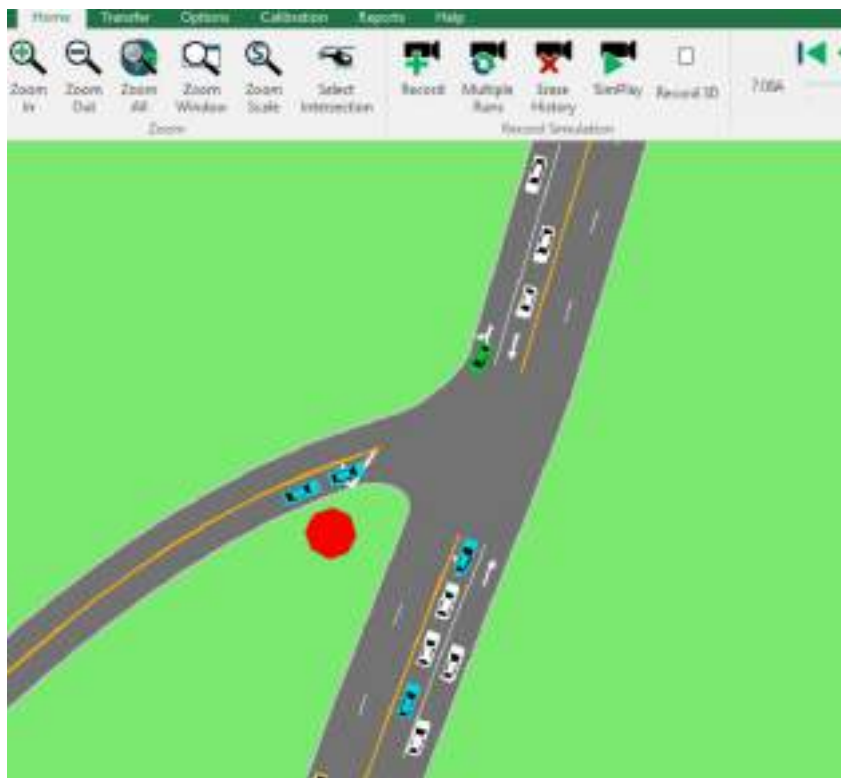


figura 185 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú.

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor Bing Maps Tems Of Usage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.

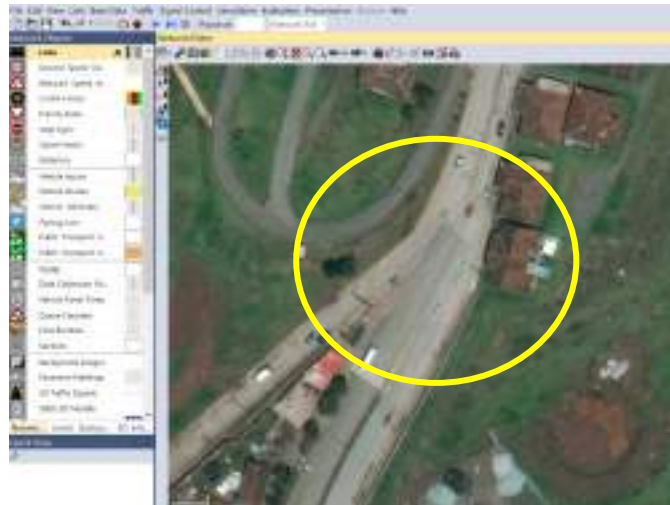


figura 186 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



figura 187 Simulación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Perú

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.14. Análisis de datos para la Intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.

Tabla 80 Volúmenes diarios de la intersección no semafORIZADA: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	7803	7763	7768	7750	7783	7791	7758

Fuente: Elaboración propia

##### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.

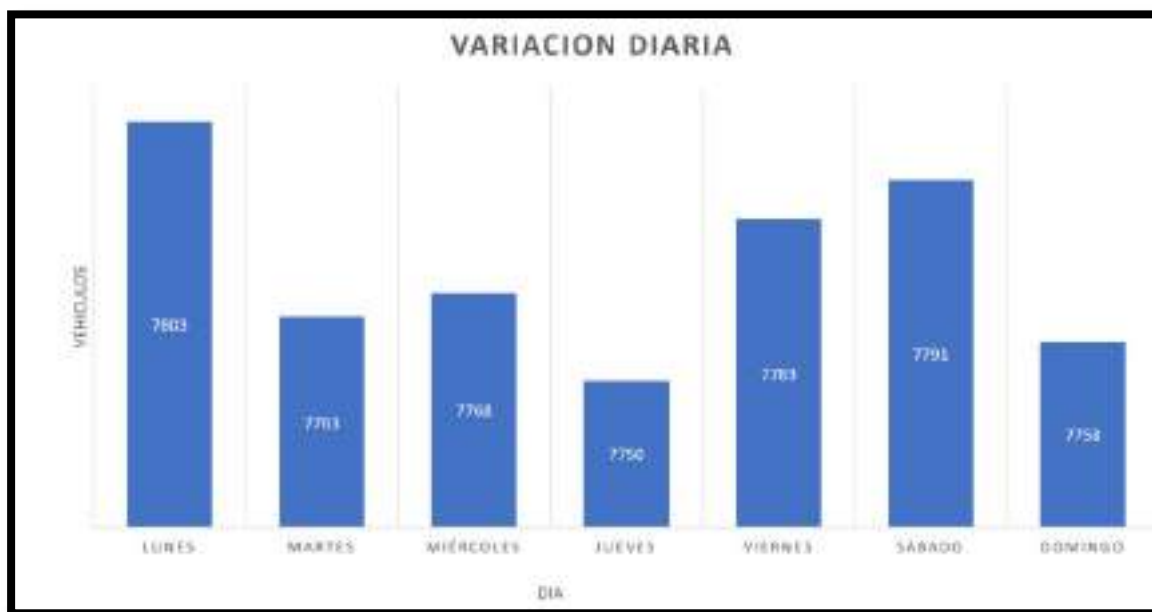


figura 188 grafico de barras en la intersección semafORIZADA: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia



### Conclusiones.

De la figura 189 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Tabla 81 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

VOLUMENES HORARIOS	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
	2609	2593	2601

Fuente: Elaboración propia

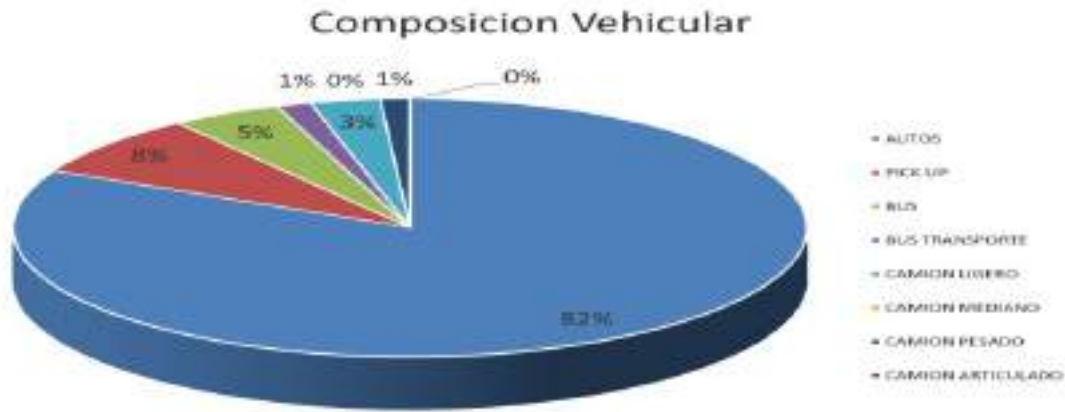
### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 189 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia



**Conclusiones.**

De la figura 190 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

**Determinación de la composicion vehicular.**

**Procesamiento.**

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 82 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	99	590	6	0	15	505	230	0	180	5	306	0	40	28	143	0
PICK UP	28	30	0	0	4	66	21	0	16	0	38	0	0	0	0	0
BUS	0	35	0	0	0	41	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	6	17	0	0	0	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	8	17	0	0	2	34	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	14	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	141	703	6	0	21	675	307	0	196	5	344	0	40	28	143	0
UCP	163	831	6	0	25	847	376	0	196	5	344	0	40	28	143	0
TOTAL INTERSECCIÓN		2609														
UCP INTERSECCION		3004														

Fuente: Elaboración propia

**Diagrama.**

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

figura 190 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

En la figura 191, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 83 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	625	665	645	633

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

FHP=	N60/4N15
N60=	2568
N15=	665
FHP=	0.965
VHMD N15=	642.0

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

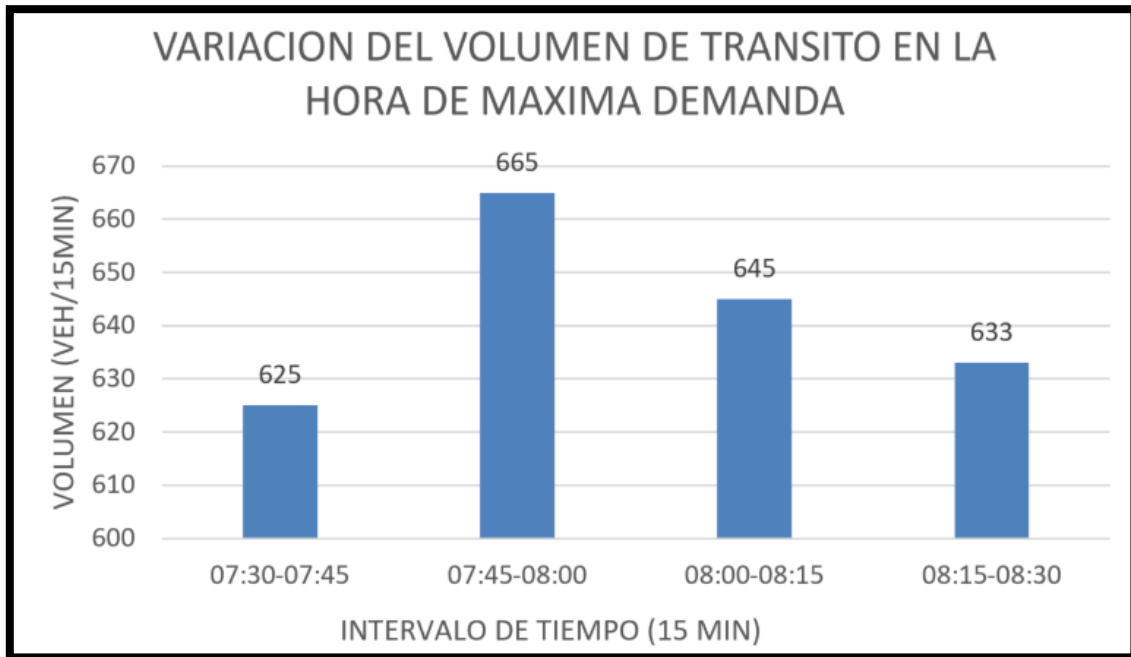


figura 191 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.965. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 84.

### Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.

#### Procesamiento.

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

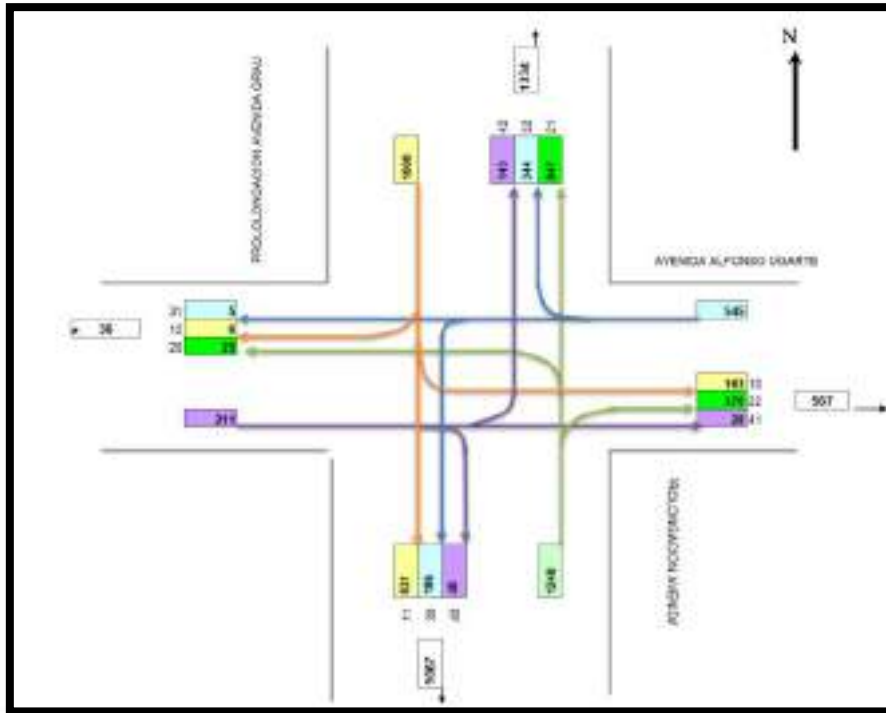


figura 192 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

LANE SETTINGS	TBL	EST	ENB	SBL	SEB	WBL	WBE	NBL	NBE	SWB	SWE	SEB	SEB
<b>Lane Volume (veh)</b>	31	18	41	16	5	184	5	63	76	23	88	5	5
Link Distance (ft)	150	1431	1124	249	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Link Speed (mph)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Link Actual Name and Speed	ENB	SEB	SWB	SWE	SEB	SEB	SEB	SEB	SEB	SEB	SEB	SEB	SEB
Link Lane (ft)	18.3	31.5	29.7	5.5	18.3	31.5	29.7	5.5	18.3	31.5	29.7	5.5	18.3
Link Lane Flow (veh)	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Link Width (ft)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Area Type (DB)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Storage Length (ft)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Storage Lanes (ft)													
Right Turn Channelized		None		None		None		None		None		None	
Curb Radius (ft)													
Adj. Lanes (ft)													
Left Turn-Phase Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	0.973			0.995			0.990	0.99		0.999		0.999	
Left Turn-Factor (adj)	0.98			0.993			0.98	0.98		0.995		0.995	
Calculated Flow Rate (veh)	174			1627			347	347		352		352	
Left Turn-Factor (adj)	0.96			0.985			0.95	0.95		0.994		0.994	
Right Turn-Phase Factor	1.000			1.000			1.000	1.000		1.000		1.000	
Left Turn-Phase	1.000			1.000			1.000	1.000		1.000		1.000	
Calculated Flow Rate (adj)	190			1999			329	329		329		329	
Right Turn on Ped		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Calculated Flow Rate (RTDR)	60			113			15	15		1		1	
Link to Hidden	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

figura 193 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.



figura 194 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.

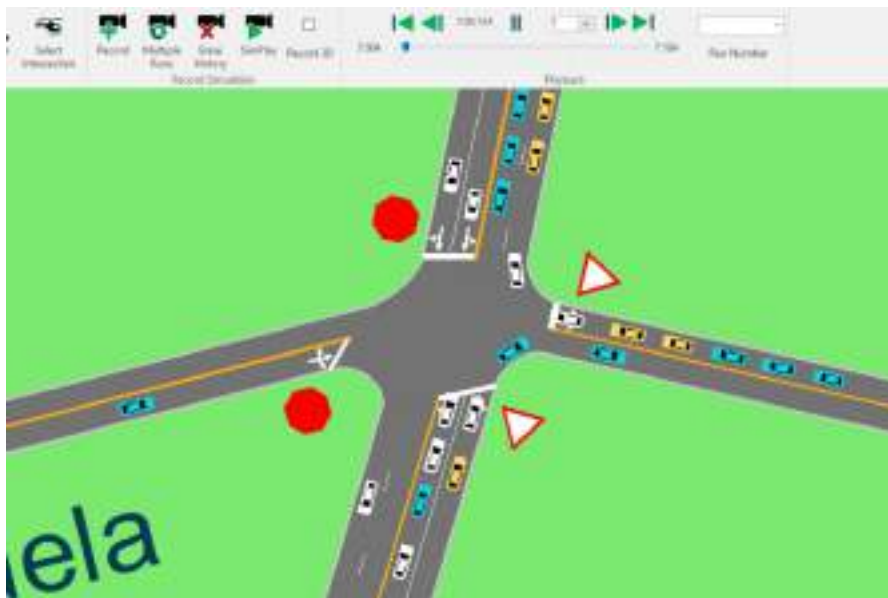


figura 195 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte.

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

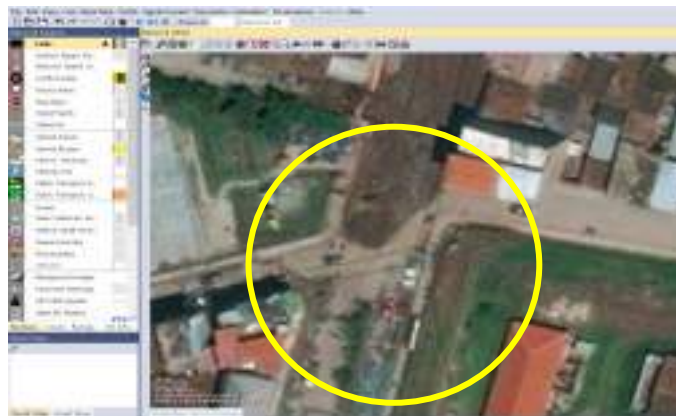


## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor Bing Maps Tems Of Usage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



*figura 196 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



*figura 197 Simulación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)



### 3.6.15. Análisis de datos para la Intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.

Tabla 85 Volúmenes diarios de la intersección no semafORIZADA: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	8664	8624	8629	8611	8644	8652	8619

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.

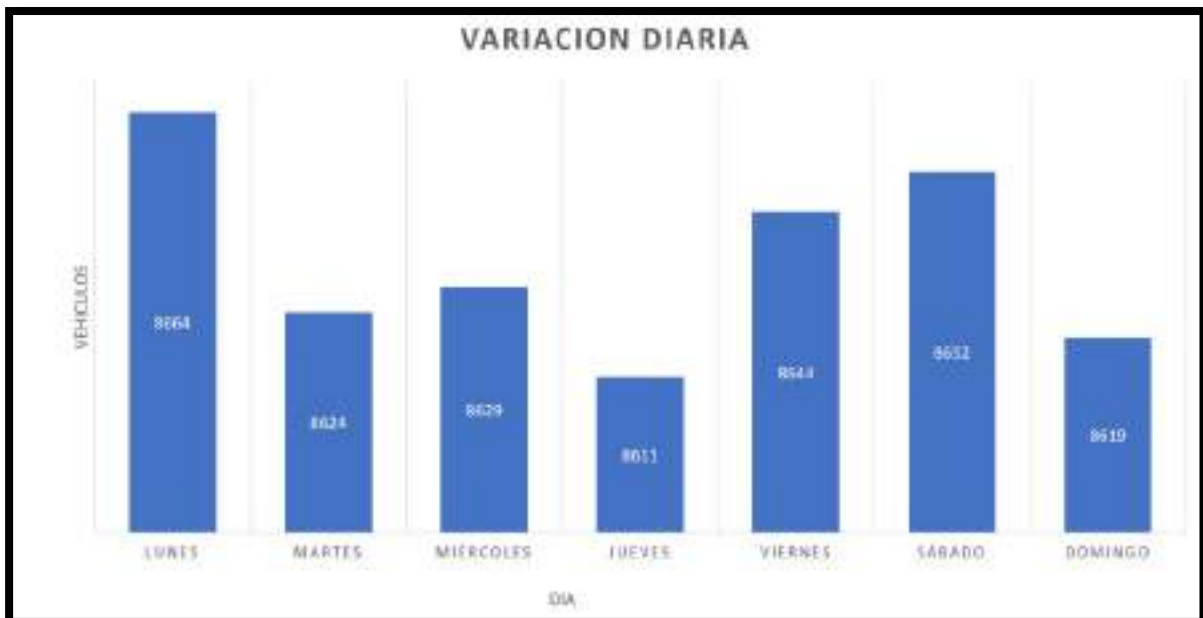


figura 198 grafico de barras en la intersección semafORIZADA: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia



### Conclusiones.

De la figura 199 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.

### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección no SemafORIZADA Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Tabla 86 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

VOLUMENES HORARIOS	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
	2891	2885	2888

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 199 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia



### Conclusiones.

De la figura 200 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.

En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

### Determinación de la composición vehicular.

#### Procesamiento.

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 87 Composición vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	141	465	106	0	146	558	141	0	58	61	48	0	119	118	271	0
PICK UP	25	72	4	0	27	80	0	0	0	11	0	0	64	17	34	0
BUS	0	38	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	15	17	2	0	10	13	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
CAMION LIGERO	0	34	0	0	25	38	0	0	0	0	0	0	38	0	5	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	16	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	181	642	112	0	208	758	141	0	58	72	48	0	226	135	310	0
UCP	196	813	114	0	268	948	141	0	58	72	48	0	307	135	320	0
TOTAL INTERSECCIÓN		2891														
UCP INTERSECCION		3420														

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.



figura 200 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia



### Conclusión.

En la figura 201, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

### Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.

#### Procesamiento.

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 88 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	709	719	729	734

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

FHP=	N60/4N15
N60=	2891
N15=	734
FHP=	0.985
VHMD N15=	722.8

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama.

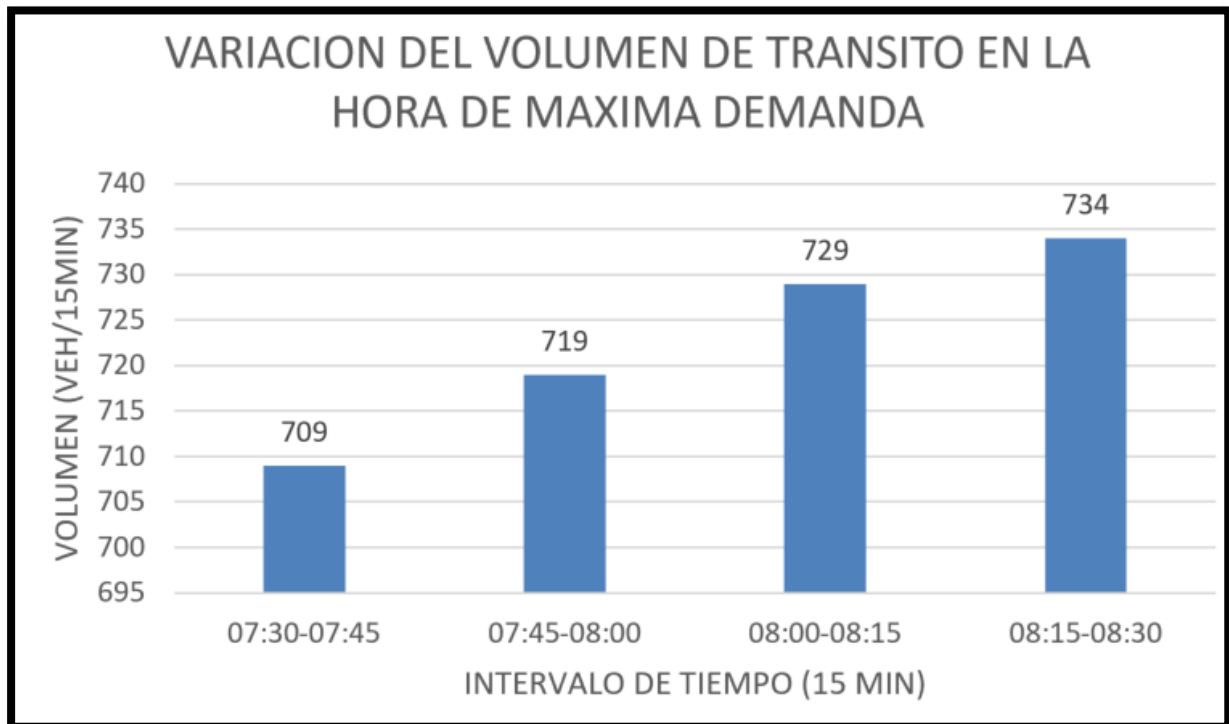


figura 201 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.985. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 89.

### Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2016 y software de simulación SYNCHRO 10.

#### Procesamiento.

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

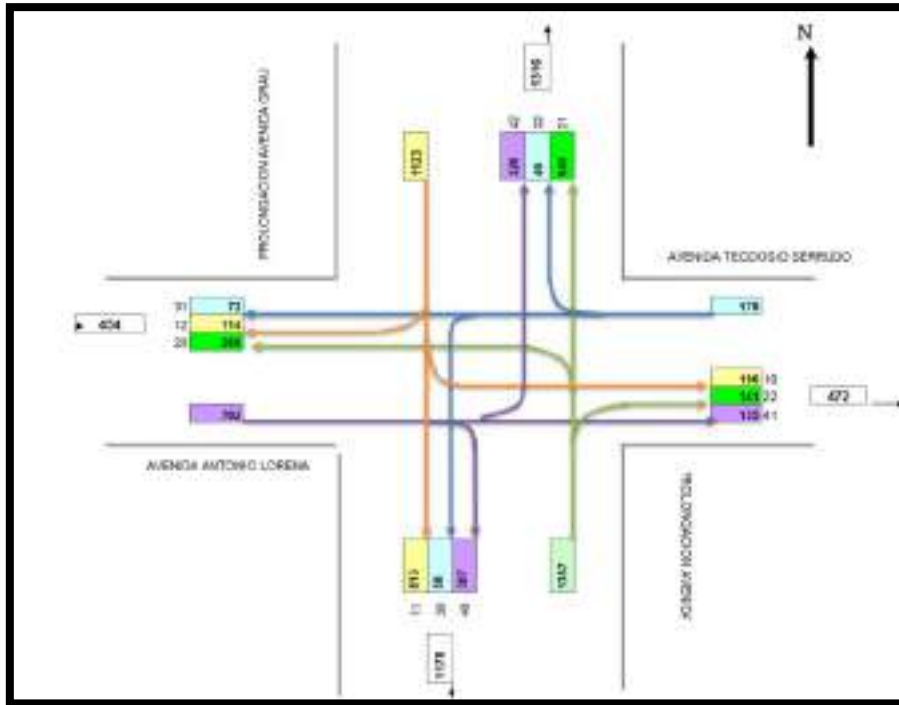


figura 202 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

LANE SETTINGS	EBL	EOT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Traffic Volume (vph)	225	15	407	8	52	46	269	746	21	18	813	116
Peak Volume (vph)												
Street Name	ANTONIO LORENA											
Link Distance (ft)	733			752			248			452		
Link Speed (mph)	30			31			31			30		
Set Default Name and Speed	30			30			30			30		
Traffic Time (s)	16.5			16.5			5.5			5.5		
Initial Sat. Flow (pcph)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (ft)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	8			0			0			8		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Storage Length (ft)	0		0	0		0	0		0	0		0
Storage Lanes (ft)												
Right Turn Channelized			None			None			None			None
Curb Radius (ft)												
Add Lanes (ft)												
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	1.000	0.998		0.940			0.997			0.992		
Left Turn Factor (prot)	0.955	0.900		0.956			0.967			0.959		
Saturated Flow Rate (prot)	1779	1592		1744			3489			3472		
Left Turn Factor (geom)	0.923	0.900		0.979			0.947			0.929		
Right Ped/Bike Factor	1.000	1.000		1.000			1.000			1.000		
Left Ped Factor	1.000	0.900		1.000			1.000			1.000		
Saturated Flow Rate (geom)	1276	1592		1705			2001			2238		
Right Turn on Red?		<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Saturated Flow Rate (RTOR)		0	206		43		4			33		

figura 203 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.



figura 204 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.

