

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Validación del factor por obstrucción de buses (f_{bb}) para
las condiciones del distrito de Huancayo - Junín- 2018**

Alvaro José Villaverde Ospinal

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi madre y hermano por brindarme todo su apoyo en el arduo camino de la vida universitaria, y apoyarme incondicionalmente en cada momento de mi vida y por los consejos impartidos. A mis tíos y abuelos por su ayuda incondicional durante mi formación profesional.

Agradezco también a mi asesor Andrés Sotil Chávez, por guiarme en este trabajo de investigación, y por su labor en la revisión.

Finalmente agradezco a mis compañeros de aula, quienes me dieron ánimos las veces que surgían frustraciones durante el proceso de elaboración de esta investigación.

DEDICATORIA

A mi hermano Eduardo y a mi mamá Blanca por el cariño de siempre. A Lorena por apoyarme constantemente.

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	8
1.2.1 Problema general	8
1.2.2 Problemas específicos.....	8
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos	9
1.4 Justificación e importancia.....	9
1.5 Hipótesis.....	10
1.5.1 Hipótesis general.....	10
1.5.2 Hipótesis nula.....	10
1.5.3 Hipótesis alterna.....	10
1.5.4 Hipótesis específicas.....	10
1.6 Variables.....	11
1.6.1 Variable dependiente.	11
1.6.2 Variable independiente.	11

1.7	Limitaciones	12
CAPÍTULO II		13
MARCO TEÓRICO		13
2.1	Antecedentes de la investigación.	13
2.2	Bases teóricas	21
2.2.1	Fundamentos teóricos.	21
2.2.2	Metodologías existentes.....	62
2.2.3	Definición de términos básicos.....	65
CAPÍTULO III.....		69
Metodología		69
3.1	Método y alcances de la investigación	69
3.1.1	Método de la Investigación	69
3.2	Alcances de la Investigación	69
3.3	Diseño de la Investigación	70
3.3.1	Tipo de diseño de investigación.....	70
3.4	Población y muestra	70
3.4.1	Población.....	70
3.4.2	Muestra.	70
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
3.5.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	72
3.5.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	72
CAPITULO IV		73
Resultados y discusión		73
4.1	Resultados	73
4.1.1	Tiempos obtenidos en las intersecciones más concurridas del distrito de Huancayo.	74
4.1.2	Tiempo promedio del bloqueo por obstrucción de vehículos del transporte público del distrito de Huancayo.	81
4.1.3	Descripción y características de las intersecciones a estudiar	84
4.1.4	Aforo vehicular y volumen ajustado de las intersecciones a analizar.	88
4.1.5	Cálculo de las demoras utilizando la metodología del HCM 2000 sin modificar el factor f_{bb}	94
4.1.6	Cálculo de las demoras utilizando la metodología HCM 2000 reajustando el factor f_{bb} por el obtenido.	106

4.1.7	Nivel de Servicio utilizando el HCM 2000 sin modificar el factor f_{bb} y modificando el factor f_{bb} .	114
4.1.8	Cálculo de las demoras y niveles de servicio en las intersecciones de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, Av. Paseo la Breña y Av. Real, proyectando los volúmenes al año 2023.....	118
4.2	Discusión de resultados	123
CONCLUSIONES		127
RECOMENDACIONES		130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		132
ANEXOS.....		136

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caracterización de las unidades del transporte público de Huancayo.....	7
Figura 2. Vista de la unidad de transporte público clasificada como auto colectivo.....	22
Figura 3. Unidad de transporte público camioneta rural.....	23
Figura 4. Unidad de transporte público bus mediano	24
Figura 5. Vista de coaster encerrada en el círculo rojo.....	25
Figura 6. Unidad de transporte público minivan-colectivo	26
Figura 7. Funcionamiento del semáforo en condiciones no saturadas.....	27
Figura 8. Funcionamiento del semáforo bajo efectos aleatorios y sobrecarga.....	28
Figura 9. Magnitudes de colas en intersecciones semaforizadas.....	28
Figura 10. Ubicación de las intersecciones a estudiar.	74
Figura 11. Reglaje semafórico del cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali	85
Figura 12. Intersección de la Av. Giráldez y el Jr. Omar Yali	86
Figura 13. Reglaje semafórico del cruce de la Av. Paseo la Breña y la Av. Real	87
Figura 14. Intersección de la Av. Paseo la Breña y la Av. Real	88
Figura 15. Representación geométrica y del tráfico vehicular en hora punta de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali	90
Figura 16. Representación geométrica y del tráfico vehicular en hora punta de la intersección de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña	93
Figura 17. Bloqueo de un auto colectivo en la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.	140
Figura 18. Bloqueo de una combi en la Av. Paseo la Breña y Jr. Arequipa.....	140
Figura 19. Bloqueo de un coaster en la Av. Giráldez y Jr. Ancash	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pago anual a los choferes según cada estado de Estados Unidos.	4
Tabla 2. Tipos de llegada.	39
Tabla 3. Relación entre el pelotón y tipos de llegada.	53
Tabla 4. Factor de ajuste suplementario de secuencia.	53
Tabla 5. Valores de k a tomar en cuenta cada tipo de controlador.	56
Tabla 6. Valores de I para intersecciones no aisladas.	56
Tabla 7. Criterio del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas.	60
Tabla 8. Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali (A).	75
Tabla 9. Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Ancash (B).	76
Tabla 10. Intersección de la Av. Paseo la Breña y Jr. Arequipa (C).	77
Tabla 11. Intersección de la Av. Huancavelica y Jr. Puno (D).	79
Tabla 12. Intersección de la Av. Ferrocarril y Jr. Cusco (E).	80
Tabla 13. Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Huancas (F).	80
Tabla 14. Intersección de la Av. Real y Jr. Tarapacá (G).	81
Tabla 15. Tabla de distribución de frecuencias.	81
Tabla 16. Resumen estadístico.	82
Tabla 17. Equivalente de vehículos en UCP.	89
Tabla 18. Hora con mayor demanda vehicular en el cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.	89
Tabla 19. Hora con mayor demanda en el cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali convertido en UCP.	90
Tabla 20. Volúmenes ajustados por el factor de hora punta en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.	91
Tabla 21. Hora con mayor demanda en el cruce de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña. ..	92
Tabla 22. Hora con mayor demanda en el cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña convertido en UCP.	92
Tabla 23. Volúmenes ajustados por el factor de hora punta en la intersección de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña	93
Tabla 24. Tasa de flujo de saturación de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.	94

Tabla 25. Factor de ajuste f_{LT} por cada acceso de la intersección Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.....	95
Tabla 26. Factor de ajuste f_{Lpb} para cada acceso de la intersección Av. Giráldez y Jr. Omar Yali,.....	96
Tabla 27. Factor de ajuste f_{Rpb} para cada acceso de la intersección Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.....	97
Tabla 28. Análisis de la capacidad y cálculo del grado de saturación de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.	97
Tabla 29. Cálculo de las demoras tipo d_1 y d_3 en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.....	99
Tabla 30. Cálculo de la demora tipo d_2 de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.	100
Tabla 31. Tasa de flujo de saturación de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.....	101
Tabla 32. Factor de ajuste f_{LT} para el acceso este-oeste de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.....	102
Tabla 33. Factor de ajuste f_{Lpb} para el acceso este-oeste de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.....	103
Tabla 34. Factor de ajuste f_{Rpb} para cada acceso de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.....	103
Tabla 35. Análisis de la capacidad y cálculo del grado de saturación de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.....	104
Tabla 36. Cálculo de las demoras tipo d_1 y d_3 en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.	105
Tabla 37. Cálculo de la demora tipo d_2 de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.....	105
Tabla 38. Cálculo de la tasa del flujo de saturación modificada por el reajuste del factor f_{bb} de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali	106
Tabla 39. Cálculo de la capacidad y del grado de saturación modificados por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.....	107
Tabla 40. Cálculo de las nuevas demoras de tipo d_1 y d_3 ocasionadas por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.....	108
Tabla 41. Cálculo de la nueva demora tipo d_2 modificada por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali	109
Tabla 42. Cálculo de la tasa del flujo de saturación modificada por el reajuste del factor f_{bb} de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.	110

Tabla 43. Cálculo de la capacidad y del grado de saturación modificados por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.	111
Tabla 44. Cálculo de las nuevas demoras de tipo d_1 y d_3 ocasionadas por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.	112
Tabla 45. Cálculo de la demora tipo d_2 modificada por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.....	113
Tabla 46. Comparación de resultados sin considerar y considerando el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.	115
Tabla 47. Comparación de resultados sin considerar y considerando el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.	116
Tabla 48. Volumen proyectado al año 2023 de la Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.....	119
Tabla 49. Demoras de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali en el año 2023 sin modificar el factor f_{bb}	119
Tabla 50. Demoras de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali en el año 2023 modificando el factor f_{bb}	120
Tabla 51. Comparación de los resultados de demoras y niveles de servicio al modificar y sin modificar el factor f_{bb} de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali para el año 2023.	120
Tabla 52. Volumen proyectado al año 2023 de la Intersección de la Av. Paseo la Breña y Av. Real.	121
Tabla 53. Demoras de la Av. Paseo la Breña y Av. Real en el año 2023 sin modificar el factor f_{bb}	122
Tabla 54. Demoras de la Av. Paseo la Breña y Av. Real en el año 2023 modificando el factor f_{bb}	122
Tabla 55. Comparación de los resultados de demoras y niveles de servicio al modificar y sin modificar el factor f_{bb} de la Av. Paseo la Breña y Av. Real para el año 2023.....	123

RESUMEN

El uso del HCM 2000 es el principal manual utilizado en Perú para analizar el nivel de servicio de las intersecciones. Por lo cual, es necesario validar el coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor por bloqueo de buses (f_{bb}) del HCM 2000 para las condiciones de tráfico del distrito de Huancayo y de esta forma determinar la variación en el nivel de servicio con el coeficiente obtenido en esta investigación.

Este trabajo de investigación busca calcular el coeficiente f_{bb} según las características del transporte público de Huancayo, basándose en los principios propuestos por el HCM 2000. Las intersecciones de estudio para el cálculo del factor f_{bb} fueron la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, Av. Giráldez y Jr. Anchas, Av. Paseo la Breña y Jr. Arequipa, Av. Huancavelica y Jr. Punto, Av. Ferrocarril y Jr. Cusco, Av. Giráldez y Jr. Huancas, y Av. Real y Jr. Tarapacá, en las cuales se registraron vídeos mediante una cámara grabadora del tiempo que tardan los vehículos de transporte público (autos colectivos, combis, buses y coasters) en recoger y/o bajar pasajeros, y a su vez generar colas de espera por dicha acción.

Se reajustó el valor propuesto por el HCM 2000 por el valor obtenido de 7.64 segundos. Al momento de realizar la comparación de las demoras y niveles de servicio con el factor brindado por el HCM 2000 y el factor reajustado según las condiciones de tráfico de Huancayo, se encontró que en las intersecciones de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, de la Av. Real y Av. Paseo la Breña, la variación en la demora total fue de 28.84 y 10.44 segundos, respectivamente.

Hacer uso del factor por obstrucción de buses (f_{bb}) en nuestra localidad es incorrecto. Lo más adecuado es cambiar el coeficiente brindado por el manual del HCM 2000 por el obtenido en

esta investigación, de la misma forma, el nombre debe ser cambiado a factor por obstrucción de transporte público (f_{btp}). De esta forma se podrá obtener demoras que reflejen las condiciones reales del distrito de Huancayo.

ABSTRACT

The use of HCM 2000 is the main manual used in Peru to analyze the service level of intersections. Therefore, it is necessary to validate the coefficient of 14.4 seconds of the factor of the bus block factor (fbb) of the HCM 2000 for the traffic conditions of the Huancayo district and determine the variation in the service level with the coefficient obtained.

This research work seeks to calculate the fbb coefficient according to the characteristics of public transport in Huancayo, based on the principles proposed by the HCM 2000. The intersections of study for the calculation of factor fbb were Av. Giráldez and Jr. Omar Yali, Av. Giráldez and Jr. Anchas, Av. Paseo la Breña and Jr. Arequipa, Huancavelica Av. And Jr. Punto, Av. Ferrocarril and Jr. Cusco, Av. Giráldez and Jr. Huancas, and Av. Real and Jr. Tarapacá, in which videos were recorded by a camera recorder of the time taken by public transport vehicles (collective cars, combis and coasters) to collect and / or download passengers, and in turn generate traffic for such action.

The value proposed by the HCM 2000 was readjusted by the value obtained of 7.64 seconds. When comparing the delays and service levels with the factor provided by the HCM 2000 and the adjusted factor according to Huancayo traffic conditions, it was found that at the intersections of Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, Av. Real and Av. Paseo la Breña, the variation in the total delay was 19.92 and 8.89 seconds, respectively.

Making use of the factor for bus obstruction (fbb) in our locality is incorrect, it is most appropriate to change the coefficient provided by the HCM 2000 manual for the one obtained

in this investigation, in the same way, the name must be changed to factor for obstruction of public transport (fbtp). In this way, delays may be obtained that reflect the real conditions of the Huancayo district.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como finalidad reajustar el factor por obstrucción de buses f_{bb} para el distrito de Huancayo brindado por el manual HCM 2000; el cual es uno de los más utilizados en el Perú para calcular los niveles de servicio de las intersecciones.

La metodología de este manual tiene sus características basadas en las condiciones que presenta Estados Unidos en su parque automotor. Esto se debe porque es el lugar de origen donde se realizaron los distintos tipos de estudios.

Al momento de aplicar la metodología brindada por el manual HCM 2000, se encontrarán algunos factores que no concuerden con las realidades de Perú, específicamente en la ciudad de Huancayo. Por lo cual, para analizar su problemática es necesario mencionar sus características. Se entiende por obstrucción de buses, a los vehículos de transporte público que bloquean el tráfico al momento de recoger y dejar pasajeros en ciertos puntos. En Estados Unidos los únicos vehículos que se encargan del transporte público, son los buses y el valor provisto es de 14.4 segundos por bus.

En este trabajo se presenta el reajuste por obstrucción de buses que aspira a modificar el factor brindado por el manual, por uno que refleje las condiciones de la ciudad de Huancayo, ya que es de conocimiento, que en nuestra localidad, los buses no son usados como medio de transporte público. Por consiguiente, la investigación se plantea como objetivo, validar el coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor por bloqueo de buses, f_{bb} , del HCM 2000 para las condiciones del distrito de Huancayo en el 2018.

La hipótesis de la investigación indica que el coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor por bloqueo de buses, f_{bb} , del HCM 2000 no es válido para las condiciones de tráfico del distrito de Huancayo de la provincia de Junín.

La investigación se divide en 5 capítulos. En el capítulo I, se detalla el planteamiento y formulación del problema, los objetivos, justificación, importancia, hipótesis y descripción de variables. Siendo uno de los grandes problemas la gran variedad de unidades dedicadas al transporte público en la ciudad de Huancayo.

En el capítulo II, trata del marco teórico y consta de los antecedentes del problema, bases teóricas y definición de términos básicos.

En el capítulo III, describe la metodología que consiste en el método y alcances de la investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos. El método específico estuvo basado en la estadística para conocer las medidas de tendencia central mediante una tabla de distribución de frecuencias.

En el capítulo IV, describe los resultados obtenidos al analizar las intersecciones de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, Av. Real y Av. Paseo la Breña utilizando el nuevo factor obtenido respecto al factor brindado por el HCM 2000.

El capítulo V, presenta los resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema.

El Manual de Capacidad Vial de Estados Unidos (HCM) es una herramienta muy útil para conocer en qué estado se encuentran nuestras vías urbanas en función al tiempo de demora. El Highway Capacity Manual (HCM) 2000 modificado por Transportation Research Board (TRB) a partir de su segunda edición, es el manual más completo para el cálculo de capacidades tanto en las vías continuas y discontinuas. Fue traducido en varios idiomas y utilizado a nivel mundial obteniendo resultados muy positivos, debiéndose por su similitud en muchos aspectos viales internos como externos (Mozo, 2011).

El Perú, un país donde el transporte público es considerado uno de los sectores más comerciales, no cuenta con una norma o reglamento con el cual se puedan calcular las capacidades y niveles de servicio de las intersecciones viales y de acuerdo a ello

poder tomar medidas de reformulación del transporte público. Es por eso que la evaluación del nivel de servicio de las intersecciones urbanas se basa principalmente en el HCM (2000); el cual, contiene metodologías prácticas que permiten dar a conocer el estado en que se encuentran las intersecciones urbanas (Agreda y Parra, 2017).

Como se sabe, la elaboración del HCM está basada principalmente en las características que imperan en el país de origen donde fue elaborado producto de años de investigaciones empíricas e investigaciones teóricas. El cálculo del nivel de servicio presentado por el manual estadounidense está clasificado en 6 niveles, los cuales están en función a las demoras que se presentan en las intersecciones semaforizadas y en función a la densidad del flujo para las intersecciones continuas. Para las evaluaciones de las intersecciones, el manual indica que el volumen vehicular es estimado en la hora máxima de demanda. Otro punto importante son los factores de ajuste en el flujo de saturación, los cuales son flujo de saturación base(S_0), factor por ancho de carril (f_w), factor por vehículos pesados(f_{HV}), factor de ajuste por inclinación del acceso(f_g), factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento(f_p), factor de ajuste por efecto de los autobuses locales que paran dentro de la zona(f_{bb}), factor de ajuste por tipo de área(f_a), factor de ajuste por utilización de carril(f_{LU}), factor de ajuste por giro a la izquierda(f_{LT}), factor de ajuste por giro a la derecha(f_{RT}), factor de ajuste por movimientos a la izquierda de peatones(f_{Lpb}), y factor de ajuste por movimientos a la derecha de peatones y ciclistas(f_{Rp}) (HCM ,2000).