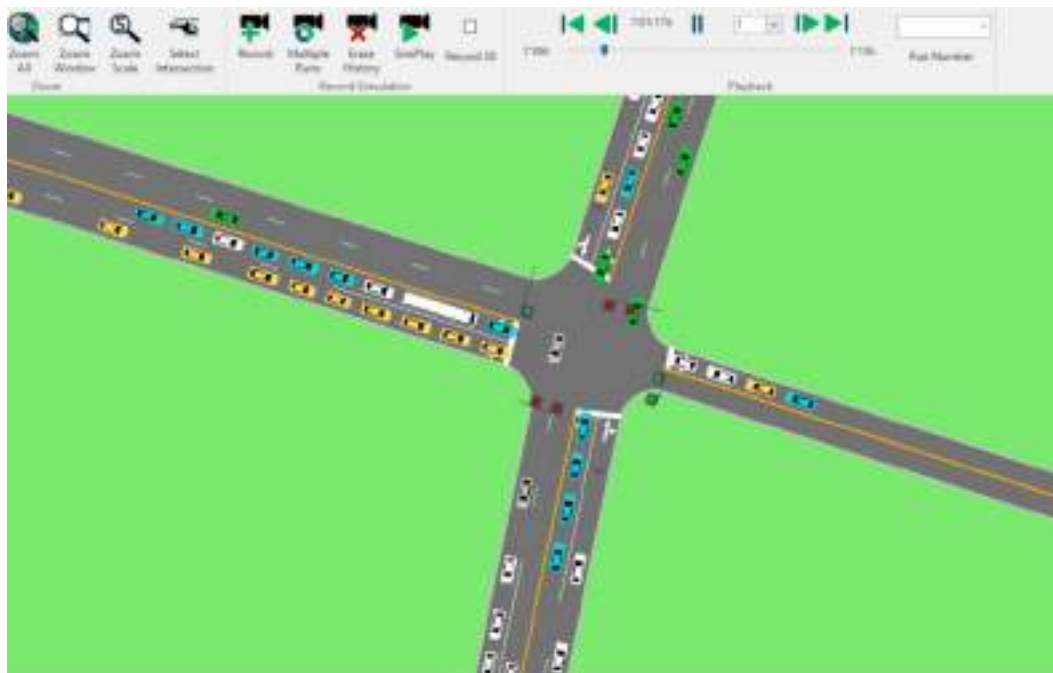


figura 205 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena.

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)



## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor Bing Maps Tems Of Usage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



*figura 206 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



*figura 207 Simulación de la intersección no semaforizada: Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

### 3.6.16. Análisis de datos para la Intersección no SemafORIZADA Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

#### Determinación de la variación diaria:

##### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada día, para determinar el día con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes diarios en la intersección no SemafORIZADA Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.

Tabla 90 Volúmenes diarios de la intersección no semafORIZADA: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

VOLUMENES DIARIOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	3043	3008	3013	2994	3019	3027	3001

Fuente: Elaboración propia

##### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar qué día es el de mayor demanda.



figura 208 grafico de barras en la intersección semafORIZADA Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

##### Conclusiones.

De la figura 209 podemos concluir que el día de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es el día **Lunes**.



### Determinación de la variación horaria:

#### Procesamiento.

Se realizó el conteo total de volúmenes vehiculares para cada hora, para determinar la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla que se muestra a continuación se puede observar los volúmenes horarios en la intersección no SemafORIZADA Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Tabla 91 Volúmenes horarios de la intersección semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

VOLUMENES	7:30-8:30	12:30-13:30	18:30-19:30
HORARIOS	1019	1011	1013

Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama.

Se realizó el siguiente grafico de barras para determinar la hora con mayor demanda vehicular.



figura 209 grafico de barras en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones.

De la figura 210 podemos concluir que la hora de mayor demanda vehicular en la intersección indicada es de 7:30 a 8:30.



En el grafico podemos observar también que los volúmenes vehiculares durante las diferentes horas del día en esta intersección son constantes.

**Determinación de la composición vehicular.**

**Procesamiento.**

Se determinó el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación, donde se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 92 Composición vehicular de la intersección no semaforizada Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

	10	11	12	13	20	21	22	23	30	31	32	33	40	41	42	43
AUTOS	0	391	0	0	0	139	0	0	51	0	239	0	0	0	0	0
PICK UP	0	62	0	0	0	70	0	0	13	0	50	0	0	0	0	0
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	457	0	0	0	209	0	0	64	0	289	0	0	0	0	0
UCP	0	465	0	0	0	209	0	0	64	0	289	0	0	0	0	0
TOTAL INTERSECCIÓN		1019														
UCP INTERSECCION		1027														

Fuente: Elaboración propia

**Diagrama.**

Con los datos recolectados se realizó el siguiente grafico circular para poder determinar qué tipo de vehículo circula con mayor intensidad por la intersección mencionada.

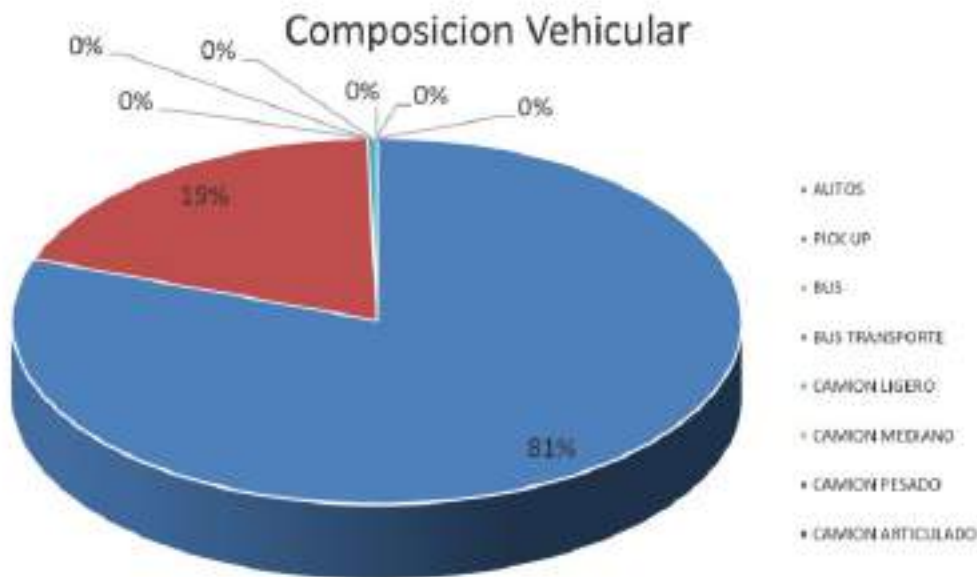


figura 210 Composición vehicular en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia



**Conclusión.**

En la figura 211, se pudo determinar con certeza el porcentaje para cada tipo de vehículo donde se aprecia que el mayor volumen pertenece a los **autos**.

**Determinación del factor de la Hora de Maxima demanda.**

**Procesamiento.**

Para determinar este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda, en nuestro caso de 7:30 – 8:30 horas, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min; con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF: Factor de hora pico

n60: Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n15: Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 93 Volumen cada 15 minutos en la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

VOLUMENES CADA 15 MIN	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30
	247	261	270	241

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94 Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

FHP=	N60/4N15
N60=	1019
N15=	270
FHP=	0.944
VHMD N15=	254.8

Fuente: Elaboración propia



### Diagrama.

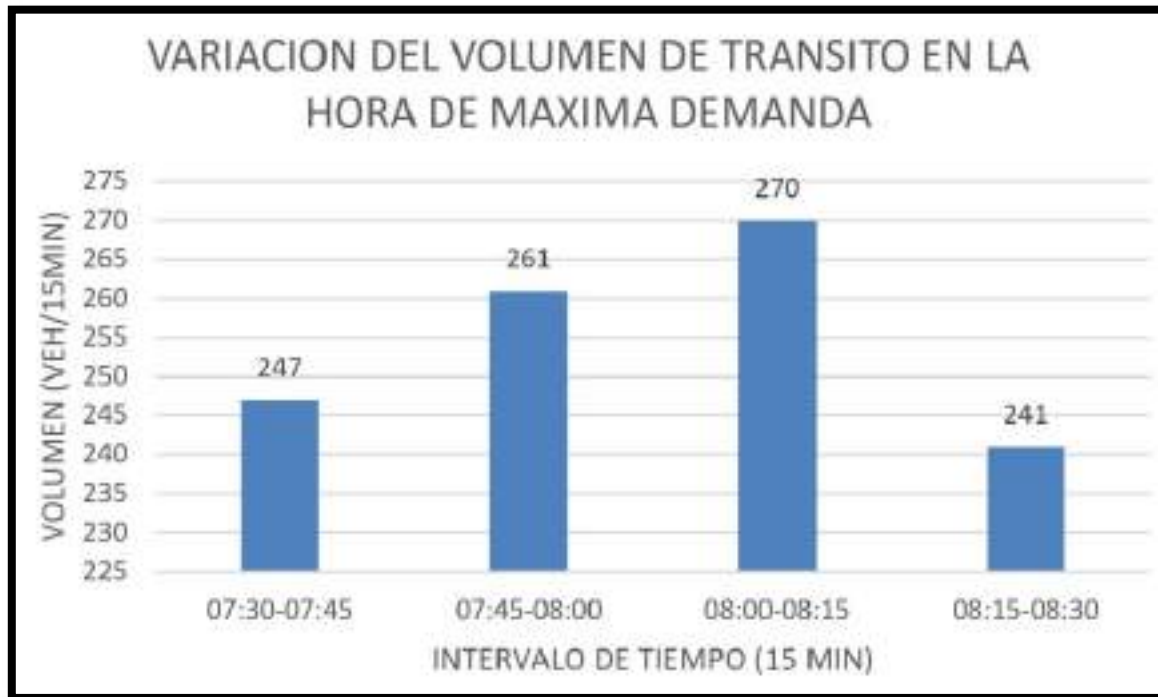


figura 211 Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Se determinó que el factor de hora pico para esta intersección es 0.944. Luego, partir de este factor (FHP) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se observa en la tabla 94.

### Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio aplicando la metodología HCM 2010 y software de simulación SYNCHRO 10.

#### Procesamiento.

Para entender mejor el procedimiento para determinar la capacidad vial y nivel de servicio, aplicando la metodología determinística del HCM 2016, describiremos paso a paso el proceso.

**PASO 1:** Identificamos los movimientos de los carriles

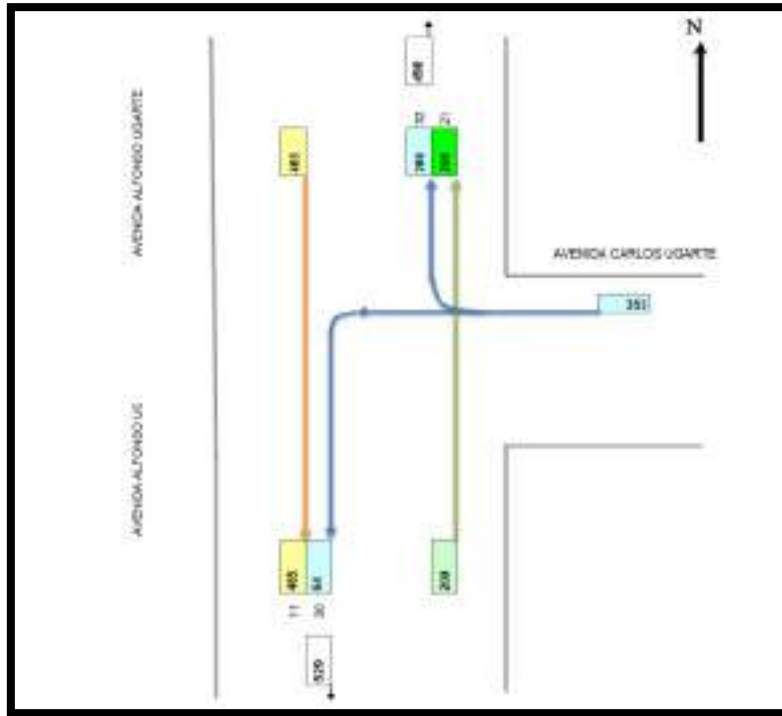


figura 212 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia

**PASO 2:** Abrimos la ventana de ajuste de volúmenes en la intersección seleccionada según la figura 92.

LANE SETTINGS	WB	WB	WB	WB	WB
Traffic Volume (vph)	64	200	0	400	200
Future Volume (vph)	64	200	0	400	200
Signal Name					
Link Distance (ft)	730		1400	436	
Link Speed (mph)	31		31	31	
Set Annual Name and Speed	WB		SB	NW	
Travel Time (s)	96.1		215	9.6	
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1000	1000	1000	1000	1000
Lane Width (ft)	12	12	12	12	12
Grade (%)	0		0	0	
Area Type CBO	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Storage Length (ft)	0	0		0	0
Storage Lane (ft)					
Right Turn Channelized		None		None	None
Left-Right (ft)					
Add Lanes (ft)					
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	1.000	0.050		1.000	0.050
Left Turn Factor (peak)	0.950	1.000		0.950	1.000
Saturated Flow Rate (pcnt)	1770	1503		1770	1621
Left Turn Factor (peak)	0.950	1.000		0.950	1.000
Right Ped Side Factor	1.000	1.000		1.000	1.000
Left Ped Factor	1.000	1.000		1.000	1.000
Saturated Flow Rate (pcnt)	1770	1503		1770	1621
Right Turn on Red?		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Saturated Flow Rate (RTOR)	0	0		0	0

figura 213 Movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2019), SYNCHRO 10



**PASO 3:** se ejecutan los volúmenes según el sentido de circulación.

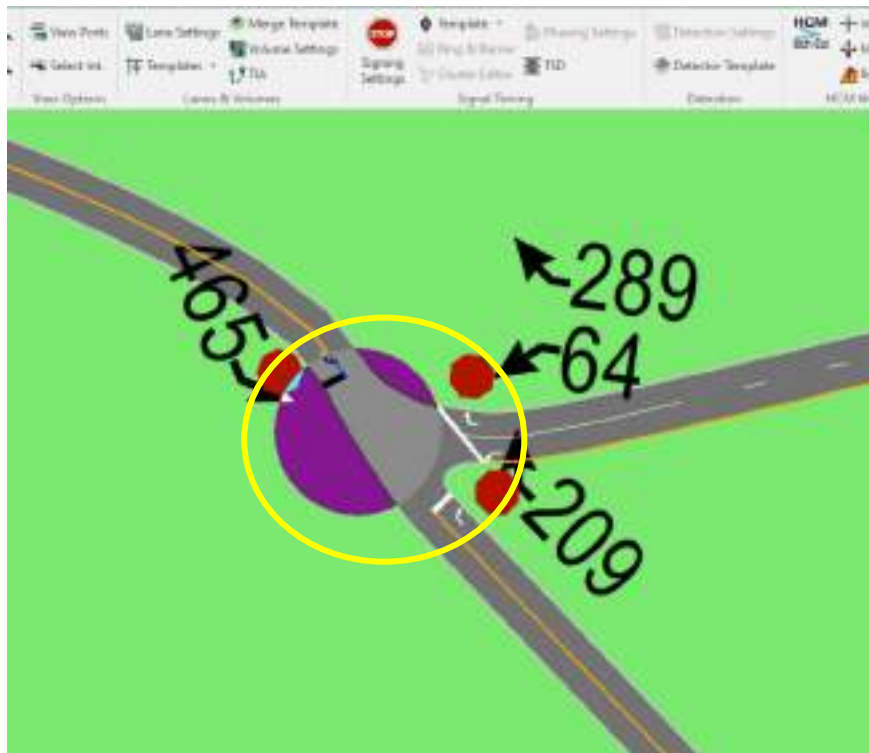


figura 214 movimientos y direcciones de los carriles de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)

**PASO 4:** Se realiza una simulación.

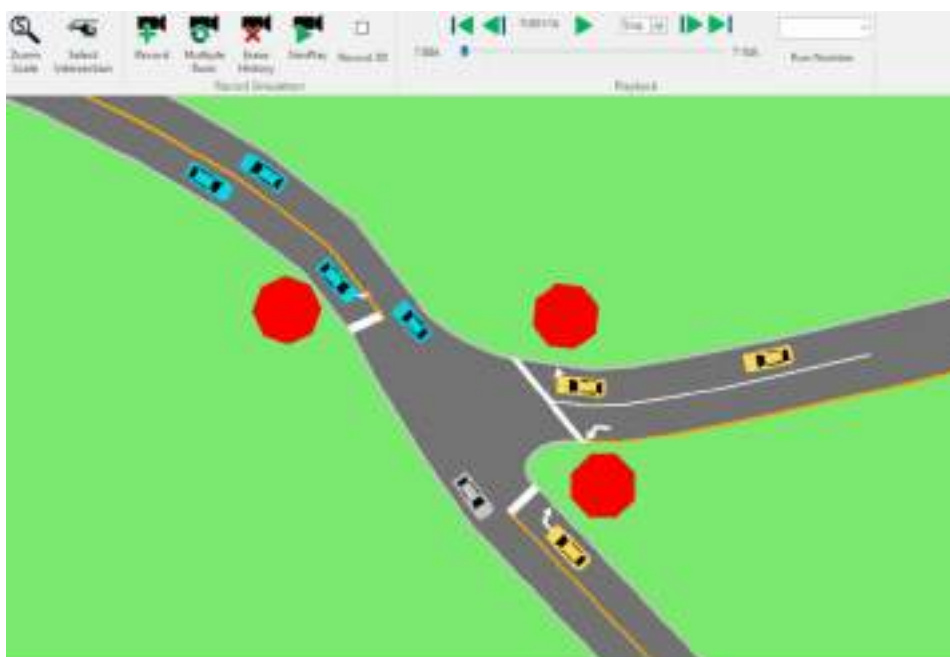


figura 215 Simulación del tráfico vehicular de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte.

Fuente: Elaboración propia (2020, SYNCHRO 10)





## Microsimulación con el software VISSIM.

### Procesamiento.

Para la micro simulación en el software VISSIM se utilizaron los volúmenes vehiculares de los aforos.

**PASO 1:** dibujamos las características geométricas de la intersección con los datos del levantamiento sobre el visor Bing Maps Tems Of Usage del VISSIM, luego se procede con el armado de la estructura de cada intersección donde se les llama nodos.



*figura 216 Vista en planta de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)

**PASO 2:** Ingresamos los volúmenes vehiculares obtenidas de los aforos y realizamos la simulación.



*figura 217 Simulación de la intersección no semaforizada: Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte*

Fuente: Elaboración propia (2020, VISSIM educacional)



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Según el método determinístico que usa el manual del HCM 2016 aplicado con el software SYNCHRO 10.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados extraídos del software SYNCHRO, de acuerdo al manual HCM 2016 realizado para cada intersección, por lo tanto, se tienen las siguientes demoras y niveles de servicio:

Tabla 95 Niveles de servicio según el software SYNCHRO

MODELACION RESULTADOS (NDS)		SYNCHRO ( METODO DETERMINISTICO)	
NODO	INTERSECCION	DEMORAS (seg)	NIVEL DE SERVICIO
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	63.9	E
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	13.9	B
3	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla	28.7	C
4	Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional	62.1	E
5	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte	1.5	A
6	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte	82.1	F
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	130.1	F
8	Prolongación Avenida Grau – Avenida Peru	130	F
9	Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte	33.9	C
10	Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena	105.2	F
11	Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte	15.2	B

Fuente: SYNCHRO

Como se puede observar en los resultados, las intersecciones 2(semáforizada), 3(semáforizada), 5(no semáforizada), 9 (no semáforizada) y 11 (no semáforizada) tienen niveles de servicio aceptables. El resto de intersecciones sobrepasa el límite de tolerancia (D), el resto de intersecciones opera bajo condiciones de saturación (E) y (F) y se puede observar que ya han colapsado.