De los factores mencionados, el factor que marca la principal diferencia entre Estados Unidos y otros posibles países, es el de obstrucción por buses (f_{bb}) ya que dicho factor representa a los buses que son los encargados del transporte público y el coeficiente es calculado por el tiempo que tardan en ascender y/o descender los usuarios del transporte público (Flores, 2001). Por lo tanto, es importante conocer los tipos de

vehículos usados en cada país destinados al transporte público porque de esta forma los tiempos que se registran en el ascenso y/o descenso variarán en función a la capacidad de pasajeros que puedan llevar cada vehículo y en función a la facilidad que tiene cada pasajero para poder desplazarse al momento de bajar y de subir. Según HCLationamérica, el sistema de transporte público en EE.UU. por medio vial, varía según cada ciudad y pueblo, con diversos grados de eficiencia que varía dependiendo de la zona (HCLatinoamérica, 2015). Los medios de transporte público están dados por buses y taxis para trasladarse dentro de la ciudad y de una a otra ciudad, también se cuenta como medio de transporte dentro de la ciudad al uso de bicicletas para mitigar el congestionamiento vehicular; el cual es motivado por las entidades públicas.

Es importante resaltar que Estados Unidos tiene una de las mejores gestiones en el sistema de transporte público con la utilización de únicamente buses como medio masivo para el transporte público seguida por el uso de taxis. New York fue considerada en 2015 como la ciudad con el mejor transporte público en los EE.UU. (GESTION, 2015).

La página web “La Voz de Houston” indica que los estados destinan un salario para cada chofer encargado de movilizar los buses del transporte público, mejorando así, el tiempo que los buses tardan en llegar a su paradero. Los sueldos pagados a los choferes de buses en Estados Unidos se pueden apreciar en la Tabla 1 (Strauss, 2018).

Tabla 1. Pago anual a los choferes según cada estado de Estados Unidos.

ESTADO	RANGO SALARIAL
Nueva York	Mayor a US\$30,000
Nevada	Mayor a US\$30,000
Texas	US\$ 22,000 – US\$25,000
California	US\$ 22,000 – US\$25,000
Florida	US\$ 22,000 – US\$25,000

Fuente: *La Voz de Houston, 2018*

Teniendo en cuenta las características expuestas, el factor por obstrucción de buses f_{bb} según el HCM 2000, se expresa de la siguiente forma:

$$f_{bb} = \frac{N - \left(\frac{14.4N_B}{3600}\right)}{N}$$

El valor de 14.4 segundos de la ecuación de f_{bb} representa el efecto promedio en EE.UU. de los autobuses que paran dentro de la zona en la fase verde del semáforo, y está en función al ascenso y/o descenso de los pasajeros. Una investigación realizada en México (Flores, 2001) demostró que dicho factor no representa las características de su país, obteniendo un valor de 21.87 en la ciudad de Monterrey. Si este es el caso, entonces la validez del coeficiente 14.4 segundos es cuestionable para realidades diferentes a las de EE.UU.

Una investigación realizada en Nueva York indica que los buses no llegan en intervalos completamente parejos, sino por lo contrario, cuando son choferes con un pago salarial mensual proveniente del estado, los buses llegan juntos hasta en un 60%, mientras que en Chicago lo hacen hasta en un 40%. Este efecto es debido a la gran cantidad de pasajeros que hacen uso del medio de transporte y a la falta de interés por buscar la mayor cantidad de pasajeros por parte de los conductores de buses, sumándole a ello la velocidad con la que se movilizan, haciendo así, que los buses en ciertos

paraderos de la ruta se vean obligados a parar y los pasajeros puedan subir y descender. Los choferes que no cuentan con un salario mensual mantienen intervalos más parejos entre ellos ya que de esta forma evitan perder la mayor cantidad de pasajeros y también evitan perjudicar sus ganancias (CEPAL, 2004).

A diferencia de Estados Unidos, en el Perú los choferes encargados del transporte público no reciben una retribución salarial mensual por parte del estado, sino por lo contrario, cada chofer tiene que vérselas cómo poder sacar el máximo beneficio económico en cada vuelta que realiza evidenciando aquí una importante discrepancia al momento de utilizar el valor de 14.4 segundos en la ecuación del factor por obstrucción de buses (f_{bb}). Los transportistas ganan dinero en función a la cantidad de pasajeros, por ello, muchas veces se puede apreciar en los paraderos vehículos con fines al transporte público estacionados con la finalidad de captar la mayor cantidad de pasajeros posible. En el diario La República se indicó que los choferes encargados del transporte público de las rutas de Evitamiento con destino a Santa Anita, Surco, Ate, Villa María del Triunfo, y Villa El Salvador del departamento de Lima esperan el tiempo que sea necesario para poder llenar su unidad vehicular creando largas colas de espera sin tener un tiempo límite para iniciar con su recorrido (LA REPÚBLICA, 2012).

Según lo que se ha visto en los últimos años, en el Perú los habitantes son capaces de trabajar en lo que sea necesario para poder generar ingresos para su familia. Así lo indica una publicación del diario La República donde menciona que los choferes están sometidos día a día a “la guerra del centavo.” Una de las principales causas es la poca ganancia que se puede obtener en el transcurso del día, otra causa es que un gran porcentaje de choferes trabaja alquilando la unidad con la cual laboran recortando sus ingresos por el pago de alquiler y por tal motivo están sometidos a empezar su trabajo

rutinario desde la mañana y culminándolo a largas horas de la noche para sacar el mayor provecho económico posible en sus ingresos diarios (LA REPUBLICA, 2013).

El factor por obstrucción de buses, del HCM 2000, es denominado de esta manera porque en Estados Unidos el medio de transporte público está dado principalmente por buses como ya se ha mencionado antes, y estos son los que generan demoras durante las fases de verde del semáforo, por lo tanto, si en Perú los medios de transportes públicos no tienen las mismas características que en Estados Unidos, el coeficiente del factor por obstrucción de buses también se verá afectado de una u otra manera. Una encuesta realizada por Radio Programas del Perú demuestra que en el departamento de Lima el medio de transporte público no está dado solo por buses o taxis, sino también por combis y coasters que transportan al 75.6% de limeños por día (RPP, 2015). Asimismo, Huancayo no se encuentra excluido de estos medios de transportes públicos ya que cuenta con problemas de congestionamiento producto del incremento de las flotas hasta en un 38.54% el cual está constituido por autos-colectivos, taxis, buses y coasters (Salvatierra, 2017).

Por otro lado, en Huancayo el medio de transporte privado y el público, va creciendo cada vez más. Así, en el año 2014 Huancayo registraba 10,004 vehículos y para el año 2017 ya registraba alrededor de 14,118 unidades teniendo calles muy congestionadas en la hora punta comprendida entre 7 y 9 de la mañana y de 6 a 8 de la noche que ya han llegado a su límite en la mayoría de las intersecciones como se muestra en la Figura 1 (CORREO, 2017).



*Figura 1. Caracterización de las unidades del transporte público de Huancayo.
Fuente: Diario Correo- Huancayo, 2017*

Huancayo Metropolitano, al igual que en cualquier otra ciudad del Perú, ha ido creciendo sin un plan de gestión para el transporte urbano por parte de cada gobierno distrital, lo cual ha conllevado a un gran incremento de unidades para el transporte público entre combis, autos-colectivos, taxis y coasters; dejando de lado el uso de buses. Esto se debe porque el transporte es visto por muchas personas como una alternativa de trabajo y más por su fácil acceso al medio. Además de ellos, la gran competencia de los transportistas en el medio local muchas veces genera grandes demoras causadas por de la necesidad de conseguir la mayor cantidad de pasajeros y así aumentar sus ingresos.

Por lo que se ha expuesto anteriormente se sabe que, el transporte público característico de la ciudad de Huancayo tiene una gran diferencia con la consideración que le da el HCM 2000 al transporte público, por lo cual al momento de emplear la metodología del HCM 2000 para evaluar las intersecciones semaforizadas no se está obteniendo resultados que realmente demuestren el estado situacional de la intersección.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general.

¿Es válido el coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor por bloqueo de buses, f_{bb} , del HCM 2000 para las condiciones del distrito de Huancayo- Junín- 2018?

1.2.2 Problemas específicos.

- ¿Cuál es el tiempo promedio de ascenso y/o descenso de los usuarios del transporte público en las intersecciones del distrito de Huancayo- Junín- 2018?
- ¿Cuál es el nivel de servicio de las intersecciones de la Av. Real y Av. Paseo la Breña y de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali utilizando el coeficiente de 14.4 segundos brindado por el HCM 2000?
- ¿Cuál es el nivel de servicio de las intersecciones de la Av. Real y Av. Paseo la Breña y de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali con el nuevo coeficiente obtenido en el distrito de Huancayo?
- ¿La variación entre los dos coeficientes causa una diferencia significativa en el nivel de servicio en las intersecciones semaforizadas del distrito de Huancayo- Junín- 2018?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Validar el coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor por bloqueo de buses, f_{bb} , del HCM 2000 para las condiciones del distrito de Huancayo- Junín- 2018.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el tiempo promedio de ascenso y/o descenso de los usuarios del transporte público en el distrito de Huancayo- Junín- 2018.
- Calcular el nivel de servicio utilizando el coeficiente de 14.4 segundos brindado por el HCM 2000.
- Calcular el nivel de servicio con el coeficiente nuevo obtenido en el distrito de Huancayo.
- Determinar la variación en el cálculo de las demoras con el coeficiente conseguido en el distrito de Huancayo y el propuesto en el HCM 2000.

1.4 Justificación e importancia

El estudio realizado en México por (Flores, 2001) demuestra que el coeficiente 14.4 segundos del factor de reajuste por obstrucción de buses (f_{bb}) brindado por el HCM 2000 no representa el tiempo promedio que demoran en ascender y/o descender los pasajeros a pesar de tener un medio de transporte público vehicular muy parecido, obteniendo un valor de 21.87. Además de ello, este nuevo coeficiente repercutió en gran medida al momento de evaluar el estado de las intersecciones semaforizadas.

De la misma forma, para realizar la evaluación del estado de una intersección semaforizada en Perú se recurre a la metodología del (HCM, 2000) en el cual se puede observar que la principal diferencia que se encuentra en este manual con las características del Perú, es el transporte vehicular público. Si México y Estados Unidos teniendo un medio transporte público vehicular similar, la variación en el valor del coeficiente del factor de reajuste por obstrucción de buses (f_{bb}) fue significativa en el resultado de la situación de las intersecciones, cuál sería el nuevo valor del coeficiente en Perú si el medio de transporte público está comprendido por una gran variedad de vehículos aparte de los buses. El motivo de este estudio

es para adaptar el valor del coeficiente del factor de reajuste por obstrucción de buses (f_{bb}) en función a los medios de transportes públicos que caracterizan al distrito de Huancayo en su área metropolitana, y de esta forma obtener un nuevo valor del coeficiente que represente al sistema del transporte público y de esta manera evaluar con mayor grado de certeza el estado de las intersecciones.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general.

El coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor por bloqueo de buses, (f_{bb}), del HCM 2000 no es válido para las condiciones del distrito de Huancayo – Junin - 2018.

1.5.2 Hipótesis nula.

El coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor por bloque de buses, (f_{bb}), del HCM 2000 es válido para las condiciones del distrito de Huancayo – Junin-2018.

1.5.3 Hipótesis alterna.

Los tiempos de ascenso y/o descenso de los usuarios en el transporte público se realizan solo cuando la fase del semáforo está en rojo, eliminando el coeficiente de 14.4 de la ecuación del factor por bloqueo de buses, (f_{bb}), para las condiciones del distrito de Huancayo – Junin – 2018.

1.5.4 Hipótesis específicas.

- El tiempo promedio de ascenso y/o descenso de los usuarios del transporte público de la ciudad de Huancayo son diferentes a los tiempos registrados en el HCM 2000.

- El nivel de servicio tanto en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña como en la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, son de nivel F, es decir, presenta demoras mayores a 80 segundos debido al uso del coeficiente de 14.4 segundos brindado por el HCM 2000.
- El nivel de servicio tanto en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña como en la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, son de nivel E, es decir, presenta demoras menores a 80 segundos debido a uso del nuevo coeficiente obtenido en el distrito de Huancayo.
- La variación del nivel de servicio en las dos intersecciones de Huancayo tiene una diferencia significativa debido al reajuste del factor por obstrucción de buses (f_{bb}).

1.6 Variables

1.6.1 Variable dependiente.

- Factor por obstrucción de buses (f_{bb}):

Esta consiste en el tiempo que tardan los pasajeros en ascender y/o descender durante la fase verde del semáforo, de la unidad encargada al transporte público, en este caso dada por un bus.

1.6.2 Variable independiente.

- Condiciones del distrito de Huancayo:

Esta consiste en el tiempo que tardan los pasajeros en ascender y/o descender de los distintos medios de transporte público en el distrito de Huancayo.

1.7 Limitaciones

Los datos obtenidos del tiempo de ascenso y/o descenso de los pasajeros durante la fase verde del semáforo se realizarán durante todo el día por motivos de tiempo, costos y no solamente en la hora punta, debido al tiempo que tomaría sacar la hora punta de cada intersección donde se pretende realizar la del tiempo de los pasajeros.

En el presente trabajo de investigación se tiene el propósito estudiar las intersecciones que tengan un paradero permitido para estimar el tiempo de demora que producen los usuarios del transporte público en la fase verde del semáforo, pero no se va a tomar en cuenta la comparación del impacto que tienen los peatones en los tiempos que se tomarán en las distintas intersecciones semaforizadas. Sin embargo, este propósito se encuentra susceptible por el comportamiento que presenten los transportistas al momento de realizar paradas informales, ya sea para recoger o descender a los pasajeros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

El artículo científico de (Savitha et al. ,2017) tiene como título “Estudio sobre factores geométricos que influyen en el flujo de saturación en intersecciones señalizadas bajo condiciones de tráfico heterogéneo.” Su objetivo fue estudiar el flujo de saturación para un tráfico mixto considerando diferentes características que puedan presentar los usuarios de la carretera. La investigación conduce a mostrar el flujo de saturación en 15 intersecciones de Bangalore considerando los distintos factores geométricos basados en el HCM 2000, el Manual de Capacidad Vial de Indonesia 1997 (IHCM 1997) y The Indian Roads Congress- Special Publication (IRC SP: 41-1994), aplicando cada una de ellas en intersecciones semaforizadas y comparando cuál de ellas da un resultado más real del estado en la que se encuentran las intersecciones. El trabajo concluye al brindar la comparación entre las distintas metodologías, dando a conocer que el IHCM 1997 es el que arroja resultados que más se ajustan a la realidad de las intersecciones propias del lugar al realizar observaciones de campo, esto es debe porque los factores que se utilizan en esta metodología han sido desarrollados e investigados de

acuerdo a las características del país, en cambio, el manual de Estados Unidos (HCM 2000) y IRC:SP41-1994 subestiman el flujo de saturación.

El artículo científico de (Perez-Cartagena y Tarko ,2005) tiene como título “Calibración de los parámetros de capacidad en intersecciones semaforizadas en Indiana.” Su objetivo fue estudiar los parámetros que intervienen en el estudio del flujo de saturación los cuales influyen en Indiana. La investigación indica que los parámetros brindados por el HCM 2000 tales como el factor de equivalencia de vehículos pesados y el factor de ajuste de fase protegida de giros a la izquierda fueron muy similares. Asimismo se ha demostrado que el HCM 2000 conduce a una subestimación considerable en demoras cuando la relación del volumen y capacidad es superior a 0,9 por ende un factor de ajuste del flujo de saturación según las características de la población es necesaria. Por lo cual, se llegó a la conclusión que se deben utilizar factores de ajustes para el flujo de saturación, en el caso de ciudades medianas se deben utilizar un factor de 0.92 y para las pequeñas ciudades utilizar un factor de ajuste de 0.72 para explicar el efecto del tamaño de la población que tiene gran impacto en el resultado. Una de las técnicas más eficientes en este trabajo fue la de calcular el volumen vehicular mediante la filmación de video y así reducir el riesgo de error, permitiendo comprobar en algunos casos las colas de esperas vehiculares. De igual manera recomienda que se deben realizar estudios en cada ciudad donde se empleará la metodología del HCM para ajustar los factores en función a las características de la ciudad, teniendo en cuenta siempre los principios en los que se basa el HCM para evitar posibles desajustes en los resultados.

El artículo científico de (Maldonado, Herz y Galarraga, 2012) tiene como título “Modelación de operación en carreteras argentinas y recomendaciones de ajustes al Manual de Capacidad HCM 2010”. Su objetivo fue estudiar los factores que no se han verificado de acuerdo a las condiciones locales propias del país. La investigación indica que uno de los factores muy importantes es el modo de conducir de los habitantes de Estados Unidos respecto

a los conductores de su país, al ser estos últimos más agresivos, por ende, se buscó estimar la velocidad del flujo libre a partir de mediciones de campo, determinar los factores de ajuste por pendiente y presencia de vehículos pesados para la determinación de la tasa de flujo direccional equivalente y determinar la relación Básica Flujo – Velocidad utilizada para la determinación de la velocidad media (ATS_d) y la relación básica de flujo- $PTSF_d$. La investigación aporta al dar a conocer los cambios que se pueden obtener al aplicar el HCM y al aplicar el mismo manual pero con los factores reajustados de acorde a las características del campo. Finalmente indica que se puede aprovechar mejor la metodología brindada por el HCM reajustando los factores que más influyan en el medio local y a partir de ellos encontrar resultados que se asemejen más a la realidad del lugar donde se aplica la metodología del HCM.

El artículo científico de (Rodríguez, 2015) tiene como título “ Revisión del HCM 2010 y 2000 en intersecciones semaforizadas”, cuyo objetivo fue el de estudiar la metodología del HCM 2000 y 2010 mediante la aplicación y comparación de resultados en Valencia, España. La investigación presenta resultados respecto a la comparación de la metodología del HCM 2010 y 2000, que existe cierta variación en la obtención del flujo de saturación proveniente por el ajuste realizado en la metodología del 2010 producto de la actualización de los giros permitidos tanto a la izquierda como a la derecha, por lo tanto, se producirá una reducción en la capacidad de las vías y se verá afectado el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas. Se puede observar que en la última versión se han ajustado los giros para obtener una relación más explícita que demuestre condiciones más adecuadas en el tráfico. La variación entre los manuales del HCM respecto a las demoras es de un 30% aproximadamente siendo la última versión más detallada en el análisis de las intersecciones semaforizadas. Asimismo, el manual del HCM 2010 respecto al 2000 no presenta cambios notorios, siendo el más resaltante el factor de los giros permitidos para ambas direcciones.