Además, obtuvimos los valores V/C de las intersecciones semáforizadas en la siguiente tabla:

Tabla 96 Valores de la relación Volumen-Capacidad

MODELACION RESULTADOS (V/C)		
NODO	INTERSECCION	V/C
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	1.09
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	0.81
3	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla	0.90
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	1.24

Fuente: SYNCHRO

**Según el método de modelación por seguimiento vehicular que usa el software VISSIM 2019.**

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados extraídos del software VISSIM 2019, de acuerdo a la evaluación con micro simulación en las intersecciones se tienen los siguientes resultados en cuanto a las demoras y niveles de servicio.

Tabla 97 Niveles de servicio según el software VISSIM

Node	Movement	tStart	tEnd	Delay(All)	aveQueue	maxQueue	NDS
1	NW-SE	900	4500	42.8	50.3	106.8	E
1	NW-SE	900	4500	0	50.3	106.8	
1	NW-SE	900	4500	42.2	50.3	106.8	
1	NW-SE	900	4500	45.3	6.2	55.6	
1	NW-SW	900	4500	41.6	6.2	55.6	
1	SE-NW	900	4500	106.3	60.3	130.3	
1	SE-NW	900	4500	115.2	60.3	130.3	
1	SE-SW	900	4500	127.2	60.3	130.3	
1	SW-NW	900	4500	44.2	5.1	45.9	
1	SW-SE	900	4500	42.3	5.1	45.9	
1	SW-SE	900	4500	39.2	5.1	45.9	
1	All	900	4500	59	32.7	130.3	
2	N-E	900	4500	9.05	0	12	D
2	N-S	900	4500	22.2	157.3	377.4	
2	N-E	900	4500	25.1	139.8	351.8	
2	N-S	900	4500	29.3	157.3	377.4	
2	S-E	900	4500	5	0	0	
2	S-N	900	4500	0	0	0	
2	All	900	4500	15.12	75.7	377.4	
3	S-N	900	4500	78.2	73.1	132.5	E
3	S-SW	900	4500	74.1	73.1	132.5	
3	N-S	900	4500	8.9	5.6	24.3	
3	N-SW	900	4500	9.5	5.6	24.3	
3	SW-S	900	4500	9.1	7.3	90.4	
3	SW-N	900	4500	9.6	7.3	90.4	
3	All	900	4500	31.6	28.7	132.5	
4	W-E	900	4500	67	93.6	100	E
4	W-W	900	4500	69	93.6	100	
4	E-W	900	4500	64.5	174.7	283.2	
4	E-W	900	4500	59.7	174.7	283.2	
4	W-E	900	4500	35	0	0	
4	All	900	4500	59.0	107.3	283.2	
5	NE-SW	900	4500	4.3	56.3	83.3	A
5	NE-W	900	4500	1.2	56.3	83.3	
5	SW-NE	900	4500	0.4	0	0	
5	SW-W	900	4500	0.6	0	0	
5	All	900	4500	1.6	28.2	83.3	
6	NE-NW	900	4500	149	87.1	177.9	F
6	NE-SW	900	4500	96	87.1	177.9	
6	NW-NE	900	4500	103	1.8	59.5	
6	NW-SW	900	4500	88	1.8	59.5	
6	SW-NE	900	4500	29	0	0	
6	SW-NW	900	4500	25	0	0	
6	All	900	4500	81.7	29.6	177.9	



Node	Movement	tStart	tEnd	Delay(All)	aveQueue	maxQueue	NDS
7	E-N	900	4500	72	0.2	20.6	F
7	E-W	900	4500	124	0.2	20.6	
7	E-S	900	4500	294	0.2	20.6	
7	N-E	900	4500	209.3	136.5	143	
7	N-W	900	4500	157.5	136.5	143	
7	N-S	900	4500	149.4	136.5	143	
7	W-E	900	4500	155	130.2	196.1	
7	W-N	900	4500	149	130.2	196.1	
7	W-S	900	4500	134	130.2	196.1	
7	S-E	900	4500	132	87.8	109.3	
7	S-N	900	4500	97	87.8	109.3	
7	S-W	900	4500	34.7	87.8	109.3	
7	All	900	4500	142.3	88.7	196.1	
8	SW-SE	900	4500	69.7	69.1	105.7	F
8	SW-NE	900	4500	67.6	69.1	105.7	
8	SW-NW	900	4500	68.2	69.1	105.7	
8	SE-SW	900	4500	90	54.7	99.8	
8	SE-NE	900	4500	96	54.7	99.8	
8	SE-NW	900	4500	155	54.7	99.8	
8	NE-SW	900	4500	207.9	469.3	510.2	
8	NE-SE	900	4500	279.4	469.3	510.2	
8	NE-NW	900	4500	197.8	469.3	510.2	
8	NW-SW	900	4500	122	5.5	49.8	
8	NW-SE	900	4500	68	5.5	49.8	
8	NW-NE	900	4500	55	5.5	49.8	
8	All	900	4500	123.1	149.6	510.2	
9	SW-N	900	4500	123.4	112.4	197.3	E
9	SW-SW	900	4500	14.5	0.4	34	
9	SW-N	900	4500	14.2	0.4	34	
9	N-SW	900	4500	0.1	0	0	
9	N-SW	900	4500	0.3	0	0	
9	All	900	4500	30.5	22.6	197.3	
10	W-E	900	4500	282.3	79.5	100.1	F
10	W-S	900	4500	369.7	79.5	100.1	
10	W-N	900	4500	309.7	79.5	100.1	
10	E-W	900	4500	496.4	336	504.7	
10	E-S	900	4500	346.7	336	504.7	
10	E-N	900	4500	351.9	336	504.7	
10	S-W	900	4500	86.4	260.9	416.1	
10	S-E	900	4500	69	260.9	416.1	
10	S-N	900	4500	92	260.9	416.1	
10	N-W	900	4500	2.2	30.2	103.9	
10	N-E	900	4500	3.2	30.2	103.9	
10	N-S	900	4500	4.6	30.2	103.9	
10	All	900	4500	100.6	176.6	504.7	
11	E-SE	900	4500	4.1	0.1	13.2	C
11	E-N	900	4500	30.7	0.1	13.2	
11	SE-N	900	4500	25.3	0	0	
11	N-SE	900	4500	3.2	0	0	
11	All	900	4500	15.8	0	13.2	

Fuente: VISSIM 2019



Para los resultados del software VISSIM 2019, se observa que la mayoría de los niveles de servicio y demoras son inaceptables, únicamente en los nodos 2 (semaforizada), 5(no semaforizada) y 11(no semaforizada) se tienen valores menores a (D). El resto de intersecciones opera bajo condiciones de saturación (E) y (F) y se puede observar que ya han colapsado.

Tabla 98 Comparación de resultados entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM 2019)

MODELACION RESULTADOS (NDS)		SYNCHRO (DETERMINISTICO)		VISSIM (SEGUIMIENTO VEHICULAR)		COMPARATIVO
NODO	INTERSECCION	DEMORAS (seg)	NIVEL DE SERVICIO	DEMORAS (seg)	NIVEL DE SERVICIO	% DEMORAS
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	63.9	E	59	E	-8%
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	13.9	B	15.12	B	9%
3	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ramón Castilla	28.7	C	31.6	C	10%
4	Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional	62.1	E	59.04	E	-5%
5	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte	1.5	A	1.6	A	7%
6	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte	82.1	F	81.7	F	0%
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	130.1	F	142.3	F	9%
8	Prolongación Avenida Grau – Avenida Peru	130	F	123.1	F	-5%
9	Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte	33.9	C	30.5	C	-10%
10	Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena	105.2	F	100.6	F	-4%
11	Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte	15.2	B	15.8	B	4%

Fuente: Elaboración Propia

Al comparar ambos modelos se tiene que los resultados de demoras son parecidos con una diferencia entre ambos métodos de máximo 10%.

- Con los resultados obtenidos por el método determinístico, los niveles de servicio de la mayoría de intersecciones fluctúan entre E y F, lo cual según el HCM 2016 aplicada con el SYNCHRO nos permitirá hacer proyectos y plantear una mejor solución (Ver Anexos).
- Con el sistema de seguimiento vehicular, nos dan como resultados niveles de servicio muy parecidos al del método determinístico, por lo que podremos hacer un estudio a nivel de expediente técnico usando cualquiera de los dos métodos.
- Con los estudios realizados y los resultados se propondrán y encaminarán nuevos proyectos, para que de esta forma las vías puedan brindarles un mejor servicio a los usuarios de las vías estudiadas (Ver anexos).



## CAPÍTULO V: DISCUSIONES

### Discusión 1

**¿Es factible utilizar el manual del HCM 2016, como una metodología válida para el análisis de la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación Avenida Grau?**

Sí es factible puesto que este usa un método determinístico basado en fórmulas matemáticas, además que se adapta a condiciones locales como geometría, tráfico, demanda vehicular y peatonal, entre otros parámetros propias de vías urbanas del Cusco.

### Discusión 2

**¿Es factible aplicar la metodología de seguimiento vehicular para el análisis de capacidad vial de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la avenida Agustín Gamarra y prolongación Avenida Grau?**

Si es factible ya que el método de seguimiento vehicular consiste en simular o crear un entorno real donde los vehículos interactúan con otros como peatones y siguen las reglas de los dispositivos de control que se presentan en campo, también se usa los datos reales de campo como geometría, volumen, composición del tráfico entre otros. Así mismo pudimos comprobar que los resultados obtenidos son parecidos con el método determinístico que aplica el manual HCM 2010.

### Discusión 3

**¿Está avalada la metodología del manual HCM 2016 por el manual de diseño geométrico 2018 peruana del ministerio de transporte comunicaciones?**

El manual HCM 2016 está avalado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante el manual de diseño geométrico DG-2018, el mismo que en su capítulo de capacidad vial, cita al HCM 2016 como una metodología válida basada en cálculo de demoras para la estimación de los niveles de servicio.



#### **Discusión 4**

##### **¿En qué consiste el método de seguimiento vehicular que aplica el software VISSIM 2019?**

El método de seguimiento vehicular que aplica el software VISSIM 2019 consiste en la construcción de un modelo de vehículos que interactúan entre sí cumpliendo leyes de movimiento vehicular y de comportamiento de un conductor en condiciones normales, así como su interacción con controladores de tráfico como son semáforos o señales de parada en las intersecciones.

#### **Discusión 5**

##### **¿Cuál es la diferencia entre el método de seguimiento vehicular y el método determinístico?**

La metodología determinística usa fórmulas matemáticas a manera de una hoja de cálculo, en la cual se calculan la capacidad vial, la relación volumen capacidad, las demoras y los niveles de servicio, mientras que el método de seguimiento vehicular solo calcula las demoras y el nivel de servicio de cada intersección.



## GLOSARIO

- **Modo de transporte:** es aquella modalidad o forma de transporte a la que acceden las personas para poder desplazarse de un lugar a otro. Los modos de transporte en el Perú son: modo caminata (peatonal), modo privado, modo taxi-colectivo y modo público.
- **Acera:** aquella infraestructura peatonal que también es conocida como vereda, además forma parte de la vía o calle y se encuentra más elevada respecto a la calzada, por la cual circulan los peatones.
- **Ancho efectivo de vía:** es la distancia que se puede utilizar de forma efectiva por los vehículos en sus movimientos o también la distancia de la “línea límite de obstáculo...”
- **Objetos fijos:** es un objeto no móvil a lo largo de una carretera, que incluye postes de luz, señales, árboles, pilares, pasamanos de puentes, barreras de tránsito y muros de contención.
- **Intersección:** Zona común a dos o varias calles, carreteras o caminos que se cruzan al mismo nivel y en la que se incluyen las plataformas que puedan utilizar los vehículos y los peatones para el desarrollo de todos los movimientos posibles.
- **Carril:** parte de la calzada destinada al tránsito de una fila de vehículos. Es la banda longitudinal de la calzada destinada al tránsito de vehículos en un solo sentido y que cuenta con sus respectivas dimensiones.
- **Calzada:** es aquella parte de una vía comprendida entre dos aceras sobre la cual transitan los vehículos motorizados y también bicicletas.
- **Longitud de ciclo:** tiempo transcurrido entre los finales de dos terminaciones secuenciales de un intervalo dado.
- **Retraso:** tiempo de viaje adicional experimentado por un conductor, pasajero, ciclista o un peatón más allá del requerido para viajar a la velocidad deseada.
- **Tiempo verde efectivo:** tiempo durante el cual un movimiento de tráfico determinado o un conjunto de movimientos puede proceder a la tasa de flujo de saturación; es igual al tiempo fraccionado menos el tiempo perdido.
- **Paso peatonal:** zona transversal al eje de un camino destinado al cruce de peatones mediante regulación de prioridad de paso peatonal frente a vehículos, conocidos como también como cruceos peatonales.
- **Área de espera:** zona necesaria para acomodar a los peatones que esperan durante la fase roja.





- Volumen de tránsito vehicular: también denominado aforo o conteo, es un estudio realizado comúnmente en ingeniería de tránsito, su objetivo es cuantificar la demanda de infraestructura vehicular, especialmente su variación (espacial y temporal), distribución (por sentido o cruces en accesos de intersecciones) y composición
- Densidad y espacio vehicular: se expresa como la relación entre el número de vehículos que ocupan una determinada área en un instante determinado. El espacio vehicular representa el área promedio disponible para cada vehículo en un instante determinado.



## CONCLUSIONES

### Conclusión General

**No hay diferencia en cuanto a la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas en la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau comparando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y la metodología de seguimiento vehicular haciendo una micro simulación con el software VISSIM 2019.**

Tabla 99 Comparación de niveles de servicio entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM 2019)

MODELACION RESULTADOS (NDS)		SYNCHRO (DETERMINISTICO)	VISSIM (SEGUIMIENTO VEHICULAR)	
NODO	INTERSECCION	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO	
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	E	E	SEMAFORIZADO
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	B	B	SEMAFORIZADO
3	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla	C	C	SEMAFORIZADO
4	Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional	E	E	NO SEMAFORIZADO
5	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte	A	A	NO SEMAFORIZADO
6	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte	F	F	NO SEMAFORIZADO
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	F	F	SEMAFORIZADO
8	Prolongación Avenida Grau – Avenida Peru	F	F	NO SEMAFORIZADO
9	Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte	C	C	NO SEMAFORIZADO
10	Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena	F	F	NO SEMAFORIZADO
11	Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte	B	B	NO SEMAFORIZADO

Fuentes: Elaboración propia

Esta hipótesis se cumple, de acuerdo a los resultados podemos observar que las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas tienen el mismo nivel de servicio.

### Conclusión 1

**Las Condiciones geométricas si influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas no semaforizadas en las Avenidas Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2016 y micro simulación con VISSIM 2019.**

Las condiciones geométricas de las vías influyen en el cálculo de las medidas de efectividad para ambos métodos: determinístico y de seguimiento vehicular.

Al representar las condiciones geométricas de campo como son el número de carriles, ancho de carriles, carriles exclusivos para giros para ambos modelos, así como las pendientes, estos valores entran en el cálculo tanto de la formula determinística del manual HCM 2016 y también

el comportamiento vehicular del conductor en el modelo de seguimiento vehicular, ambos modelos muestran restricciones y valores específicos de demoras para condiciones locales de campo.

Tabla 100 Comparación de tiempos de demoras entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM 2019)

MODELACION RESULTADOS (NDS)		SYNCHRO (DETERMINISTICO)	VISSIM (SEGUIMIENTO VEHICULAR)	
NODO	INTERSECCION	DEMORAS (seg)	DEMORAS (seg)	
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	63.9	59	SEMAFORIZADO
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	13.9	15.12	SEMAFORIZADO
3	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ramón Castilla	28.7	31.6	SEMAFORIZADO
4	Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional	62.1	59.04	NO SEMAFORIZADO
5	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte	1.5	1.6	NO SEMAFORIZADO
6	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte	82.1	81.7	NO SEMAFORIZADO
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	130.1	142.3	SEMAFORIZADO
8	Prolongación Avenida Grau – Avenida Peru	130	123.1	NO SEMAFORIZADO
9	Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte	33.9	30.5	NO SEMAFORIZADO
10	Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena	105.2	100.6	NO SEMAFORIZADO
11	Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte	15.2	15.8	NO SEMAFORIZADO
Promedio de intersecciones semaforizadas		59.15	62.01	SEMAFORIZADO
Promedio de intersecciones no semaforizadas		61.43	58.91	NO SEMAFORIZADO

Fuentes: Elaboración propia

Por lo tanto, la hipótesis cumple, ya que, al observar los resultados de la tabla anterior podemos concluir que las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas tienen tiempos de demora promedio muy similares, estos tiempos de demora son indicadores de la cantidad de vehículos que pasan por una intersección, por ende, **las condiciones geométricas favorecieron a las intersecciones no semaforizadas (teniendo un máximo de demora de 130 segundos en el nodo 8) de la Avenida Agustín Gamarra y la Prolongación Avenida Grau con respecto a las intersecciones semaforizadas (teniendo un máximo de demora de 142.3 segundos en el nodo 7).**

## Conclusión 2

**Las condiciones semaforicas son ineficientes e influyen negativamente en los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas en la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau.**

Los parámetros del sistema de control semaforico tienen una influencia en el cálculo de las medidas de efectividad para ambos métodos: determinístico y de seguimiento vehicular.

Como se puede observar en ambos modelos las fases y ciclos semaforicos obtenidos de campo reflejan condiciones operacionales reales, los mismos que restringen la circulación debido a



flujos transversales a lo largo de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau, en ambos casos estos valores fueron considerados como parámetros de calibración de los modelos representando una circulación más real.

Tabla 101 Comparación de niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM 2019)

MODELACION RESULTADOS (NDS)		SYNCHRO (DETERMINISTICO)	VISSIM (SEGUIMIENTO VEHICULAR)
NODO	INTERSECCION	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	E	E
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	B	B
3	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla	C	C
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	F	F

Fuentes: Elaboración propia

La hipótesis cumple, ya que **las condiciones semaforicas en las intersecciones semaforizadas en la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau son ineficientes**, ya que la calificación en cuanto a niveles de servicio por ambos métodos no es óptima, por lo tanto, requiere una recalibración o una optimización para evaluar una progresión semaforica a lo largo de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau (ver propuestas de nuevas fases de tiempos semaforicos en Anexos).

### Conclusión 3

**La diferencia de los tiempos de demora que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas en las Avenidas Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau es menor al 10%.**

Como se explicó anteriormente los tiempos de demora son indicadores de la cantidad de vehículos que pasan por una intersección

Tabla 102 Comparación del porcentaje de los tiempos de demoras entre el método determinístico (SYNCHRO) y el método de seguimiento vehicular (VISSIM 2019)

MODELACION RESULTADOS (NDS)		SYNCHRO (DETERMINISTICO)	VISSIM (SEGUIMIENTO VEHICULAR)	COMPARATIVO
NODO	INTERSECCION	DEMORAS (seg)	DEMORAS (seg)	% DEMORAS
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	63.9	59	-8%
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	13.9	15.12	9%
3	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla	28.7	31.6	10%
4	Avenida Agustín Gamarra – Calle Profesional	62.1	59.04	-5%
5	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Carlos Ugarte	1.5	1.6	7%
6	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Alfonso Ugarte	82.1	81.7	0%
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	130.1	142.3	9%
8	Prolongación Avenida Grau – Avenida Peru	130	123.1	-5%
9	Prolongación Avenida Grau – Avenida Alfonso Ugarte	33.9	30.5	-10%
10	Prolongación Avenida Grau – Avenida Antonio Lorena	105.2	100.6	-4%
11	Avenida Alfonso Ugarte – Avenida Carlos Ugarte	15.2	15.8	4%

Fuentes: Elaboración propia

Si se cumple la hipótesis en vista de **que en la comparación de resultados entre ambos métodos la diferencia de demoras no supera el 10%**.