(Salvatierra, 2017) realizó la investigación “Influencia de las rutas de transporte público en el congestionamiento vehicular en Huancayo metropolitano en el año 2016 y propuestas de reordenamiento de rutas”, en la Universidad Continental. El estudio da a conocer las características del transporte público en la ciudad de Huancayo. Además, la investigación da a conocer:

1. En el transcurso de los años en la ciudad de Huancayo y su área metropolitana, se ha visto un gran incremento de unidades de transporte. Las unidades que más han tenido aumento en los últimos años fueron los taxis, siendo estas unidades las que no tienen una ruta definida pudiendo transitar en cualquier ruta y en cualquier momento por las distintas avenidas de Huancayo, seguido por el aumento de las unidades de transporte público.
2. El gran problema del congestionamiento en el área metropolitana de Huancayo es el espacio reducido en las vías de circulación vehicular, debido al medio de transporte que está constituido por taxis y unidades de transporte público como autos-colectivos, combis, coasters y muy pocas unidades de buses. La gran variedad de medios de transporte público genera que el espacio que utilizan para moverse dichas unidades no sea tan beneficioso como el hacer uso de un bus que puede transportar una gran cantidad de personas con menor espacio ocupado en la vía pública.
3. Se plantea un plan regulador de las rutas en la ciudad de Huancayo mediante la implementación de buses con el nombre de Wanka Bus que se encargará de circular por la calle Real y el Metro Wanka para circular en la Av. Ferrocarril, de este modo poder descongestionar las calles principales del área metropolitana de Huancayo causada por el transporte público mixto ya que un reordenamiento de las rutas no es una solución factible. En las horas punta se puede apreciar que muchas vías locales presentan un nivel de servicio F.

El autor (Bonilla, 2006), realizó la investigación: “Análisis del sistema de transporte público en la ciudad de Huancayo” en la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2006. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. En el año que se realizó el trabajo de investigación en la ciudad de Huancayo, dio a conocer la consolidación en el periodo republicano de la expansión horizontal, recomendando que se debía hacer planes de urbanización en el área metropolitana de Huancayo. En tal periodo fue considerada como una ciudad “desparramada” por el mal uso del suelo y su mala distribución del equipamiento urbano.
2. En el año 1990 existían mayor cantidad de buses medianos que tenían la capacidad de transportar entre 30 a 35 pasajeros, los cuales, tenían acceso al corredor exclusivo de la calle Real en todo su tramo. En ese periodo el uso de combis y autos-colectivos para el transporte público era escaso. Uno de las principales causas del incremento vehicular fue el incremento anual de 4.3% de habitantes de la ciudad de Huancayo a causa del terrorismo, entre otras razones. Otro motivo del incremento vehicular descomunal fue el desempleo. Muchas personas vieron al transporte público como una gran medida de solución a la falta de empleo, por lo cual, se empezó a sumar el incremento de autos-colectivos y combis rurales por su bajo costo de operación. Los transeúntes también son causantes del problema del transporte público por su falta de educación vial que contribuyen a crear mayor congestión por bajar y/o subir en lugar donde más les convenga y no en paraderos permitidos, asimismo, el uso de autos-colectivos por mayor comodidad.
3. El plan de la MPH (Municipalidad Provincial de Huancayo) estuvo definido para un modelo de ciudad sectorizada, por lo tanto, el equipamiento urbano y los servicios debían estar sectorizados de la misma forma a lo largo de la ciudad. Dicha gestión solo causaría un gran incremento del problema del transporte público, ya que solo crecería

el número de viajes y no se llegaría a una solución debida por parte de la gestión de la MPH.

Los autores (Agreda y Parra, 2017), realizaron la investigación: “Análisis comparativo de la aplicación de la metodología del HCM 2000 y HCM 2010 en un tramo semaforizado de la avenida San Luis en la ciudad metropolitana de Lima” en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en el año 2017. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. La metodología del HCM se basa en las características originarias del país donde se elaboró. Por lo tanto, existen muchas diferencias a la hora de aplicarla en otros países, tal es el caso del Perú. El factor por obstrucción de buses (f_{bb}) en la metodología tiene un valor de 14.4 segundos para la cuarta y quinta edición, que es el tiempo que tardan los buses a la hora de realizar una parada según el HCM, pero el tiempo por paradas de buses es inferior a 9 segundos en Perú, dato que fue tomado a partir de una breve observación de los buses en la intersección de estudio. Si bien es cierto el valor no tiene mucha diferencia respecto al coeficiente que nos propone el HCM, pero en los resultados finales puede repercutir significativamente en el nivel de servicio y en el flujo de saturación obtenido. Así mismo se pueden ver discrepancias en el factor de vehículos pesados (f_{hv}) debido a la equivalencia que se le da al momento de convertir a vehículos ligeros con un valor de 2, pero el valor es cuestionable ya que un ómnibus ocupa casi tres veces lo que ocupa un vehículo ligero. De la misma forma el bloqueo por maniobras considerado en el HCM es de 18 segundos, mientras el dato obtenido producto de la observación en la intersección arrojó un valor de 6.42 segundos. Otro punto importante es la diferencia de conducir en Estados Unidos y Perú, en Perú muchos conductores hacen el cambio intempestivo de carril para abrirse paso, el cual, tampoco es considerado en el manual de capacidad de carreteras.

2. El grado de saturación en el HCM 2010 respecto al HCM 2000 tiene una variación de 37.92% cuando el flujo vehicular es alto, mientras que al tener un flujo vehicular bajo la diferencia es solo de un 13.53%. Por otro lado, en el tema de las demoras el HCM 2000 existe una variación de hasta 10.97% mayor que en el HCM 2010 en intersecciones con un grado de saturación considerable, mientras que al tener menor grado de saturación las demoras varían en 28.44% a favor del HCM 2010. Ambas metodologías dan resultados que tienen dispersión, pero esto no las hace poco confiables porque como ya se sabe, el tráfico vehicular es estocástico y cuenta con variables con influencias no exactas.
3. El HCM 2000 tiene lo necesario para generar resultados exactos siempre y cuando se den las circunstancias adecuadas y se realice el análisis de la mejor manera, pero siempre se tiene cierto grado de imprecisión. Por otro lado, el HCM 2010 tiene mayor investigación y por ende, los datos que muestran tienen cierto grado de mayor precisión, pero como se ha visto ambas metodologías se han basado en las características que imperan en el lugar de procedencia (Estados Unidos).

(Flores ,2001) realizó la investigación “Determinación del factor de ajuste por las paradas de autobús para el análisis de la capacidad Vial en intersecciones semaforizadas”, escuela de posgrado de la Universidad de Nueva Leon. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. Para calcular el tiempo de ascenso y/o descenso de los pasajeros que hacen uso del transporte público, en este caso, el uso de autobuses para la movilización de los transeúntes en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey, se tomarán en cuenta las unidades a las cuales se les pueda tomar el tiempo de inicio y final, es decir, que estén encabezando la cola que produce demoras en la fase de verde en las intersecciones semaforizadas. De la misma forma se debe tener en cuentas las siguientes

consideraciones: el terreno que será utilizado para determinar el tiempo de subida y/o bajado de los pasajeros debe tener pendientes no mayores del 1% al 2%, el ancho de carriles deberá ser de 3.50 metros a 3.60 metros, la parada, la parada de buses libre de interferencias, en la circulación del tránsito deberá predominar la circulación de autobuses y de cumplir con las consideraciones expuestas, el lugar deberá contar con todas las maniobras que realizan los autobuses a lo largo de la vía.

2. El análisis de la capacidad vial en la ciudad de Monterrey está basado principalmente en las características que imperan en Estados Unidos, por lo cual, se obtuvo resultados muy diferentes. Al realizar la investigación se observó que el efecto que causan las paradas de autobuses repercuten en gran medida debido al gran índice de circulación de los autobuses en la ciudad consiguiendo un factor adecuado que represente el tiempo perdido por cada parada de un autobús.
3. El coeficiente que nos brinda la metodología del HCM es de 14.4 segundos para cada parada de autobús, como se sabe, dicho valor es producto de la observación del tiempo de ascenso y/o descenso de los pasajeros en Estados Unidos, mientras que el factor obtenido en la investigación fue de 21.87 segundos. Dicho factor representa las condiciones de la ciudad de Monterrey. Al aplicar el factor conseguido en la metodología y realizar la comparación de resultados entre los dos factores, se pudo observar que en las intersecciones con mayor tránsito de buses, las intersecciones varían desde un nivel de servicio B hasta un nivel de servicio F. Por lo cual se concluye que, el valor brindado por el HCM da una visión equivocada de las intersecciones de la ciudad de Monterrey, mientras que el valor conseguido en el estudio representa las condiciones reales evitando trabajar con niveles de servicios diferentes de lo real.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Fundamentos teóricos.

2.1.1.1 *Clasificación de vehículos.*

2.1.1.1.1 *Auto-Colectivo Sedán.*

Unidad compuesta de cinco asientos en las cuales cuatro son utilizadas para transportar a los pasajeros y una para el chofer.

Algunas unidades con estas mismas características brindan un servicio de taxi de forma independiente o para alguna empresa formal.

La MPH ha facilitado el acceso de las rutas más accesibles y de mayor concurrencia por su mayor ventaja en velocidad que las camionetas rurales y los buses, sin embargo, estas unidades son las que generan mayor tráfico por el elevado número de unidades circulantes (Bonilla, 2006).

La unidad de transporte público como se muestra en la Figura 2 tiene una longitud de largo de 442 cm de largo, la longitud de ancho sin considerar espejos retrovisores de 173 cm, y un alto de 148 cm (Autocosmos, 2018).



Figura 2. Vista de la unidad de transporte público clasificada como auto colectivo.

Fuente: Radio Programas del Perú (RPP, 2014).

2.1.1.1.2 *Camioneta Rural (combi).*

Unidad compuesta de 18 asientos y con la capacidad de poder llevar de 5 a 6 pasajeros parados. Esta camioneta consta de una puerta en la parte delantera y una puerta deslizante en la parte del salón (Bonilla, 2006).

Las dimensiones de esta unidad como se muestra en la Figura 3 son de 470 cm de largo, considerando la distancia de los extremos de espejo a espejo retrovisor de los lados tiene una distancia de 170 cm, y de alto tiene una altura de 190 cm (Autocosmos, 2014).



*Figura 3. Unidad de transporte público camioneta rural
Fuente: AUTOCOSMOS 2014*

2.1.1.1.3 Bus.

Unidad compuesta de 22 asientos y con la capacidad de transportar hasta 10 pasajeros parados. Esta unidad cuenta con dos puertas para los pasajeros, una de ellas destinada para que los pasajeros suban a la unidad y la otra para que puedan descender de dicha unidad. Además, es importante resaltar que el camino designado para el transporte público de estas unidades, son las rutas cuya estructura vial es deficiente. Es importante resaltar que este tipo de unidades no son usadas por personas profesionales debido a sus bajas velocidades y porque generalmente son usadas por transeúntes que requieren transportar paquetes relativamente grandes. Asimismo estas unidades son usadas por escolares por su bajo costo (Bonilla, 2006).

Estos buses medianos como se muestra en la Figura 4 son muy poco usados en la actualidad por su antigüedad, y los buses modernos no son usados en la ciudad de Huancayo.



*Figura 4. Unidad de transporte público bus mediano
Fuente: Bonilla 2006*

2.1.1.1.4 Coaster

Unidad con la capacidad de transportar 22 pasajeros sentados y de 8 a 10 pasajeros parados en el pasadizo del vehículo. Esta unidad cuenta con dos partes, una en la parte delantera y otra en la parte del salón por donde suben y descienden los pasajeros. Todas las rutas designadas para estas unidades son para el servicio interdistrital de pasajeros. Casi todas las rutas de este tipo de unidad tienen el paradero inicial en los alrededores del mercado Modelo de la ciudad de Huancayo. El costo del pasaje en esta unidad puede variar hasta dos soles dependiendo de las distancias que transportan a los pasajeros (Bonilla, 2006).

La unidad de transporte público coaster como se muestra en la Figura 5 cuenta con las siguientes dimensiones: 750 cm de largo, 216 cm de ancho y de altura cuenta con 266 cm (Coasterminibus, 2013).



Figura 5. Vista de coaster encerrada en el círculo rojo
Fuente: Bonilla 2006

2.1.1.1.5 Autos-colectivos Minivan.

Estos tipos de autos están siendo usados últimamente por los transportistas del sector público debido a su mayor capacidad de llevar pasajeros y cobrando lo mismo que un auto-colectivo sedán. Este tipo de unidad tiene la capacidad de llevar generalmente ocho pasajeros incluyendo al chofer de la unidad, sin embargo, se han visto casos en las cuales se han modificado los asientos para que este tipo de vehículos sea capaz de llevar hasta 11 personas incluyendo al chofer.

La unidad de transporte como se muestra en la figura N° 6 son de: longitud 423 cm, ancho total de 166 cm, y una altura total de 186 cm (Suzuki, 2016).



Figura 6. Unidad de transporte público minivan-colectivo

2.1.1.2 Teoría de colas.

El objetivo de la teoría de colas en las intersecciones semaforizadas es la de determinar el tiempo de demora y las colas presentes, y de este modo poder calcular el nivel de servicio en cada intersección semaforizada. El proceso para la estimación depende de las llegadas de los vehículos en la intersección (demanda) y la capacidad que tiene la intersección para poder servir de medio de transporte de los vehículos (oferta), por lo que para evaluar los parámetros involucrados se emplean modelos descriptivos que contienen componentes uniformes y determinísticos; como aleatorios. Adicionalmente, es de gran importancia establecer el mecanismo de funcionamientos, que para el caso de intersecciones semaforizadas es considerado FIFO (Vera, 2012).

El componente determinístico de los modelos de intersección semaforizada considera servicios uniformes y tasas de arribos. El diagrama de colas que se presentará en la Figura 7, presenta la relación tiempo versus vehículos generados en el proceso cíclico de un semáforo. Se puede notar que las llegadas (q) y la tasa de

salida (s) presenta tres valores: cero para el periodo rojo, igual a la tasa de saturación durante el verde e igual a la tasa de arribo luego de que la cola se disipa.

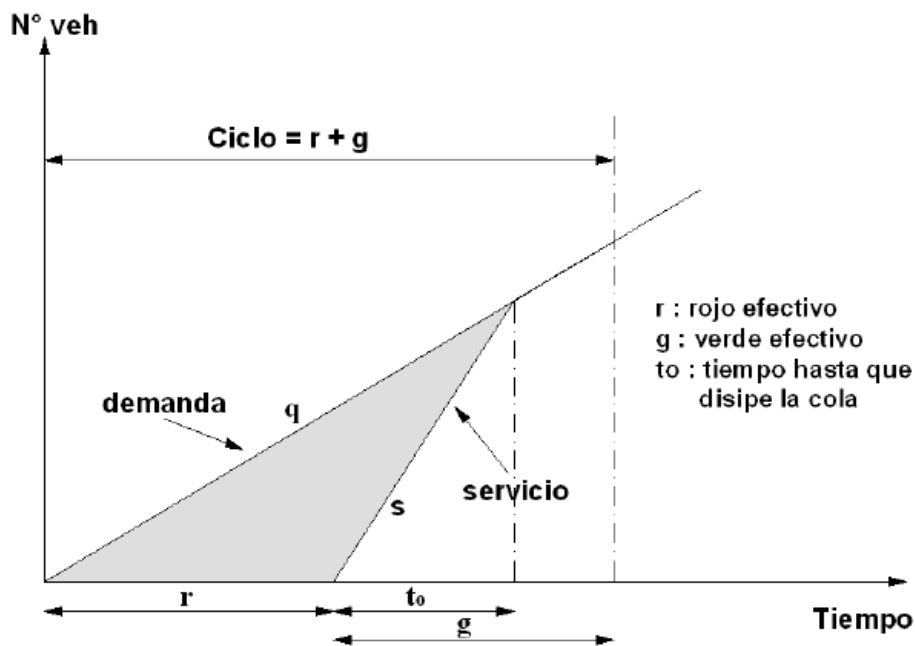


Figura 7. Funcionamiento del semáforo en condiciones no saturadas.
Fuente: Adaptado de Cabrera, 2007.

De la Figura 7, el área del triángulo representa la demora total en un ciclo determinado. La distancia horizontal inscrita representa el tiempo de llegada y salida de un vehículo, y la distancia vertical inscrita representa la longitud de la cola en un instante dado, concluyendo que la máxima cola se dará al final del periodo del rojo efectivo (Vera, 2012).

Para el componente aleatorio o estocástico, el cálculo y la interpretación son más complejas debido a la tasa de arribo aleatorio, además de ello se debe su complejidad a los efectos de sobresaturación. En este tipo de componentes existe una cierta cantidad de vehículos (Q_0) que no ha podido ser servida durante el ciclo verde del semáforo como se puede mostrar en la Figura 8, que muestra un diagrama de colas para una intersección semaforizada con llegadas aleatorias y sobresaturadas (Vera, 2012).

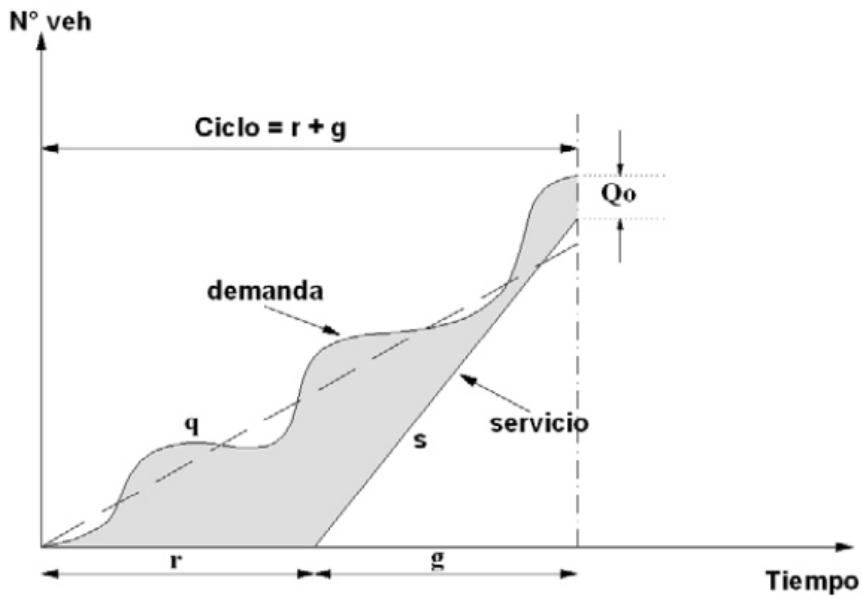


Figura 8. Funcionamiento del semáforo bajo efectos aleatorios y sobrecarga.
Fuente: Fernández 2008

En general, para las intersecciones semaforizadas existen tres tipos de magnitudes de cola como se puede ver en la Figura 9. La primera cola excedente (Q_0); la segunda cola es la longitud máxima de cola (Q_g), obtenida al inicio del verde; y la tercera es la máxima extensión de la cola (Q), debido a la llegada de vehículos que se añaden a la cola máxima durante la fase del verde (Vera, 2012).

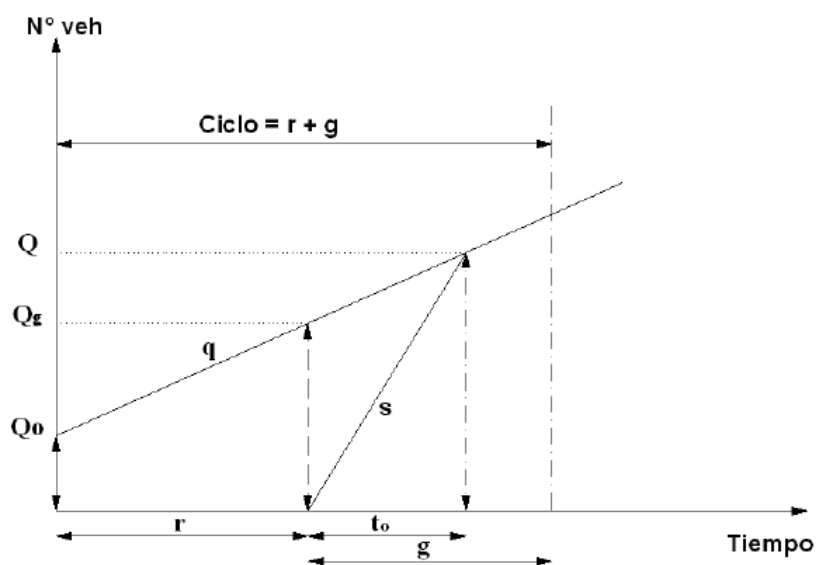


Figura 9. Magnitudes de colas en intersecciones semaforizadas
Fuente: Adaptado de Fernández (2008)

Una de las fórmulas más utilizadas para estimar la demora en una intersección semaforizada fue desarrollada por Webster en el año 1958 y modificada en 1961. En esta fórmula (ver ecuación 7) el primer término representa la demora debido a llegadas uniformes, mientras que el segundo término incorpora los efectos estocásticos que a su vez asume una distribución de Poisson y tasas de salidas constantes. El tercer término es el ajuste por corrección y varía alrededor del 10% de los otros términos (Vera, 2012).

$$d = \frac{c(1-(g/c))^2}{2[1-(g/c)X]} + \frac{X^2}{2q(1-X)} - 0.65 \left(\frac{c}{q^2}\right)^{1/3} X^{2+5(\frac{g}{c})} \quad (7)$$

Donde:

- d: demora promedio por ciclo (s/veh).
- C: longitud de ciclo (s).
- g: tiempo de verde efectivo (s).
- X: grado de saturación.
- q: tasa de llegadas (veh/s).

2.1.1.3 *Aforo Vehicular.*

Los aforos vehiculares se usan para recopilar información sobre las unidades que transitan en un punto dado de las vías existentes mediante el conteo clasificado y de esta manera encontrar el volumen vehicular que transita en un punto dado.

2.1.1.3.1 *Métodos de aforo vehicular.*

Las tecnologías “ in-situ” se refieren a la obtención de datos de tráfico medidos mediante la utilización de detectores que están ubicados a lo largo del borde de la carretera, incluso muchas veces se instala en las capas superficiales del

pavimento. En general, las tecnologías de aforo vehicular pueden ser divididas en dos categorías: Los métodos intrusivos y no intrusivos. En los métodos intrusivos básicamente se utiliza un registrador de datos y un sensor colocado al borde o en la misma carretera, por otro lado, en los métodos no intrusivos se basan principalmente en observaciones remotas, siendo una de las técnicas más utilizadas en este tipo de método el conteo manual (Leduc, 2008).

A) *Métodos Intrusivos.*

I. *Tubos neumáticos de carretera.*

En este tipo de método se colocan tubos de goma a lo largo de los carriles para detectar cambios de presión que se producen cuando los vehículos pasan encima de los tubos neumáticos, haciendo que los neumáticos entren en contacto con los tubos neumáticos. El pulso de aire que se crea se registra y procesa por un contador ubicado en el lado de la carretera. Uno de los principales inconvenientes de esta tecnología es que tiene una cobertura de carril limitada y su eficiencia está sujeta a las condiciones meteorológicas, de temperatura y de tráfico, asimismo, tampoco es eficiente para medir flujos de baja velocidad (Leduc, 2008).

II. *Sensores Piezoeléctricos.*

Los sensores se colocan en una ranura a lo largo de la superficie de las carreteras de las vías a monitorear. El principio es convertir la energía mecánica en energía eléctrica. La deformación mecánica del material piezoeléctrico modifica la densidad de carga superficial del material de modo que aparezca una diferencia de potencial entre los electrodos. La amplitud y frecuencia de la señal

es directamente proporcional al grado de deformación. Este sistema es recomendable usarlo para medir el peso y la velocidad (Leduc, 2008).

III. *Circuitos magnéticos.*

Tecnología más utilizada para recopilar datos de tráfico. Los circuitos se encuentran incrustados en las carreteras en una formación cuadrada que genera un campo magnético. La información se transmite a un dispositivo de conteo ubicado al costado de la carretera. Este tipo de tecnología tiene un tiempo de vida relativamente corto ya que se ve afectada por los vehículos pesados, sin embargo, se ve muy poco afectado antes los cambios extremos de las condiciones climáticas. Generalmente los costos de implementación y mantenimiento pueden llegar a tener un costo elevado (Leduc, 2008).

B) *Métodos no intrusivos.*

I. *Infrarrojo pasivo y activo.*

La presencia de un vehículo, tipo de vehículo y velocidad se detectan mediante la energía que irradia desde el área de detección. Presentan inconvenientes como el rendimiento causado por los cambios de clima, además tiene limitaciones de carril y cruce de vehículos (Leduc, 2008).

II. *Magnético pasivo.*

Los sensores magnéticos se ubican debajo o encima de la plataforma. Pueden captar la cantidad de vehículos que transitan, el tipo de vehículo y la velocidad. Sin embargo, es limitado en condiciones operativas ya que tienen inconvenientes para diferenciar a los vehículos cuando se encuentran estrechamente separados o espaciados (Leduc, 2008).

III. *Radar de microondas.*

Este tipo de tecnología en el conteo vehicular es de gran eficacia por tener la capacidad de detectar a los vehículos en movimiento y además de ello registrar la velocidad con la cual se están desplazando en la vía. Registra datos de recuento, la velocidad y clasificación simple del vehículo y tiene gran capacidad de resistir las distintas condiciones climáticas (Leduc, 2008).

IV. *Ultrasónico y Acústico Pasivo.*

Estos dispositivos emiten ondas de sonido para detectar vehículos midiendo el tiempo para que la señal regrese al dispositivo. Uno de los principales defectos de estos dispositivos es que pueden ser fácilmente afectados por el clima debido a su instalación que va encima del carril de estudio. Son instalados a lo largo de la carretera y son capaces de recopilar información de conteos, velocidad y clasificación de vehículos (Leduc, 2008).

V. *Detección por Vídeo.*

Las cámaras de video graban los números, el tipo y la velocidad de los vehículos por medio de diferentes técnicas de video, línea de viaje y seguimiento. El sistema puede ser sensible a las condiciones meteorológicas (Leduc, 2008). Este tipo de técnica es muy útil debido al bajo grado de error al momento del conteo de vehicular, en la clasificación de vehículos, la velocidad con la que circulan en la vía, tasa ocupacional, peatones, sin embargo, una de las principales dificultades es que después de obtener el vídeo se requiere de post-proceso largo y constante.

VI. *Conteo Manual.*

El conteo manual consiste en registrar la cantidad de vehículos y a la vez su tipo, que cruzan una línea imaginaria en diferentes puntos carreteros y urbanos, con la finalidad de obtener datos de volumen vehicular, así como su composición vehicular. Es un método tradicional por su simpleza de ejecución ya que solo necesita de una persona con lápiz anotando los movimientos por dirección y el tipo de vehículo en una hoja de campo, sin embargo, existen situaciones en las cuales se debe involucrar más de una persona para el conteo manual debido al gran flujo vehicular en algunas intersecciones muy concurridas. En este tipo de aforos se deben realizar en intervalos de tiempo de cada quince minutos. Se debe resaltar su gran ventaja con otros tipos de aforos debido que se puede establecer el porcentaje de vehículos en más de dos ejes (Villegas, 2013).

2.1.1.4 *Factor de Hora Punta.*

La variación de los conteos del flujo vehicular, pueden realizarse en variaciones diarias, semanas y estacionales. Para estudiar la variación diaria, se considera el flujo en cada hora como un porcentaje del flujo diario. Por el tipo de actividad que se realiza en los días laborables, sábados y domingos, el flujo muestra diferente comportamiento, siendo una de estas las razones que compararlos día a día es mucho más útil. El factor de hora punta es de gran utilidad para el diseño de carreteras y para estimar el control del tráfico, y generalmente el volumen en la hora punta es de 2 a 2.5 veces el volumen promedio por hora. Especialmente en áreas urbanas se encuentra una característica adicional de esta variación: dos picos dominantes (mañana y tarde). Esto se debe porque los tipos de viajes incluyen

principalmente viajes de trabajo sin importar el clima y otras condiciones de viaje. Sin embargo, los flujos de fin de semana varían mucho dependiendo de la temporada, el clima y los factores socioeconómicos (Mathew, 2014).

El HCM (2000) seleccionó flujos de 15 minutos como base para la mayoría de sus procedimientos, debido que en 15 minutos el tráfico presenta flujos relativamente uniformes.

El factor de hora punta (FHP) describe los patrones de generación de viajes y puede aplicarse a un área o parte de un sistema de calles y autopistas. El FHP generalmente se calcula a partir del conteo de tráfico. Es el volumen promedio durante el periodo máximo de 60 minutos dividido por cuatro veces el volumen máximo durante el periodo máximo de 15 minutos (Mathew, 2014).

$$PHF = \frac{V_{av}^{60}}{4xV_{av}^{15}} \quad (8)$$

Donde:

- V_{av}^{60} : Volumen promedio máximo obtenido en 60 minutos.
- V_{av}^{15} : Volumen máximo de los intervalos de 15 minutos que constituyen la suma de 60 minutos.

También se pueden realizar conteos en intervalos de 5, 10 o 20 minutos en lugar de intervalos de 15 minutos para el cálculo del FHP. Pero en ese caso se debe cambiar el factor multiplicador en el denominador, como se muestra en la ecuación 9 (Mathew, 2014):

$$FHP = \frac{V_{av}^{60}}{\frac{60}{n}xV_{av}^n} \quad (9)$$

Donde:

- V_{av}^{60} : Volumen promedio máximo obtenido en 60 minutos.
- n : Tiempo de intervalo a utilizar.
- V_{av}^n : Volumen máximo de los intervalos de n minutos que constituyen la suma de 60 minutos.

2.1.1.5 Semáforos.

2.1.1.5.1 Faseado de semáforos.

Las fases de un semáforo consisten en distintos intervalos, un intervalo de verde, un intervalo de ámbar y además de ello un intervalo rojo que es considerado como dos fases debido a su combinación de rojo en todas las direcciones. Cuando se quiere fasear un semáforo, en otras palabras, significa designar una duración para cada intervalo de color y una secuencia con la finalidad de minimizar los posibles riesgos que resultan de la circulación de los vehículos (giros de los vehículos hacia la izquierda entrando en conflicto con los del tráfico opuesto) y de los peatones (giros de los vehículos hacia la derecha causando interrupción a los peatones que están en el intervalo en el cual puede cruzar la pista de un extremo a otro), a cambio de mantener el orden y la eficiencia del flujo vehicular a través de las distintas intersecciones. Sin embargo, si bien es cierto al aumentar las fases de un semáforo incrementa la seguridad, pero causa un aumento en las demoras. Para realizar el faseado de semáforos encontramos tres esquemas típicos: operación de 2 fases, en la cual hay bajo volumen peatonal y generalmente el número de vehículos que doblan es de bajo a moderado; operación de 3 fases, usado debido a la existencia de alto

volumen peatonal como vehículos que doblan a la izquierda en una de las dos direcciones; operación de 4 fases, en este tipo de fases se utilizan líneas para doblar de forma exclusiva debido a su alto volumen de vehículos que giran a la izquierda en ambas direcciones definiendo el mínimo de verde requerido para que los peatones puedan cruzar, así como el máximo verde para equilibrar de forma eficiente las llegadas de los vehículos que puede albergar como máximo (Papacostas y Prevedouros, 2009).

2.1.1.5.2 *Ciclo de un semáforo.*

El ciclo del semáforo es la determinación del tiempo y secuencia completa de las señales indicadas (rojo, verde y ámbar). No se debe determinar el ciclo del semáforo de forma arbitraria porque se debe tener en cuenta el tiempo mínimo de cruce de los peatones como la duración del tiempo en verde para evitar la congestión. Webster's formuló la ecuación 10, en la cual, si el ciclo del semáforo es mayor a 120 o da resultado negativo, se debe asignar una duración para el ciclo de 120 segundos. Así mismo, el intervalo de valores aceptables está entre 75% y 150% del ciclo óptimo para restringir que las demoras no sean mayores a 10% o 20% de las demoras mínimas (Papacostas y Prevedouros, 2009).

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1-Y} \quad (10)$$

Donde:

- C_o : Duración del ciclo óptimo (segundos).
- L : Tiempo total perdido durante un ciclo, que consiste en el tiempo de acción-reacción menos la porción de ámbar usada por los choferes.
- Y : Suma de las ratios de los movimientos críticos.

2.1.1.5.3 Luz verde de un semáforo.

Los peatones son de gran relevancia a la hora de calcular la luz verde debido a la necesidad que tienen muchas veces para cruzar una vía, por lo cual, el cálculo de la luz verde de un semáforo está calculado directamente al tiempo que requiere un peatón para poder movilizarse de una acera a otra. Para calcular el tiempo mínimo de verde de un semáforo, se plantean las ecuaciones 11 y 12, las cuáles se diferencian por el ancho de pista. Cabe destacar que la velocidad considerada de los peatones, deberá ser menor a la del promedio. (HCM 2000).

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + \left(2.7 \frac{N_{ped}}{W_E}\right) \rightarrow W_E > 3m \quad (11)$$

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.27N_{ped}) \rightarrow W_E \leq 3m \quad (12)$$

Donde:

- G_p : Tiempo mínimo de verde.
- L : Longitud de paso de peatones (m).
- S_p : Velocidad promedio de peatones (m/s).
- W_E : Ancho efectivo de paso de peatones (m).
- 3.2: Tiempo de arranque peatonal.
- N_{ped} : Número de peatones que cruzan durante un intervalo.

2.1.1.6 Condiciones de tráfico.

Los volúmenes de tráfico para la intersección deben ser especificada en cada movimiento. Consideran los volúmenes de tránsito en cada carril y acceso en la intersección. En estos volúmenes se consideran todos los usuarios de la intersección

estudiada, es decir, peatones, ciclistas y vehículos. Uno de los parámetros más importantes que se analiza en las condiciones de tránsito es el tipo de llegada que determina la calidad del mismo tránsito. Existen seis tipos de llegada que se mostrarán en la tabla 2 que se definen mediante la relación de pelotón utilizando la ecuación 13 (HCM, 2000).

$$R_p = \frac{P}{\frac{g_i}{C}} \quad (13)$$

Donde:

- R_p : Relación del pelotón.
- P : Proporción de los vehículos en movimiento que llegan durante la fase verde del semáforo (se estima en el lugar y no debe exceder de 1.0).
- C : Duración del ciclo (s).
- g_i : Duración del verde efectivo por movimiento o grupo de carril(s).

Tabla 2. Tipos de llegada.

Tipo de llegada	Rp (%)	Criterio
1	> 80	Pelotón denso llega al comienzo de la fase rojo.
2	> 40-80	Pelotón moderadamente denso que llega a mitad de la fase rojo.
3	< 40	Llegadas aleatorias de pelotones dispersos.
4	> 40-80	Pelotón moderadamente denso que llega a mitad de la fase verde.
5	> 80	Pelotón denso a moderadamente denso llegando al inicio de la fase de verde.
6	-	Pelotón muy denso que se mueve entre intersecciones bastantes cercanas

Fuente: Reproducción del anexo 16-4, (HCM, 2000).