Se concluye que para posteriores estudios se puede usar cualquiera de los dos métodos con un margen de error entre ambos del 10%.

#### Conclusión 4

**La relación V/C de las intersecciones semaforizadas en las Avenidas Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau es mayor que 1.**

Tabla 103 Determinación de la relación V/C por el método determinístico, usando el manual HCM 2010

MODELACION RESULTADOS (V/C)		
NODO	INTERSECCION	V/C
1	Avenida Agustín Gamarra – Avenida Ejercito	1.09
2	Avenida Agustín Gamarra – Calle Hipólito Unanue	0.81
3	Avenida Agustín Gamarra– Avenida Ramón Castilla	0.90
7	Avenida Agustín Gamarra – Prolongación Avenida Grau	1.24

Fuentes: Elaboración propia

Si se cumple la hipótesis en vista de **que en los resultados según el modelamiento usando el método determinístico y el manual HCM 2016 se observan valores de 1.09 y de 1.24.**

Con estos valores que superan 1, se concluye que el volumen de vehículos que circulan por estas intersecciones es mayor a la capacidad que tienen dichas intersecciones, al plantear la solución se puede observar mejoras respecto a la Volumen/Capacidad de las intersecciones semaforizadas.



## RECOMENDACIONES

### Recomendación 1

La aplicación de la metodología determinística es recomendada para estudio preliminares como perfiles y planes viales mientras que la micro simulación para estudio definitivos como expedientes técnicos de ejecución, teniendo en cuenta un 10% de variación entre ambos métodos con respecto a las demoras. La micro simulación nos permite realizar cálculos más exactos ya que los parámetros de la micro simulación por seguimiento vehicular son más numerosos que los usados por el HCM 2016.

### Recomendación 2

Se recomienda a las autoridades competentes en materia de regulación del tráfico antes de implementar la mejora de la infraestructura vial en nuestra zona de estudio hacer una indagación más recóndita de COSTO/BENEFICIO y su tasa de recuperación de la inversión a lo largo de su vida útil del proyecto: mejora de las características geométricas con la ampliación y construcción de un carril en ambos sentidos de la infraestructura vial de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau, el cual propusimos en nuestra investigación, cuyo proyecto necesariamente requiere la expropiación de más de 75 propiedades privadas, teniendo como consecuencia un costo de inversión fuertemente alto.

### Recomendación 3

Se recomienda que las autoridades respectivas implementen estas modificaciones del uso de la de la técnica de gestión de la demanda en el transporte (TDM - TRANSPORT DEMAND MANAGEMENT) para la optimización de los dispositivos de control en las intersecciones semaforizadas de la Avenida Agustín Gamarra y Prolongación Avenida Grau según resultados de la presente investigación, para una mejora de los niveles de servicio, y reducir los tiempos de viajes y costos de operación de los usuarios.

### Recomendación 4

El método del HCM 2016 aplicado a nuestra tesis es recomendado por la normativa peruana, pero esta debería adaptarse más a la realidad de nuestro país para obtener e interpretar mejor los resultados operacionales de la oferta vial de nuestras vías. Para lo cual se recomienda realizar investigaciones de tesis de calibración de los valores de las funciones de volumen - demora, a fin de medir los valores del grado de congestión y el tiempo de recorrido en



condiciones reales en las calles y avenidas de nuestro país, para una mejor determinación de sus capacidades y niveles de servicio de nuestras vías.

#### **Recomendación 5**

Se recomienda realizar futuras investigaciones de la Avenida Grau y la Avenida Ejercito ya que estas avenidas son colindantes con nuestro circuito estudiado y son las que principalmente alimentan el flujo vehicular a la Avenida Agustín Gamarra y la Prolongación Avenida Grau.



## REFERENCIAS

(10 de 09 de 2019). Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/analisis-de-flujo-vehicular-cal-y-mayor.pdf>

(10 de 10 de 2019). Obtenido de <https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/what-is-brt/>

Acosta, M. E. (15 de Mayo de 2017). *Elementos Basicos del Transito*.

Álvarez G., J. A. (1975). *Diseño de pavimento de plataforma del aeropuerto federal en la ciudad de Hermosillo*. Sonora: Universidad de Sonora Escuela de Ingeniería Civil.

Bell, A. G. (2010). *Guía de planificación del sistema BTR*.

*capacidad y niveles de servicio*. (10 de 10 de 2019). Obtenido de capacidad y niveles de servicio:

[https://www.academia.edu/7014177/CAPACIDAD\\_Y\\_NIVELES\\_DE\\_SERVICIO\\_DE\\_LA\\_INFRAESTRUCTURA\\_VIAL](https://www.academia.edu/7014177/CAPACIDAD_Y_NIVELES_DE_SERVICIO_DE_LA_INFRAESTRUCTURA_VIAL)

Cardenas, R. C. (2007).

Danhke, G. (1989). *Investigación y Comunicación*. México: C. Fernandez - Collado.

DEPARTMENT OF THE ARMY, HEADQUARTERS. (1982). *TECHNICAL MANUAL TM5-623 PAVEMENT MAINTENANCE MANAGEMENT*. Washington - DC: DEPARTMENT OF THE ARMY.

DEUMAN. (2006). *Estudio de la circulación en el Centro Histórico de la ciudad de Cusco*.

*Elementos de la teoría del tráfico vehicular*. (10 de 2 de 2011). Obtenido de Elementos de la teoría del tráfico vehicular:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A4.pdf>

ESCOBAR, F. Á. (2007 ). *CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO*. Tunja: Editorial Uptc.

Gerencia de Centro Histórico. (2018). Plan Maestro Centro Histórico Cusco. Obtenido de <http://www.cusco.gob.pe/plan-maestro-del-centro-historico/>

Gilbert, A., & Churchill. (2003). *Investigación de Mercados*. México: S.A. Ediciones Paraninfo.





Hernández, R., Fernández, & Batista. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.

*highway capacity manual* . (2000). washington D.C. .

Jerez Castillo, S. M., & Torres Cely, L. P. (2012). *Manual de Diseño de Infraestructura Peatonal Urbana*.

Juan Gabriel Tapia Arandia, R. D. (2016). *APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE INGENIERÍA DE TRÁFICO*. Bolivia.

Kraemer, C. (s.f.). *Ingenieria de carreteras volumen I*.

*manual de carreterasdg 2014*. (10 de 10 de 2019). Obtenido de manual de carreterasdg 2014: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3580.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf)

Ministerio de Vivienda Construcción y Sanamiento. (2010). *NORMA CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS*. LIMA: SENCICO.

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimento para Carreteras*. Bogota: Universidad Católica de Colombia.

NAVARRO, s. (23 de 10 de 2019). *ANALISIS DE FLUJO VEHICULAR*. Obtenido de ANALISIS DE FLUJO VEHICULAR: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/analisis-de-flujo-vehicular-cal-y-mayor.pdf>

Ninaya Gonzales, S. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. LIMA: ICG.

Norma ASTM, D. (2005). *INDICE DE CONDICION DE PAIMENTOS EN AEROPUERTOS (PCI)*. EE.UU: ASTM.

NZ Transport Agency. (2009). *Pedestrian planning and design guide*. Obtenido de <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/pedestrian-planning-guide/docs/pedestrian-planning-guide.pdf>

Organizacion de especialistas en transporte. (20 de Noviembre de 2013). *Jerarquía de la movilidad urbana (pirámide)*. Obtenido de ITDP: <http://mexico.itdp.org/multimedia/infografias/jerarquia-de-la-movilidad-urbana-piramide/>



Organos de Gobierno Cusco. (2016). Plan de movilidad y espacio publico Cusco. *III*, 53. Obtenido de <http://pubdocs.worldbank.org/en/470011522169269018/Revista-Ed-3-Cusco-2025.pdf>

Pascual, J., Dolores, F., & García, F. (1996). *Manual de psicología experimental*. . España: Ariel, S.A.

R. Rafael Cal y Mayor, J. C. (2007). *Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico: Alfaomega.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2011). Norma GH. 020. Obtenido de [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMA\\_GH.020\\_COMPOENENTES\\_DE\\_DISENO\\_URBANO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMA_GH.020_COMPOENENTES_DE_DISENO_URBANO.pdf)

Sanchez, F. (2008). *Evaluacion de Pavimentos*.

*service\_design\_guidelines\_vta.pdf*. (10 de 10 de 2019). Obtenido de [service\\_design\\_guidelines\\_vta.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/service_design_guidelines_vta.pdf): [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/service\\_design\\_guidelines\\_vta.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/service_design_guidelines_vta.pdf)

Sotil Chávez, A. (2014). Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Regionales. *Revista Infraestructura Vial*, 13-24.

T, M. I. (10 de 10 de 2019). *sjnavarro.files*. Obtenido de [sjnavarro.files](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf): <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf>

Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El Proceso de la Investigación*. México: Editoial Limusa.

Transportation Research Board . (2010). *Highway capacity manual 2010*.

Transportation Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual*. EE.UU.: F.C. Editorial.

Universidad Mayor de San Simón. (2004). *Pavimentos*. Cochabamba, Bolivia: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN.

Vázquez Varela, L. R. (2014). *Modelos de Predicción de la Condición del Pavimento*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.