2.1.1.7 Flujo de Saturación.

El HCM (2000) determina el flujo de saturación según la ecuación 14 considerando que el flujo de vehículos por hora que puede ser acomodado por el grupo de carril se encuentra al 100 por ciento del tiempo durante la fase verde del semáforo, es decir, $g/c=1.0$.

$$S = S_o * N * f_W * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb} \quad (14)$$

Donde:

- S : Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h-verde).
- S_o : Tasa de flujo de saturación idea por carril (veh/h/carril).
- N : Número de carriles del grupo de carriles.
- f_W : Factor de ajuste por ancho de carril.

- f_{HV} : Factor de ajuste por vehículos pesados.
- f_g : Factor de ajuste por pendiente de acceso.
- f_p : Factor de ajuste por estacionamientos adyacentes del grupo de carriles.
- f_{bb} : Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección.
- f_a : Factor de ajuste por tipo de área.
- f_{LU} : Factor de ajuste por utilización de carril.
- f_{LT} : Factor de ajuste por giros a la izquierda.
- f_{RT} : Factor de ajuste por giros a la derecha.
- f_{Lpb} : Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda.
- f_{Rpb} : Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha.

El valor por defecto para una la tasa de flujo de saturación ideal es de 1900 vehículos livianos por hora por carril, es decir, para carriles de 3.6m, pendientes de 0%, mismo tipo de vehículos, sin estacionamientos ni giros (HCM, 2000).

2.1.1.7.1 Factores de ajuste del flujo de saturación.

A) Ajuste por ancho de carril (F_w).

El ajuste por ancho de carril realiza ajustes de acuerdo al tipo de carril. Los tipos de carril, estrechos o anchos, influyen directamente en la influencia de velocidad con la que transitan los vehículos. La metodología del HCM (2000) considera un ancho estándar de 3.60 metros y en caso de superar los 4.80 metros de ancho de vía, se debe calcular con precaución el factor de ancho de carril o

también se puede realizar un análisis de dos vías estrechas. Se debe tener en cuenta que el uso de dos carriles estrecho conllevará como resultado una tasa de flujo de saturación más alta que cuando se analiza como un solo carril. En ningún caso el ancho de carril debe ser calculado para anchos menores a 2.40 metros. La ecuación 15 muestra la fórmula a emplear.

$$f_W = 1 + \frac{(W-3.6)}{9} \quad (15)$$

Donde:

- W: ancho de carril (m).

B) Ajuste por vehículos pesados (F_{HV}).

El HCM (2000) define como vehículos pesados a aquellos que tienen más de cuatro llantas tocando el pavimento. El factor por vehículos pesados representa el espacio adicional que ocupan estos tipos de vehículos en comparación con los vehículos livianos (automóviles de cuatro ruedas). El equivalente utilizado para vehículos livianos (E_T) es de 2 unidades por cada vehículo pesado y se reflejan en la ecuación 16.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)} \quad (16)$$

Donde:

- %HV: Porcentaje de vehículos pesados – grupo de carriles.
- $E_T = 2.0$ vehículos equivalentes / vehículos pesado.

C) Ajuste por pendiente de acceso (F_G).

El factor por pendiente de acceso incorpora el efecto por la variación de nivel de la rasante (pendiente) en la operación de todos los vehículos en general. El HCM (2000) utiliza la ecuación 17 en la cual se utiliza negativo para cuestas abajo y está comprendido entre -6 por ciento hasta +10 por ciento.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad (17)$$

Donde:

- %G = % pendiente en el acceso – grupo de carriles.

D) Ajuste por estacionamiento (F_p).

El factor por estacionamiento explica el efecto que se tiene al flujo de vehículos en un grupo de carril adyacente y dentro de 75 m de corriente arriba desde la línea de parada. Debido al bloqueo ocasional por el ingreso o salida de los vehículos que utilizan el estacionamiento, se establece un tiempo promedio de 18 s para cada maniobra. Además, se considera un límite práctico de 180 maniobras como máximo y se debe tener en cuenta que las condiciones donde no hay estacionamiento en las vías tiene un impacto muy diferente a la situación cuando no se registran maniobras de estacionamiento. Si el estacionamiento es adyacente a un grupo de carril de giro, el factor solo se aplica para dicho carril y cuando en una calle que tiene un sentido único sin giros exclusivos, el número de maniobras es el total para ambos lados del carril. La ecuación 18 se utiliza para calcular factor f_p , donde el factor debe ser mayor o igual a .050 y en caso de no existir parqueos el factor debe ser igual a 1 (HCM, 2000).

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{N} \quad (18)$$

Donde:

- N: Número de carriles
- Nm: Número de maniobras de parqueo / hora.

E) Ajuste por bloqueo de buses (F_{bb}).

El factor de ajuste por bloqueo de buses público, reajusta el flujo de saturación en función a los buses que se detienen a recoger o descargar pasajeros dentro de los 75 metros de una línea de parada (corriente arriba o corriente abajo) durante la fase verde del semáforo, creando así una interrupción en el tránsito. Se emplea un límite práctico de 250 paradas como máximo durante una hora y un factor f_{bb} mayor o igual a .050. El coeficiente utilizado por el HCM (2000) como se muestra en la ecuación 19 es de un promedio de 14.4 segundos que tardan los buses en subir y/o bajar pasajeros dadas sus condiciones.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \quad (19)$$

Donde:

- N: Número de carriles.
- N_b : Número de paradas de buses / hora.

F) Ajuste por tipo de área (F_A).

El factor de ajuste por tipo de área explica la relativa ineficiencia de las intersecciones donde exista comercio en comparación con otros lugares. La aplicación de este factor de ajuste es para las áreas que exhiben características de un distrito central de negocios (CBD, Central Business District), las cuales por lo general tienen las siguientes características: estrechos derechos de paso en las calles,

maniobras frecuentes de estacionamientos, bloqueo de vehículos, actividad de autobuses y taxis, radio de giros muy pequeños, uso limitado de carriles exclusivos de giro, alta actividad peatonal, densa población, y cortes de acera en el medio. El HCM (2000) recomienda que el uso de este factor debe determinarse en base a cada caso, este factor no está limitado por el diseño de áreas de negocios, asimismo, este factor no será usado necesariamente para todos los distritos centrales de negocios. En cambio, este factor se debe utilizar en áreas donde la geometría del diseño y los flujos del tráfico o peatones, o en algunas ocasiones ambos juntos, son tales que los avances de los vehículos sean mínimas, es decir, el flujo de saturación de los vehículos sea incrementado significativamente al punto que la capacidad de la intersección sufra alteraciones desfavorables.

$$f_a = 0.900 \text{ en CBD}$$

$$f_a = 1.000 \text{ en otras áreas}$$

Donde:

- CBD: Distrito central de negocios (Central Business district)

G) *Ajuste por utilización de carril (F_{LU}).*

El factor de ajuste por utilización de carril explica la distribución desigual en aquellas vías que tienen más de un carril por sentido, de esta forma proporciona un ajuste a la tasa de flujo de saturación de base. Este tipo de factor se basa estrictamente en el flujo del carril con mayor volumen vehicular empleando la ecuación 20. Este factor se normalmente se aplica y se puede usar para dar cuenta de la variación del flujo de tráfico en los carriles individuales en un grupo de carriles debido a cambios aguas arriba o aguas debajo de la carretera, como el

número de vías disponibles o por la distribución del tráfico dentro de un grupo de vías debido a grandes movimientos de volteo dentro de una distancia corta desde una intersección. Se puede utilizar 1.00 para el factor de utilización de carril siempre y cuando se puede suponer una distribución de tráfico uniforme en todos los carriles (HCM, 2000).

$$f_{LU} = \frac{V_g}{(V_{g1}N)} \quad (20)$$

Donde:

- V_g : proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh/hora.
- V_{g1} : Proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/hora.
- N : Número de carriles en el grupo.

H) Ajuste por giros a la derecha (F_{RT}).

El factor de ajuste por giros a la derecha, refleja el efecto de la geometría de la vía. Se considera independientemente si es que los giros se realizan desde un carril compartido o un carril exclusivo y de la proporción de vehículos que realizan el giro a la derecha. En caso de que el carril no incluya giros permitidos a la derecha, el factor de ajuste por giros a la derecha va a ser de 1.0 y en caso de tener un carril exclusivo para girar a la derecha el valor que asume el factor de ajuste por giros a la derecha va a ser de 0.85. El factor de ajuste de volteo a la derecha, depende de un número de variables, las cuales incluyen (HCM, 2000):

- Caminos en conflictos usados por el volumen de peatones.

- Proporción de vehículos que giran a la derecha en la vía compartida.
- Proporción de giros a la derecha usando la porción protegida de una fase protegida y permitida.
- Los giros a la derecha son realizados desde un carril exclusivo o compartido.

El HCM (2000) brinda dos ecuaciones para calcular el factor de ajuste de giros a la derecha. La ecuación 21 se utiliza para giros a la derecha con carril compartido y la ecuación 22 se utiliza para giros a la derecha con carril único.

$$f_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT} \quad (21)$$

$$f_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT} \quad (22)$$

Donde:

- P_{RT} : Proporción de giros derechos en el grupo de carriles.

I) Ajuste de giros a la izquierda (F_{LT}).

Este tipo de factor se basa en variables similares al factor de ajuste de giros a la derecha, es decir, si es que los giros son protegidos o permitidos y si se realizan desde un carril exclusivo o compartido. Incluyendo:

- Si los giros a la izquierda son desde vías exclusivas o compartidas.
- Tipos de fases (protegida, permitida o ambos).
- Proporción de vehículos que giran a la izquierda utilizando un carril compartido.
- Tasa de flujos opuestos cuando los giros son hechos en fases permitidas.

El HCM (2000) utiliza un factor de ajuste por giros a la izquierda de .95 cuando se cuenta con un carril exclusivo, por otro lado, se utiliza la ecuación 23 en caso de que el carril sea compartido.

$$f_{LT} = \frac{1}{1.0+0.05P_{LT}} \quad (23)$$

Donde:

- f_{LT} : Proporción de giros izquierdos en el grupo de carril.

J) Ajuste por peatones y bicicletas (F_{LPB} y F_{RPB}).

El HCM (2000) determina el factor de ajuste por peatones y bicicletas a partir de los siguientes pasos:

- Determinar la ocupación promedio de peatones, que solo tiene en cuenta el efecto peatonal.
- Determinar la ocupación de la zona de conflicto relevante, que tiene en cuenta tanto los efectos peatonales como los de bicicleta.
- Se debe tener en cuenta si otro tráfico también se encuentra en conflicto (por ejemplo, flujo de bicicletas adyacentes para el caso de giros a la derecha o flujo de vehículos opuestos para el caso de giros a la izquierda). En cualquier caso, se hacen ajustes a la ocupación inicial. La proporción de tiempo verde en el que está ocupada la zona de conflicto se determina como una función de la ocupación relevante y el número de carriles de recepción para vehículos de giro.
- También se necesita la proporción de giros a la derecha utilizando la porción protegida de una fase protegida más permitida. Esta proporción

debe determinarse mediante la observación de campo, sin embargo, se puede hacer una estimación a partir de la temporización suponiendo que la proporción de vehículos de giros a la derecha que utilizan la fase protegida es aproximadamente igual a la proporción de fase de giro que está protegida.

Si P_{RTA} es igual a 1.0 (es decir, el giro a la derecha está completamente protegido de los peatones en conflicto), se debe usar un volumen peatonal igual a cero. El factor de ajuste se determina a partir de la ocupación final del movimiento de giro y el porcentaje de tráfico de giro en el grupo de carril. Las ecuaciones 24 y 25 se utilizan para determinar el bloqueo por peatones y bicicletas, para giros a la izquierda y giros a la derecha, respectivamente.

$$f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA}) \quad (24)$$

$$f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \quad (25)$$

Donde:

- P_{LT} : Proporción de giros a la izquierda en el grupo.
- A_{pbT} : Ajuste en la fase permitida.
- P_{LTA} : Proporción de giros a la izquierda de la fase protegida sobre el total de verde del grupo.
- P_{RT} : Proporción de giro derecho en el grupo de carriles.
- P_{RTA} : Proporción de giro derecha de la fase protegida sobre el verde total.

2.1.1.8 Capacidad y relación v/c de intersecciones semaforizadas.

2.1.1.8.1 Capacidad.

En una intersección la capacidad se basa en el flujo de saturación y también en la velocidad del flujo de saturación. La relación del flujo para un grupo de carriles dados se define como la relación entre la tasa del flujo de demanda real y la tasa de flujo de saturación. El HCM (2000) establece la capacidad de un grupo de carriles a partir de la ecuación 26.

$$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right) \quad (26)$$

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 verde efectivo para el grupo de carril “i” (s).
- C : Tiempo total del ciclo semafórico (s).
- $\frac{g_i}{C}$: Proporción de verde efectivo en el grupo de carriles “i”.

2.1.1.8.2 Relación v/c.

Generalmente conocido como el grado de saturación, también denominada a menudo relación volumen a capacidad. Los valores pueden variar desde cero hasta mayor a uno. Si es que el valor es uno, significa que la tasa de flujo es igual a la capacidad y resulta cero cuando la tasa de flujo es cero. Los valores superiores a uno indican que un exceso de demanda sobre la capacidad, sin embargo, la capacidad de toda la intersección no es un concepto significativo y no es definido específicamente aquí debido que rara vez todos los movimientos en una intersección

se saturan a la misma hora del día. Para un grupo de carriles i , se X_i con la ecuación 27 (HCM, 2000).

$$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i = \frac{v_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C}\right)} = \frac{v_i \cdot C}{s_i \cdot g_i} \quad (27)$$

Donde:

- X_i : $(v/c)_i$ para un grupo de carriles “ i ”.
- v_i : Tasa de flujo de demanda para el grupo de carriles “ i ” (veh/h).
- 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).

2.1.1.9 Grupo de carriles críticos.

Los grupos que tienen mayor relación de flujo v/c son los carriles críticos para cada fase semafórica. En otras palabras, será el grupo de carriles que necesitará más tiempo de verde que otras. Por ejemplo, con una señal de dos fases, los grupos de carriles opuestos se mueven durante el mismo tiempo verde, sin embargo, uno de estos carriles requerirá más tiempo verde que otro (tendrá una relación de flujo más alta). El grado de saturación crítico estimado por el HCM (2000) se calcula con la ecuación 28. Esta ecuación se utiliza para evaluar la intersección en relación con su geometría y la duración total del ciclo, y también sirve para determinar tiempos de señalización cuando estos no son especificados previamente.

$$X_c = \left(\frac{C}{C-L}\right) * \sum \left(\frac{v}{s}\right)_{ci} \quad (28)$$

Donde:

- X_c : Relación v/c crítica o grado de saturación crítico para la intersección.
- $\sum(v/c)_{ci}$: Sumatoria de las relaciones del flujo para todos los carriles críticos “i”.
- C : Longitud del ciclo (s).
- L : Tiempo perdido total por ciclo, calculado como tiempo perdido, para la trayectoria crítica de los movimientos (s).

2.1.1.10 Determinación de la demora en intersecciones semaforizadas.

El promedio de la demora experimentada por los vehículos que llegan a la intersección en la etapa de análisis, incluido los retrasos incurridos más allá del período de análisis cuando el grupo de carril está saturado. En la etapa del análisis de las demoras se incluye todas aquellas que no fueron incluidas cuando el grupo se encuentra saturado. La demora total de control incluye movimientos a velocidades más lentas de los vehículos, las constantes detenciones por el movimiento de las colas y disminución de la velocidad corriente arriba de la intersección. El HCM (2000) determina la demora media de control por vehículo para un grupo de carril según la ecuación 29.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (29)$$

Donde:

- d : Demora de control por vehículos (s/veh).
- d_1 : Demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

- PF : Factor de ajuste de demora uniforme por secuencia, se considera los efectos de la coordinación de semáforos.
- d_2 : Demora incremental de llegadas aleatorias y colas con sobrecarga ajustada por la duración del periodo analizado y el tipo de señal controladora; se asume que no existe cola inicial para el grupo de carriles al inicio del periodo de análisis (s/veh).
- d_3 : Demora de la cola inicial, toma en cuenta todos los vehículos en el periodo de análisis debido a la cola inicial al empezar el periodo analizado (s/veh).

2.1.1.10.1 Factor de ajuste por secuencia (PF).

Una secuencia favorable se puede ver cuando una gran proporción de los vehículos llegan a la intersección en la fase verde del semáforo, por lo otro lado, la llegada de una gran proporción de los vehículos llegan a la intersección en la fase de rojo en el semáforo. El factor de ajuste (PF) aplica a todos los grupos de carriles, incluyendo aquellos con controles fijos. La secuencia semaforica afecta a la demora uniforme, es por ello que este factor reajusta a la demora uniforme d_1 . La ecuación 30 permite determinar el factor de ajuste (PF) (HCM, 2000).

$$PF = \frac{(1-P)f_{PA}}{1-\left(\frac{g}{C}\right)} \quad (30)$$

Donde:

- PF : Factor de ajuste de secuencia.
- P : Proporción de vehículos que llegan en verde (veh).
- g/c : Proporción de verde en la fase semaforica.

- f_{PA} : Factor de ajuste suplementario por vehículos que llegan durante el verde.

El valor de P deberá ser medido en campo o estimado por el tipo de llegada. Si se da el caso de ser medido en campo, P debe determinarse como la proporción de vehículos que llegan a la línea de parada o unirse a la cola (en movimiento o estacionario) mientras se muestra la fase verde. Los valores aproximados de R_p , relacionados con el factor de ajuste suplementario se muestra en la tabla 3 y 4.

Tabla 3. Relación entre el pelotón y tipos de llegada.

Tipo de llegada (AT)	Rango de proporción de pelotón (R_p)	Valor por defecto (R_p)	Calidad de progresión
1	≤ 0.50	0.333	Muy pobre
2	$> 0.50 - 0.85$	0.667	Desfavorable
3	$> 0.50 - 0.85$	1.000	Llegadas aleatorias
4	$> 0.85 - 1.15$	1.333	Favorable
5	$> 1.15 - 1.50$	1.667	Muy Favorable
6	> 2.00	2.000	Excepcional

Fuente: Reproducción del anexo 16-11, (HCM, 2000)

Tabla 4. Factor de ajuste suplementario de secuencia.

Relación (g/C)	Tipo de Llegada (AT)					
	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
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
f_{PA}	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
R_p por defecto	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

Fuente: Reproducción del anexo 16-12, (HCM, 2000).

2.1.1.10.2 *Determinación de la demora uniforme (d_1).*

La demora uniforme (d_1) supone llegadas uniformes, flujo estable, y la inexistencia de cola inicial. La ecuación 31 se basa en el primer término de la fórmula de demora de Webster y es ampliamente aceptada como una descripción acertada de la demora en el caso ideal de existir llegadas uniformes. Se debe tener en cuenta que los valores mayores a 1.0 quedarán descartados en el cálculo de d_1 (HCM, 2000).

$$d_1 = \frac{0.5C\left(1-\frac{g}{c}\right)^2}{1-\left[\min(1,X)\frac{g}{c}\right]} \quad (31)$$

Donde:

- d_1 : Demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).
- C : Duración del ciclo (s); duración usada por semáforos con controladores fijos.
- g : Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles (s).
- X : Relación v/c o grado de saturación del grupo de carriles.

2.1.1.10.3 *Determinación de la demora incremental (d_2).*

La ecuación 32 formulada por el HCM (2000) es utilizada para estimar el retraso incremental debido a llegadas no uniformes y fallas cíclicas temporales (retraso aleatorio) así como el retraso causado por períodos prolongados de sobresaturación (demoras por el exceso de saturación). Esta ecuación asume que no hay demanda insatisfecha que genere colas iniciales en el principio del periodo analizado (T). La ecuación es válida para cualquier valor de X , incluyendo los valores de los grupos de carriles con alta saturación.

$$d_2 = 900T \left[(x + 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8 \cdot K \cdot I \cdot X}{c \cdot T}} \right] \quad (32)$$

Donde:

- d_2 : Demora incremental, considera los efectos de las colas anteriores y sobreesaturadas y es ajustada por la duración del periodo analizado y el tipo de controlador semafórico (s/veh).
- T : Duración del periodo de análisis en horas (h).
- k : Factor de la demora incremental que está en función de la configuración del controlador.
- I : Factor de ajuste por tipo de ingreso a la intersección corriente arriba.
- c : Capacidad del grupo de carriles (veh/h).
- X : Relación v/c o grado de saturación del grupo de carriles.

A) Factor de calibración por retraso incremental.

El factor de calibración por retraso incremental (k) que está incluida en la ecuación 30, se encarga de calibrar el efecto del tipo de controlador en retraso. Para las señales con un tiempo ya predeterminado el valor de k será igual a .50, que se basa en un proceso de cola con llegadas aleatorias y un tiempo de servicio uniforme equivalente a la capacidad del grupo de carril. Por otro lado, los controladores accionados que tienen la capacidad de adaptar el tiempo verde para la demanda de tráfico reducen el retraso incremental. Sin embargo, cuando la relación volumen-capacidad (v/c) es igual a la unidad, el valor de k será igual a .50 debido que su funcionamiento se asemejará al de un dispositivo con tiempo predeterminado como

el semáforo. La tabla 5 muestra los valores recomendados para k para un grupo de carriles con un dispositivo predeterminado y accionado (HCM, 2000).

Tabla 5. Valores de k a tomar en cuenta cada tipo de controlador.

EXTENSIONES DE LA UNIDAD	GRADO DE SATURACIÓN (X)					
	$\leq .50$.60	.70	.80	.90	≤ 1.0
≤ 2.0	.04	.13	.22	.32	.41	.50
2.5	.08	.16	.25	.33	.42	.50
3.0	.11	.19	.27	.34	.42	.50
3.5	.13	.20	.28	.35	.43	.50
4.0	.15	.22	.29	.36	.43	.50
4.5	.19	.25	.31	.38	.44	.50
5.0 ^a	.23	.28	.34	.39	.45	.50
Movimiento predeterminado o no actuado	.50	.50	.50	.50	.50	.50

Fuente: Reproducción de HCM (2000)

B) Factor de ajuste por ingreso corriente arriba (I).

El factor de ajuste por ingreso corriente arriba incorpora los efectos de llegadas filtradas de semáforos corriente arriba. Para aquellas intersecciones que se encuentran a más de 1.6 km de la intersección semaforizada más cercana (intersección aislada) se utiliza un valor de I igual a 1.0. En el caso de las intersecciones no aisladas, se deberá tomar en cuenta el grado de saturación de la intersección que se encuentra corriente arriba (X_u). La tabla 6 muestra valores para intersecciones no aisladas.

Tabla 6. Valores de I para intersecciones no aisladas.

	GRADO DE SATURACIÓN DE LA INTERSECCIÓN CORRIENTE ARRIBA (X_u)						
	.40	.50	.60	.70	.80	.90	≥ 1.0
I	.922	.858	.769	.650	.500	0.314	.090

Fuente: Reproducción del anexo 15-7 HCM (2000)

Nota: $I = 1.0 - 0.91X_u^{2.68}$ y $X_u \leq 1.0$

2.1.1.10.4 *Determinación de la demora por cola inicial (d_3).*

Es el tiempo de demora que experimentan los vehículos que llegan a la intersección debido a las colas residuales de un periodo anterior analizado que generan el inicio de una cola para el nuevo proceso de análisis (T). Para X mayor a 1.0, en un periodo mayor de 15 minutos, se formará una cola inicial (Q_b) y deberá aforarse al inicio de la fase de rojo. Siempre que Q_b sea distinto a cero los vehículos que lleguen a la intersección en el periodo de análisis, experimentan una demora por cola inicial (d_3). Existen cinco pasos que pueden influenciar en el periodo de análisis para los cuales la estimación de la demora por cola inicial varía (HCM, 2000).

- Caso 1: Periodo de análisis no saturado, sin cola inicial, $d_3 = 0$.
- Caso 2: Periodo inicial sobresaturado, sin cola inicial, $d_3 = 0$.
- Caso 3: La cola inicial Q_b es disipada durante el periodo T. En otras palabras, Q_b más la demanda total en el periodo (qT) es menor que la capacidad disponible (cT): $Q_b + qT < cT$.
- Caso 4: Hay una cierta cantidad de demanda insatisfecha decreciente en el periodo de análisis T. La demanda será menor que la capacidad: $qT < cT$.
- Caso 5: La demanda en el periodo T excede a la capacidad, e incrementa al final de T: $qT > cT$.

De esta forma el HCM (2000) calcula la demora por cola inicial según la ecuación 33.

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1+u)t}{c.T} \quad (33)$$

Donde:

- Q_b : Cola inicial durante el periodo T (veh).
- c : Capacidad (veh/h).
- T : Duración del periodo analizado en horas (h).
- u : Parámetro de demora.
- t : Duración de la demanda insatisfecha (h).

Para los casos 3, 4 y 5 el HCM 2000 utiliza la ecuación 34 y 35 para calcular los parámetros t y u .

$$t = \min \left[T, \frac{Q_b}{c[1-\min(1,X)]} \right] \text{ si } Q_b = 0 \text{ entonces } t = 0 \quad (34)$$

$$t = 1 - \left[\frac{cT}{Q_b[1-\min(1,X)]} \right], \text{ si } t < T \text{ entonces } u = 0 \quad (35)$$

Cuando existe una demanda insatisfecha, el último vehículo en la cola que llega a la intersección durante el periodo T despejará la intersección en un tiempo mayor (adicionalmente de d_1+d_2), $T_c > T$. El tiempo de despeje de cola inicial (T_c) se calcula con la ecuación 36 (HCM, 2000).

$$T_c = \max \left(T, \frac{Q_b}{c} + TX \right) \quad (36)$$

Donde:

- T_c : Despeje de cola inicial (h).
- Q_b : Cola inicial durante el periodo T (veh).
- T : Duración del periodo analizado en horas (h).
- c : Capacidad (veh/h).
- X : Grado de saturación o relación v/c crítica.

Por último, para los casos 3,4 y 5 donde existe demanda insatisfecha, se debe evaluar la demora uniforme (d_1) considerando para el grado de saturación (X) un valor igual a 1.0 para el periodo en el que se da una cola sobresaturada (t), mientras que para el resto del periodo ($T-t$) se utilizará el valor real de X . En estos casos se tendrá que ponderar el componente d_1 de la demora de control como se muestra en la ecuación 37 (HCM, 2000).

$$d_1 = d_s \times \frac{t}{T} + d_u \times PF \times \frac{(T-t)}{T} \quad (37)$$

Donde:

- d_s : Demora por sobresaturación (d_1 para $X=1.0$).
- d_u : Demora sin saturación (d_1 para el valor real de X).

2.1.1.11 Determinación de demoras agregadas.

La determinación de demoras agregadas da como resultado la demora de control por vehículo en cada grupo de carriles. Cuando lo que se necesita es la demora de un acceso de la intersección como un todo se deberá ponderar estas demoras por vehículo. La ecuación 38 muestra la ponderación de las demoras (HCM, 2000).

$$d_A = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} \quad (38)$$

Donde:

- d_A : Demora del acceso A (s/veh).
- d_i : Demora del grupo de carriles i (en el acceso A) (s/veh).
- v_i : Flujo ajustado del grupo de carriles i (veh/h).

La ecuación 39 se utiliza para determinar las demoras de control promedio de la intersección (HCM, 2000).

$$d_1 = \frac{\sum d_A v_A}{\sum v_A} \quad (39)$$

Donde:

- d_1 : Demora por vehículo de la intersección (s/veh).
- d_A : Demora del acceso A (s/veh).
- v_A : Flujo ajustado del acceso A (veh/h).

2.1.1.12 Nivel de servicio.

El nivel de servicio es el promedio de demora de control por vehículo. Se estima para cada grupo de carril y para la intersección como un todo. El nivel de servicio está directamente relacionado al valor del tiempo de retraso. La tabla 7 muestra el rango de valores según cada nivel (HCM, 2000).

Tabla 7. Criterio del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas.

Nivel de Servicio	Demora de Control por vehículo (s/veh)
A	≤ 10
B	$> 10 - 20$
C	$> 20 - 35$
D	$> 35 - 55$
E	$> 55 - 88$
F	> 80

Fuente: Reproducción del anexo 16-2 (HCM, 2000)

2.1.1.12.1 *Nivel de servicio A.*

Este nivel de servicio describe las operaciones del flujo libre donde las velocidades de flujo libre prevalecen. Los vehículos en su mayoría llegan a la intersección en la fase de verde, tienen facilidad para maniobrar dentro del flujo del tráfico. El nivel de comodidad para los usuarios es excelente (HCM, 2000).

2.1.1.12.2 *Nivel de servicio B.*

Representa un flujo razonablemente libre y se mantienen las velocidades del flujo libre. La capacidad de maniobra en la intersección está ligeramente restringida, y el nivel de confort proporcionado a los conductores es aún alto. Más vehículos son los que se detienen en comparación a las intersecciones con un nivel de servicio A (HCM, 2000).

2.1.1.12.3 *Nivel de servicio C.*

Libertad de maniobra relativamente restringida en la corriente vehicular y requiere de cierta atención a los otros vehículos que comparten la intersección ante un cambio de carril. El nivel de comodidad y conveniencia bajan considerablemente en este nivel, además se espera que se formen colas ante cualquier bloqueo significativo (HCM, 2000).

2.1.1.12.4 *Nivel de servicio D.*

Las velocidades del flujo empiezan a disminuir ligeramente con el aumento de los flujos y la densidad comienza a aumentar más rápidamente. La libertad de maniobra en la vía es más restringida notablemente. Sin embargo, aún se puede observar que el flujo es estable a pesar de su alta densidad, pero pequeños incidentes pueden crear colas de espera en la vía (HCM, 2000).

2.1.1.12.5 *Nivel de servicio E.*

En este nivel la vía está cerca de llegar a su capacidad máxima, las velocidades son bajas, aunque uniformes. Los vehículos se encuentran muy poco espaciados, dejando de esta forma poco espacio para maniobrar. Cualquier tipo de interrupción como el cambio de un carril a otro, puede generar una ola de interrupción que se propague a través del flujo de tráfico ascendente.

El nivel de comodidad es extremadamente limitado, y la operación en este nivel es muy volátil, pequeños incrementos en los flujos de corriente vehicular ocasionan congestiones severas (HCM, 2000).

2.1.1.12.6 *Nivel de servicio F.*

Presenta un nivel de congestión más severa. La demanda excede la capacidad de la vía, y se general colas. Este nivel es considerado inaceptable por los usuarios por su sobresaturación en la intersección. Las operaciones son muy inestables y los vehículos tienen que detenerse por varios minutos. Esto se repite de manera cíclica.

2.2.2 Metodologías existentes

2.2.2.1 *Método para establecer el estudio de paradas de autobuses en intersecciones semaforizadas.*

El factor de bloqueo por autobuses locales explica el impacto de autobuses que se detienen para recoger y/o descargar pasajeros en una parada de autobús lateral o de lado lejano a menos de 76 metros del área de parada. Por cada vez que un autobús bloquee la línea de carril durante la fase de verde, se asume un tiempo promedio de 14.4 segundos como se muestra en la ecuación 40 (Roess, Prassas y McShane, 2011).

$$B = 1.0 - \left(\frac{14.4N_B}{3600} \right) \quad (40)$$

Donde:

- B : Factor de ajuste aplicado solo al carril bloqueado por los autobuses locales.
- N_B : Número de autobuses locales por hora deteniéndose.

El impacto en los carriles donde no existan bloque por buses será nulo, entonces un ajuste de 1.00 debería ser aplicado, por lo cual se emplea la ecuación 41 (Roess, Prassas y McShane, 2011).

$$f_{bb} = \frac{(N-1)+B}{N} \quad (41)$$

Donde:

- N : Número de carriles en el grupo de carriles.

Finalmente combinando ambas ecuaciones, se obtiene final mente la ecuación 42.

$$f_{bb} = \frac{N - \left(\frac{14.4N_B}{3600} \right)}{N} \geq 0.05 \quad (42)$$

Teniendo en cuentas las siguientes limitaciones en la ecuación:

- $0 \leq N_B \leq 250$; si $N_B > 250$, usar 250 buses/hr.
- $f_{bb}(min) = .05$

Se debe tener en cuenta que el coeficiente de 14.4 segundos es característico para el país de Estados Unidos, por lo cual, dicho valor es posible recalibrarlo en

función al tiempo de bloqueo promedio medido en campo por el ascenso y/o descenso de pasajeros (Roess, Prassas y McShane, 2011). La utilización del valor medido en campo reflejará con mayor grado de certeza el comportamiento de la obstrucción por la parada de buses en cada lugar de estudio.

Para calibrar el factor por obstrucción de buses, se deberá determinar el tiempo promedio de permanencia de cada autobús, por el tiempo usado para cargar y/o descargar pasajeros teniendo en cuenta que los sitios a medir deben considerarse ideales y presentar las siguientes características, tanto físicas como de tránsito que se mencionarán a continuación (Flores, 2001):

- El terreno deberá ser considerado en un solo nivel, o con pendientes no mayores del 1% al 2%.
- El ancho de carriles deberá estar comprendido entre 3.50 a 3.60 metros.
- La parada de autobuses deberá estar libre de interferencias.
- La circulación de tránsito deberá ser predominante de autobuses.
- El sitio de estudio deberá contar con un lugar en el que se puedan observar todas las maniobras que realizan los autobuses a lo largo de la vía.
- Se tomarán en cuenta solamente los vehículos que al realizar una parada bloqueen el flujo del tránsito de los vehículos que se encuentran detrás. En caso de que los vehículos que se encuentren detrás pasen al otro carril para seguir su camino, se invalidará la muestra.

Sin embargo, en nuestra localidad al no contar con buses como medio de transporte público, los criterios empleados para la recopilación de las muestras deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- El terreno deberá ser considerado en un solo nivel, o con pendientes no mayores del 1% al 2%.
- La circulación de tránsito deberá ser predominante de vehículos encargados al transporte público.
- El sitio de estudio deberá contar con un lugar en el que se puedan observar todas las maniobras que realizan los vehículos de transporte público a lo largo de la vía.
- No se tomarán en cuenta los vehículos de transporte público que se detengan por cualquier otro motivo que no esté relacionado al transporte de pasajeros.
- Se tomarán en cuenta solamente los vehículos que al realizar una parada bloqueen el flujo del tránsito de los vehículos que se encuentran detrás. En caso de que los vehículos que se encuentren detrás pasen al otro carril para seguir su camino, se invalidará la muestra.

2.2.3 Definición de términos básicos.

Extraído del texto de Vera (2012 pg. 12)

- FIFO: Significa por sus siglas en inglés First-in, First-out. Esta disciplina en la teoría de colas, da a entender que el primero en estar en una cola de espera, es el primero en salir.
- Llegada o Arribo: Se denomina así al ingreso de vehículos en la intersección.

Extraído del libro Ingeniería de Tránsito (2004 pg. 106)

- Vía: Camino, arteria o calle.

Extraído del libro Ingeniería de Tránsito (2004 págs. 168-169) (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007)

- Aforo: Se denomina así al conteo, ya sea de vehículos, ciclistas, peatones y/o pasajeros con la finalidad de estimar el volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad.
- Volumen: Es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico.
- Flujo vehicular o 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.
- Demanda: Es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico.
- Capacidad: Es el número de vehículos que pueden ser servidos de manera óptima durante un tiempo específico.

Extraído del HCM 2000 capítulo 5.

- Factor de Hora Punta: Es el volumen máximo del día segmentados por horas, dividido por el pico más alto de 15 minutos dentro de la hora pico.
- Bus: Es un vehículo de carretera autopropulsado y con neumáticos de goma diseñado para llevar un número sustancial de pasajeros (al menos 16) y comúnmente operados en calles y carreteras.
- Paradero de buses: Área donde uno o más buses cargan y/o descargan pasajeros.
- Grupo de carril crítico: Los grupos de carril que tienen la relación de flujo más alta para una fase de señal determinada.

- Ciclo: Secuencia completa de indicación de un semáforo.
- Demora: Tiempo de demora adicional experimentado por un conductor, pasajero o peatón.
- Densidad: Número de vehículos en un segmento de carretera promediado en el espacio, generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (v/km).
- Tiempo verde: La duración está dada en segundos, y es el tiempo dentro de una fase, durante el cual el indicador muestra verde. Su símbolo es g .
- Tiempo efectivo de verde: Es el tiempo disponible para el movimiento en una longitud del ciclo del semáforo, es considerado como el tiempo verde más el intervalo de cambio, menos el tiempo perdido para el movimiento designado, su símbolo es g_i .
- Tiempo efectivo de rojo: Es el tiempo durante el cual el movimiento dado o grupo de movimientos no están permitidos que ocurran, es la duración del ciclo menos el tiempo efectivo del verde.
- Condición geométrica: Es considerado a las características espaciales de una instalación, incluido el grado de aproximación, el número y ancho de carriles, uso de carril y carriles de estacionamiento.
- Vehículo pesado: Es considerado un vehículo pesado aquel que tenga más de cuatro ruedas tocando el pavimento durante operación normal.
- Vehículo recreativo: Es un vehículo pesado, usado con la finalidad para transportar equipos o instalaciones recreativas como remolques para botes, motocicletas o motos acuáticas.
- Demora uniforme: El primer término de la ecuación para demora de control de grupo de carril, suponiendo llegadas uniformes.

- Demora incremental: Representa llegadas no uniformes y retrasos temporales aleatorios, así como retrasos causados por períodos sostenidos de sobresaturación.
- Cola inicial: La demanda no satisfecha al comienzo de un periodo de análisis, ya sea observada en campo o trasladado de los cálculos de un periodo de análisis previo.
- Utilización de carril: Distribución de vehículos entre carriles cuando hay dos o más carriles disponibles para un movimiento; sin embargo, a medida que la demanda se aproxima a la capacidad, se desarrolla una utilización uniforme.
- Nivel de servicio: Medida cualitativa que describe las condiciones operacionales dentro de un flujo de tráfico basado en medidas de servicio como velocidad y tiempo de viaje, libertad de maniobra, interrupciones de tráfico, comodidad y conveniencia.
- Tiempo perdido: Es el tiempo dado en segundos, durante el cual una intersección no se usa con eficacia por ningún movimiento; es la suma del tiempo perdido por eliminación más el tiempo perdido de puesta en marcha.
- Fase: Es la parte del ciclo asignada a una combinación de movimiento de tráfico.
- Flujo de saturación: Es la tasa horaria equivalente a la que los vehículos que estaban en cola anteriormente pueden atravesar una intersección en las condiciones prevalecientes, suponiendo que la señal de verde está disponible todo el tiempo y no se experimentan tiempos perdidos, en vehículos por hora o vehículos por hora por carril.

CAPÍTULO III

Metodología

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la Investigación.

A) Método general o teórico de la investigación

El método de la investigación fue el empírico. En este caso se utilizó dicho método de investigación para obtener información numérica acerca de los tiempos de bloqueos. De esta forma se buscará establecer normas generales referidas al grupo de estudio.

B) Método específico de la investigación

El método que se va a usar es el de medición con el fin de registrar los tiempos de bloqueo por parte de las unidades de transporte público.

3.2 Alcances de la Investigación

A) Tipo de investigación

El tipo de la investigación es aplicada. En esta investigación se parte de lo ya conocido para adecuarlo a las características locales de la ciudad, solucionando los

problemas de caracterización del transporte público. Además de ello la investigación es de tipo cuantitativo por ser secuencial y probatorio.

B) Nivel de investigación

La investigación es correlacional, porque se trata de evaluar la relación que tiene el coeficiente 14.4 segundos de la obstrucción por buses con el nuevo coeficiente obtenido del promedio de ascenso y/o descenso de usuarios del transporte público.

3.3 Diseño de la Investigación

El diseño es no experimental debido a que solo se observarán los sucesos que involucran tanto a la variable independiente sin manipularla y a la variable dependiente.

3.3.1 Tipo de diseño de investigación.

El tipo de diseño de la investigación es transversal correlacional causal en la cual se describe la relación que tiene la variable independiente con la dependiente.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población.

La población comprende todos los medios de transporte público (buses, autos colectivos, combis y coasters) que transitan por las intersecciones semaforizadas del distrito de Huancayo.

3.4.2 Muestra.

La muestra es probabilística ya que cualquier medio de transporte tiene la misma posibilidad de ser considerado para el análisis; sin embargo, como se está analizando solo los vehículos de transporte público que generen colas debido a la acción de ascenso y/o descenso de pasajeros, a los cuales se les pueda medir el tiempo de inicio y final en

las intersecciones con paradero permitido y flujo de vehículos de transporte público alto, en la cual el mismo vehículo puede pasar varias veces en un día por la misma intersección durante el tiempo de medición, se va a considerar una población desconocida para este caso.

Como la proporción de error y el nivel de confianza en las muestras puede ser determinada por medio de la probabilidad, el número mínimo de muestras se determinará con la ecuación 43:

$$N = \frac{p \cdot q \cdot K^2}{E^2} \quad (43)$$

Donde:

- N: El tamaño mínimo de la muestra.
- p: Proporción del transporte público que realizan la maniobra de ascenso y/o descenso.
- q: Es la proporción del transporte público que no realizan la maniobra.
- K: Es el nivel de confianza de la muestra.
- E: Es el error esperado o permitido en el muestreo.

Se va a asumir un valor recomendado para p y q de .5, ya que con estos valores el tamaño de la muestra es el mayor que se puede obtener. En el caso de K el nivel de confianza será del 95% y así se tendrá un valor de K=1.96, con lo cual se tiene que por cada maniobra de ascenso y/o descenso una no se realiza y para E será un valor de 5 por ciento, obteniendo finalmente (Flores 2001):

$$N = \frac{(0.5) \cdot (0.5) \cdot (1.96)^2}{(0.05)^2}$$

$$N = 380 \text{ muestras}$$

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.

Para la recolección de datos se utilizará la observación para determinar el tiempo que demoran los vehículos dedicados al transporte público en la maniobra de ascender y/o descender pasajeros durante la fase verde del semáforo en las intersecciones con paraderos permitidos y que tengan un tránsito concurrido relativamente alto de vehículos de transporte público. Se debe tener en cuenta que las intersecciones a estudiar, no deben tener una pendiente mayor a 1%.

Para calcular la hora punta, se utilizará la técnica de aforo vehicular por video para tener mayor precisión en el conteo vehicular, giros, tipos de vehículos, entre otros. Además, a partir de esto se pueden calcular las demoras e identificar el grado de significancia que del trabajo de investigación.

3.5.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.

Para la recolección de datos se utilizará una filmadora, libreta de apunte. La filmadora será utilizada para tener mayor precisión en la recolección de datos. Asimismo, la libre de apunte será utilizada para anotar cualquier imprevisto.

CAPITULO IV

Resultados y discusión

4.1 Resultados

Las áreas de parada de vehículos de transporte público en la ciudad de Huancayo, son muy poco respetadas. Generalmente los usuarios del transporte público están acostumbrados a subir y bajar en cualquier lugar, y no necesariamente en un paradero autorizado.

Considerando que los bloqueos por el transporte público se dan en cualquier lugar, tal y como se muestra en el anexo 03, para este trabajo se priorizó tomar muestras en las intersecciones semaforizadas más representativas del distrito de Huancayo; con un flujo vehicular que en su mayoría está compuesto por vehículos dedicados al transporte público.

Se optó por tomar la mayor cantidad de muestras en las intersecciones semaforizadas que dispongan de un lugar que facilite la visualización de las maniobras por parte de los conductores de vehículos públicos. Asimismo, para obtener distintas condiciones del transporte público, se buscó muestras en menor cantidad de otras intersecciones semaforizadas; sin embargo, debido a la falta de un punto que permita visualizar las maniobras de los conductores del transporte público, las muestras recopiladas fueron en menor cantidad, a fin de evitar

obtener muestras erróneas o cuestionadas. La figura 10 muestra la ubicación de las intersecciones.

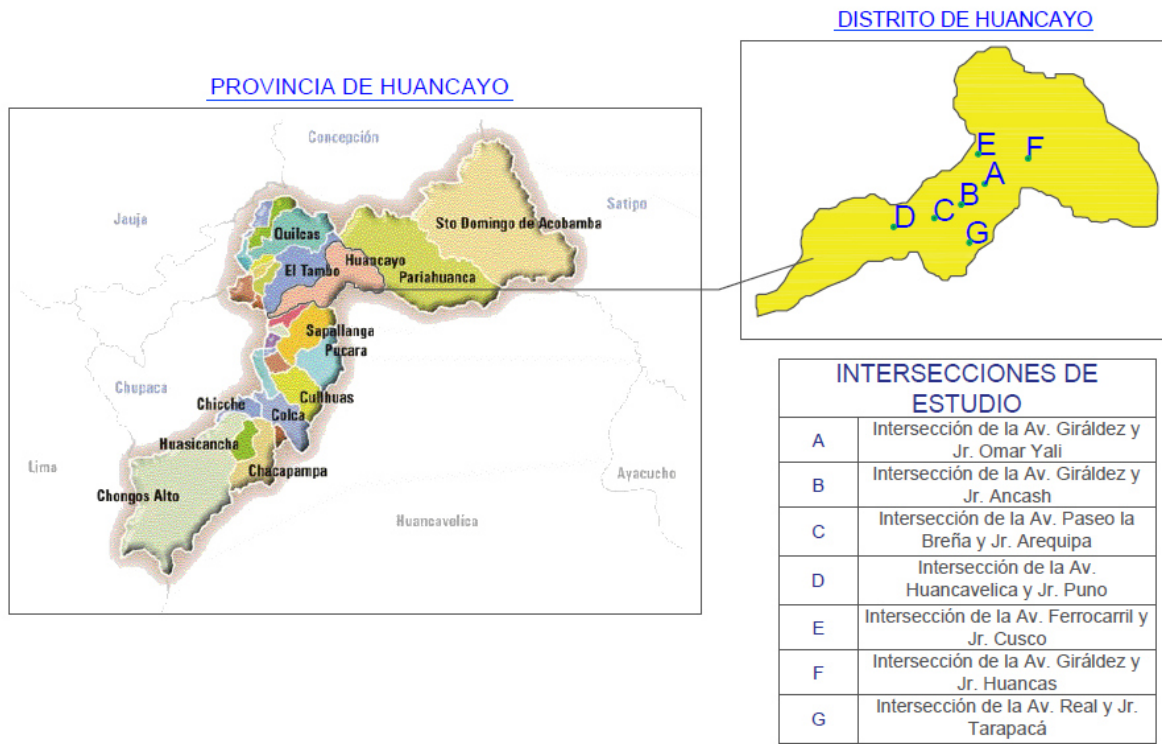


Figura 10. Ubicación de las intersecciones a estudiar.

4.1.1 Tiempos obtenidos en las intersecciones más concurridas del distrito de Huancayo.

Las intersecciones analizadas fueron: la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, Av. Giráldez y Jr. Ancash, y la Av. Paseo la Breña y Jr. Arequipa; en estas intersecciones se realizó la observación desde las 9 a.m. hasta las 9 p.m. debido a la llegada de pelotones vehiculares relativamente altos entre las horas mencionadas. Asimismo, se consideraron las inteSe descartaron los casos excepcionales, que ocasionaban tiempos muy elevados. Los tiempos obtenidos se muestran en la tabla 8, 9 y 10 respectivamente.

Tabla 8. Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali (A).

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO	TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	2	1.mp4	Combi	3	64.mp4
Auto-colectivo	3	2.mp4	Combi	3	64.mp4
Coaster	9	6.mp4	Coaster	3	66.mp4
Coaster	4	9.mp4	Auto-colectivo	10	67.mp4
Coaster	10	10.mp4	Auto-colectivo	16	68.mp4
Auto-colectivo	8	11.mp4	Coaster	5	69.mp4
Auto-colectivo	10	13.mp4	Combi	4	70.mp4
Auto-colectivo	6	15.mp4	Combi	12	71.mp4
Auto-colectivo	4	16.mp4	Auto-colectivo	7	73.mp4
Combi	12	18.mp4	Auto-colectivo	4	74.mp4
Auto-colectivo	8	19.mp4	Auto-colectivo	3	76.mp4
Combi	6	20.mp4	Auto-colectivo	4	79.mp4
Coaster	8	21.mp4	Auto-colectivo	13	81.mp4
Auto-colectivo	3	22.mp4	Auto-colectivo	8	82.mp4
Auto-colectivo	4	24.mp4	Combi	3	83.mp4
Auto-colectivo	17	25.mp4	Combi	5	84.mp4
Coaster	3	26.mp4	Auto-colectivo	10	84.mp4
Combi	4	26.mp4	Auto-colectivo	8	85.mp4
Auto-colectivo	14	30.mp4	Auto-colectivo	4	86.mp4
Auto-colectivo	6	31.mp4	Combi	5	87.mp4
Combi	4	32.mp4	Combi	3	88.mp4
Auto-colectivo	5	33.mp4	Combi	4	52.mp4
Combi	6	34.mp4	Auto-colectivo	6	52.mp4
Auto-colectivo	10	35.mp4	Auto-colectivo	9	54.mp4
Combi	11	36.mp4	Auto-colectivo	3	55.mp4
Coaster	8	38.mp4	Auto-colectivo	4	56.mp4
Combi	2	41.mp4	Auto-colectivo	7	57.mp4
Combi	15	42.mp4	Auto-colectivo	12	59.mp4
Combi	5	43.mp4	Auto-colectivo	13	60.mp4
Auto-colectivo	11	47.mp4	Combi	5	61.mp4
Coaster	8	48.mp4	Combi	3	62.mp4
Coaster	4	49.mp4	Combi	17	50.mp4
			Auto-colectivo	7	51.mp4

Tabla 9. Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Ancash (B).

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO	TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	5	179.mp4	Auto-colectivo	5	224.mp4
Auto-colectivo	12	180.mp4	Combi	5	225.mp4
Auto-colectivo	12	182.mp4	Auto-colectivo	9	226.mp4
Auto-colectivo	5	183.mp4	Combi	8	270.mp4
Auto-colectivo	17	185.mp4	Auto-colectivo	8	271.mp4
Auto-colectivo	7	186.mp4	Combi	9	272.mp4
Combi	7	187.mp4	Auto-colectivo	14	273.mp4
Auto-colectivo	10	188.mp4	Combi	9	274.mp4
Coaster	17	189.mp4	Combi	6	275.mp4
Coaster	9	190.mp4	Combi	3	276.mp4
Auto-colectivo	13	191.mp4	Combi	10	277.mp4
Auto-colectivo	5	192.mp4	Auto-colectivo	6	278.mp4
Combi	7	193.mp4	Coaster	4	279.mp4
Auto-colectivo	13	195.mp4	Auto-colectivo	5	280.mp4
Combi	6	196.mp4	Auto-colectivo	10	281.mp4
Auto-colectivo	17	198.mp4	Combi	8	282.mp4
Auto-colectivo	15	199.mp4	Auto-colectivo	9	283.mp4
Auto-colectivo	12	200.mp4	Auto-colectivo	5	300.mp4
Combi	3	200.mp4	Auto-colectivo	12	301.mp4
Coaster	10	201.mp4	Combi	5	267.mp4
Coaster	10	202.mp4	Coaster	5	268.mp4
Coaster	2	203.mp4	Auto-colectivo	6	235.mp4
Auto-colectivo	6	203.mp4	Combi	9	236.mp4
Auto-colectivo	5	205.mp4	Auto-colectivo	7	237.mp4
Auto-colectivo	5	206.mp4	Coaster	13	238.mp4
Combi	15	207.mp4	Combi	4	239.mp4
Auto-colectivo	6	208.mp4	Auto-colectivo	8	239.mp4
Coaster	2	209.mp4	Auto-colectivo	3	243.mp4
Auto-colectivo	9	210.mp4	Auto-colectivo	5	243.mp4
Combi	6	211.mp4	Combi	5	244.mp4
Combi	5	212.mp3	Auto-colectivo	5	245.mp4
Auto-colectivo	4	213.mp4	Combi	4	246.mp4
Auto-colectivo	15	214.mp4	Combi	8	247.mp4
Combi	11	215.mp4	Auto-colectivo	7	248.mp4
Auto-colectivo	6	216.mp4	Combi	5	248.mp4
Combi	8	218.mp4	Auto-colectivo	7	249.mp4
Auto-colectivo	7	219.mp4	Combi	7	249.mp4
Coaster	6	220.mp4	Combi	7	250.mp4
Auto-colectivo	7	221.mp4	Auto-colectivo	3	251.mp4
Auto-colectivo	4	222.mp4	Auto-colectivo	6	251.mp4
Auto-colectivo	11	223.mp4	Auto-colectivo	9	251.mp4
Auto-colectivo	12	252.mp4	Auto-colectivo	8	255.mp4
Combi	5	253.mp4	Auto-colectivo	5	256.mp4

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	8	253.mp4
Auto-colectivo	17	254.mp4
Auto-colectivo	4	259.mp4
Auto-colectivo	5	260.mp4
Auto-colectivo	9	261.mp4
Combi	5	262.mp4
Auto-colectivo	6	262.mp4
Auto-colectivo	13	263.mp4
Auto-colectivo	10	263.mp4
Coaster	7	264.mp4
Auto-colectivo	4	264.mp4
Coaster	10	265.mp4
Coaster	7	227.mp4
Auto-colectivo	3	228.mp4
Auto-colectivo	11	229.mp4
Combi	6	231.mp4
Auto-colectivo	4	233.mp4
Coaster	11	234.mp4
Combi	4	299.mp4
Auto-colectivo	9	269.mp4

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Auto-colectivo	7	257.mp4
Combi	4	258.mp4
Coaster	8	265.mp4
Combi	7	266.mp4
Auto-colectivo	4	267.mp4
Auto-colectivo	16	284.mp4
Coaster	7	285.mp4
Combi	4	286.mp4
Auto-colectivo	13	287.mp4
Auto-colectivo	9	288.mp4
Auto-colectivo	9	289.mp4
Auto-colectivo	7	290.mp4
Auto-colectivo	5	291.mp4
Auto-colectivo	5	292.mp4
Auto-colectivo	11	293.mp4
Auto-colectivo	8	295.mp4
Auto-colectivo	4	296.mp4
Auto-colectivo	8	297.mp4
Combi	4	298.mp4

Tabla 10. Intersección de la Av. Paseo la Breña y Jr. Arequipa (C).

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	5	91.mp4
Combi	5	92.mp4
Auto-colectivo	11	93.mp4
Combi	5	94.mp4
Combi	5	95.mp4
Auto-colectivo	8	95.mp4
Auto-colectivo	9	96.mp4
Combi	4	97.mp4
Auto-colectivo	13	98.mp4
Coaster	3	98.mp4
Combi	4	99.mp4
Combi	5	99.mp4
Auto-colectivo	4	100.mp4
Auto-colectivo	4	100.mp4
Auto-colectivo	11	101.mp4
Auto-colectivo	9	102.mp4

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	8	103.mp4
Combi	4	104.mp4
Combi	8	105.mp4
Combi	4	106.mp4
Combi	10	107.mp4
Combi	6	108.mp4
Auto-colectivo	5	109.mp4
Coaster	9	110.mp4
Combi	8	111.mp4
Combi	5	112.mp4
Coaster	5	112.mp4
Auto-colectivo	5	113.mp4
Auto-colectivo	7	113.mp4
Combi	9	113.mp4
Auto-colectivo	4	114.mp4
Auto-colectivo	7	114.mp4

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	8	115.mp4
Coaster	6	116.mp4
Combi	10	117.mp4
Auto-colectivo	9	118.mp4
Auto-colectivo	15	119.mp4
Combi	7	121.mp4
Combi	4	122.mp4
Auto-colectivo	5	123.mp4
Auto-colectivo	4	123.mp4
Coaster	5	124.mp4
Combi	5	125.mp4
Coaster	8	125.mp4
Auto-colectivo	5	126.mp4
Combi	7	127.mp4
Combi	10	175.mp4
Combi	10	176.mp4
Combi	3	177.mp4
Combi	13	178.mp4
Coaster	12	178.mp4
Combi	4	128.mp4
Auto-colectivo	6	128.mp4
Combi	9	129.mp4
Auto-colectivo	4	130.mp4
Auto-colectivo	6	130.mp4
Combi	17	131.mp4
Combi	10	132.mp4
Coaster	10	133.mp4
Auto-colectivo	5	134.mp3
Combi	7	135.mp4
Auto-colectivo	12	136.mp4
Combi	13	137.mp4
Combi	8	138.mp4
Combi	9	139.mp4
Auto-colectivo	8	140.mp4
Combi	6	141.mp4
Auto-colectivo	5	142.mp4
Auto-colectivo	14	124.mp4
Combi	9	143.mp4
Auto-colectivo	7	144.mp4
Auto-colectivo	4	145.mp4
Auto-colectivo	9	145.mp4
Combi	9	146.mp4
Auto-colectivo	2	148.mp4
Combi	4	149.mp4

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Auto-colectivo	4	150.mp4
Coaster	6	151.mp4
Auto-colectivo	3	153.mp4
Coaster	6	154.m4
Combi	5	155.mp4
Auto-colectivo	8	156.mp4
Combi	5	157.mp4
Auto-colectivo	6	158.mp4
Coaster	5	159.mp4
Coaster	4	160.mp4
Combi	9	161.mp4
Combi	12	162.mp4
Coaster	4	163.mp4
Combi	4	164.mp4
Auto-colectivo	7	165.mp4
Combi	17	166.mp4
Combi	9	167.mp4
Auto-colectivo	14	168.mp4
Combi	14	169.mp4
Auto-colectivo	12	170.mp4
Coaster	15	171.mp4
Coaster	6	172.mp4
Combi	4	173.mp4
Combi	13	174.mp4
Coaster	10	175.mp4

De la misma forma, en las intersecciones de la Av. Huancavelica y Jr. Puno, Av. Ferrocarril y Jr. Cusco, Av. Giráldez y Jr. Huancas, y Av. Real y Jr. Tarapacá se registraron muestras desde las 9:00 a.m. hasta las 9:00 p.m. Sin embargo, en estas intersecciones, la mayor cantidad de muestras obtenidas estuvieron entre las horas de 6:30 p.m. a 8:30 p.m. por ser estas las donde existen mayores llegadas de pelotones vehiculares, y a su vez, suceden mayores cantidades de bloqueos por parte del transporte público debido a la gran movilización de transeúntes. Las tablas 11, 12, 13 y 14 muestran los datos obtenidos respectivamente. No se tomaron en cuenta los casos excepcionales que causaban altos tiempos de demora por algún motivo que no esté relacionado a la movilización de transeúntes.

Tabla 11. Intersección de la Av. Huancavelica y Jr. Puno (D).

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO	TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	5	303.mp4	Combi	2	320.mp4
Combi	10	304.mp4	Combi	5	321.mp4
Coaster	3	305.mp4	Combi	11	323.mp4
Combi	11	306.mp4	Combi	5	324.mp4
Combi	8	307.mp4	Coaster	9	325.mp4
Coaster	3	308.mp4			
Combi	7	309.mp4			
Auto-colectivo	15	310.mp4			
Combi	4	311.mp4			
Auto-colectivo	9	312.mp4			
Combi	10	313.mp4			
Auto-colectivo	12	314.mp4			
Combi	10	315.mp4			
Coaster	7	316.mp4			
Combi	4	316.mp4			
Coaster	4	317.mp4			
Combi	6	318.mp4			
Combi	5	318.mp4			
Combi	4	319.mp4			

Tabla 12. Intersección de la Av. Ferrocarril y Jr. Cusco (E).

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO	TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	2	326.mp4	Combi	4	344.mp4
Combi	4	327.mp4	Coaster	3	345.mp4
Combi	3	328.mp4	Combi	12	346.mp4
Combi	7	329.mp4	Combi	3	347.mp4
Combi	8	330.mp4	Combi	6	348.mp4
Combi	4	331.mp4	Coaster	6	349.mp4
Combi	2	332.mp4	Combi	3	350.mp4
Combi	8	332.mp4			
Combi	3	333.mp4			
Combi	3	334.mp4			
Combi	3	334.mp4			
Combi	9	335.mp4			
Coaster	5	336.mp4			
Combi	4	337.mp4			
Combi	6	337.mp4			
Coaster	7	338.mp4			
Combi	4	339.mp4			
Combi	3	340.mp4			
Combi	7	343.mp4			

Tabla 13. Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Huancas (F).

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO	TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Combi	3	351.mp4	Combi	8	365.mp4
Combi	10	352.mp4	Auto-colectivo	5	366.mp4
Auto-colectivo	4	353.mp4	Auto-colectivo	8	367.mp4
Auto-colectivo	4	354.mp4	Auto-colectivo	4	368.mp4
Combi	3	355.mp4	Auto-colectivo	7	368.mp4
Auto-colectivo	4	356.mp4	Combi	4	369.mp4
Auto-colectivo	9	357.mp4	Auto-colectivo	5	370.mp4
Auto-colectivo	12	358.mp4			
Combi	6	359.mp4			
Auto-colectivo	4	360.mp4			
Auto-colectivo	15	361.mp4			
Auto-colectivo	7	362.mp4			
Auto-colectivo	3	363.mp4			
Combi	5	364.mp4			

Tabla 14. Intersección de la Av. Real y Jr. Tarapacá (G).

TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO		TIPO VEHICULO	DURACIÓN DEL BLOQUEO (seg.)	VIDEO
Coaster	4	371.mp4		Auto-colectivo	11	384.mp4
Combi	8	372.mp4		Coaster	10	385.mp4
Coaster	4	373.mp4		Auto-colectivo	10	386.mp4
Combi	12	374.mp4		Auto-colectivo	6	387.mp4
Coaster	3	375.mp4		Combi	4	388.mp4
Coaster	7	376.mp4		Auto-colectivo	4	389.mp4
Coaster	3	377.mp4		Auto-colectivo	13	390.mp4
Coaster	3	378.mp4		Auto-colectivo	11	391.mp4
Coaster	8	379.mp4		Combi	4	392.mp4
Combi	9	380.mp4				
Auto-colectivo	2	381.mp4				
Auto-colectivo	6	382.mp4				
Auto-colectivo	13	383.mp4				

4.1.2 Tiempo promedio del bloqueo por obstrucción de vehículos del transporte público del distrito de Huancayo.

Mediante una tabla de distribución de frecuencias se calculará la media aritmética de los datos obtenidos en las intersecciones. La tabla 15 se muestra la tabla de distribución de frecuencias.

Tabla 15. Tabla de distribución de frecuencias.

Límite Inferior	Límite Superior	X_i	f_i	$\%f_i$	F_i	$\%F_i$
2	4	3	45	11.72	45	11.72
4	6	5	117	30.47	162	42.19
6	8	7	67	17.45	229	59.64
8	10	9	65	16.93	294	76.56
10	12	11	38	9.90	332	86.46
12	14	13	29	7.51	361	94.01
14	16	15	13	3.39	374	97.40
16	18	17	10	2.60	384	100.00
SUMA		80	384	100.00		

$$Media(\bar{X}) = 7.64 \quad ; \quad Moda(Mo) = 4.59 \quad ; \quad Mediana(Me) = 6.88 \quad ; \\ S = 1.60$$

Como se puede ver el valor de la media aritmética es de 7.64, por lo cual, la ecuación para determinar el factor por obstrucción de buses, que en nuestra localidad es equivalente al factor por obstrucción del transporte público cambiará por la ecuación 44:

$$f_{bb} = \frac{N - (7.64N_B/3600)}{N} \quad (44)$$

De tal forma, la tabla 16 mostrará la tabla modificada que genera dicha ecuación.

Tabla 16. Resumen estadístico.

Número de carriles	Número de maniobras por hora N_B				
	0	10	20	30	40
1	1.000	0.979	0.958	0.936	0.915
2	1.000	0.989	0.979	0.968	0.958
3	1.000	0.993	0.986	0.979	0.972

4.1.3 Diagrama de cajas y bigotes de las muestras obtenidas

El diagrama de cajas y bigotes muestra la dispersión y simetría de los datos obtenidos en las intersecciones mencionadas anteriormente. Este gráfico facilitará la visualización y comparación de los tiempos obtenidos entre los autos colectivos, combis y coasters. La figura 11 muestra el diagrama de cajas y bigotes de los tiempos obtenidos de ascenso y/o descenso en todas las intersecciones clasificados según el tipo de vehículo de transporte público.

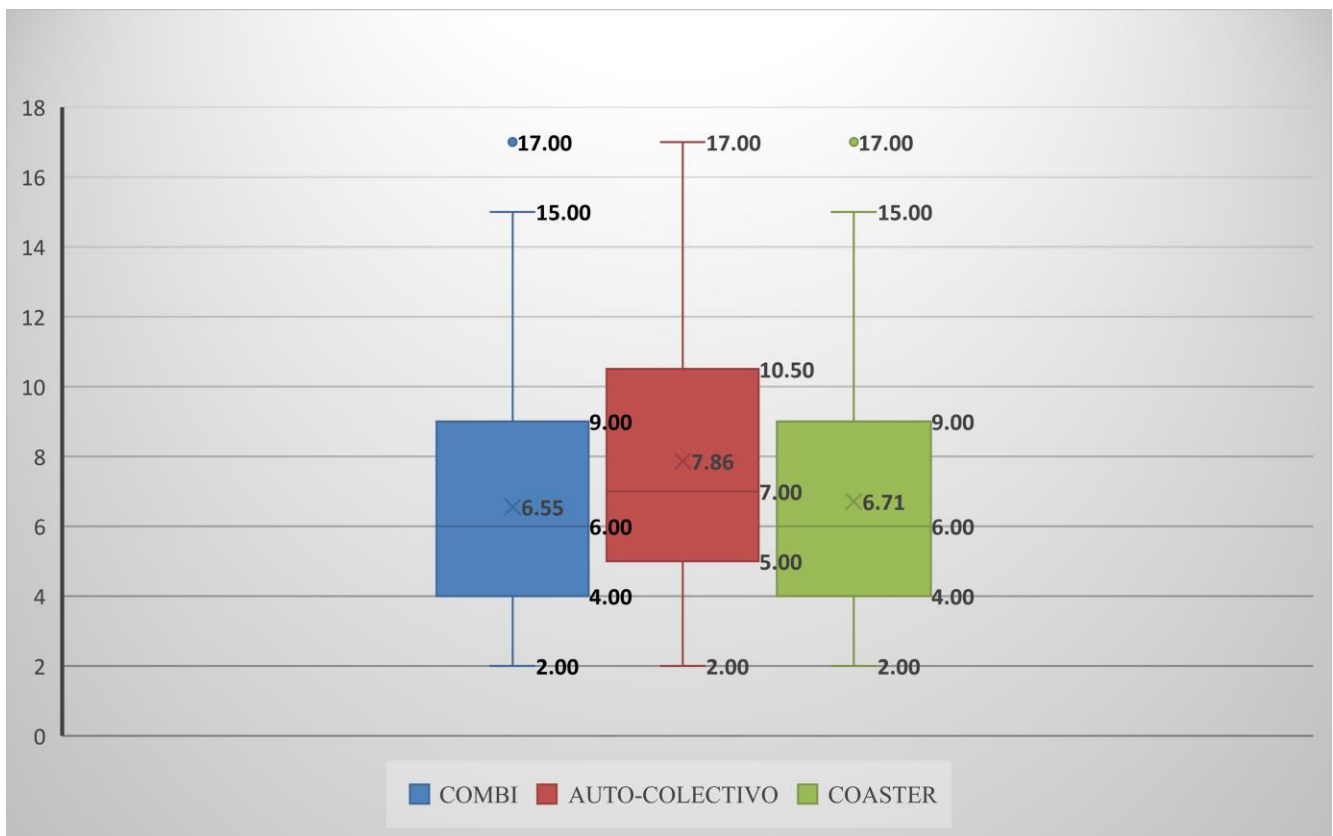


Figura 11. Diagrama de cajas y bigotes de los tiempos obtenidos en función al tipo de vehículo de transporte público.

Como se puede observar en la figura 11, en los tres tipos de vehículos de transporte público, los valores mínimos de ascenso y/o descenso son 2 segundos, mientras que los valores máximos para las combis, autos-colectivos y coasters, son de 15, 17 y 15 segundos respectivamente. De la misma forma, podemos observar que las combis tienen un promedio de 6.55 segundos, los autos colectivos tienen un promedio de 7.86 segundos y los coasters tienen un promedio de 6.71 segundos.

Los datos representados en la figura 11, demuestran que la variación del promedio de tiempo de bloqueo de las combis, es de 1.31 segundos con respecto a los autos colectivos y de 0.16 segundos con respecto a los coasters. Asimismo, muestra que la variación del promedio de tiempo de bloqueo de los autos colectivos con respecto a los coasters, es de 1.15 segundos.

4.1.4 Descripción y características de las intersecciones a analizar empleando el factor obtenido.

Las intersecciones a analizar empleando el nuevo factor obtenido, serán las intersecciones de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali y la intersección de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña.

La primera intersección elegida fue la del cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali por ser una de las intersecciones más transitadas por vehículos de distintas empresas que se dedican al sector del transporte público. En esta intersección, los vehículos de transporte público circulan en los sentidos este-oeste, sur-norte, y oeste-este. En el sentido este-oeste, transitan los tres tipos de vehículos de transporte público. En el sentido sur-norte transitan solamente combis y autos colectivos. En el sentido oeste-este se movilizan solamente autos colectivos. En el sentido norte-sur no transitan autos colectivos.

La segunda intersección elegida fue la del cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña por ser ésta una de las intersecciones por donde se juntan varias líneas de transporte público y también, por ser considerada como un lugar céntrico, y debido a esto, la mayoría de vehículos, tanto taxis como unidades de transporte público, transiten por dicha intersección. Sin embargo, una de las características que se diferencia con la primera, es que los vehículos del transporte público, solamente transitan por el sentido este-oeste. Las unidades que transitan por el sentido este-oeste, son autos colectivos, combis y coasters. Se pudo observar que en los sentidos norte-sur y sur-norte, solamente transitan taxis y autos particulares. También se pudo notar que en los sentidos norte-sur y sur-norte, los taxis muchas veces operan bajo la denominación informal de “taxis colectivos” que se asemejan a la forma de operar de un auto colectivo.

4.1.4.1 Cruce de la A. Giráldez y Jr. Omar Yali

La intersección a estudiar se encuentra ubicada en la provincia de Huancayo, distrito de Huancayo. Por un lado, tenemos, el sentido este y oeste en la Avenida Giráldez, mientras que en el sentido norte y sur está ubicado el Jirón Omar Yali.

En el sentido este-oeste, se pudo apreciar un flujo vehicular mixto, en el cuál transitan en mayor medida los vehículos dedicados al servicio público, de la misma forma, en el sentido sur-norte. Por lo contrario, los vehículos que se dirigen, tanto del oeste al este como del norte al sur, en su mayoría eran vehículos privados.

Se pudo observar que en dicha intersección las combis y los coasters paraban en cualquier lugar de la intersección en ambos sentidos, obstruyendo el libre flujo de los vehículos. La intersección no cuenta con tiendas aledañas que tengan la capacidad de albergar un gran número de personas, por lo cual, se podría decir que no es una intersección que tenga una gran movilización de peatones.

La intersección cuenta con un semáforo programado para un tiempo pre-establecido, el cual tiene cuatro intervalos. En la figura 12 se puede apreciar la duración de cada intervalo. En el tiempo de rojo, se puede observar que existe un intervalo de todo rojo que tiene la duración de dos segundos.

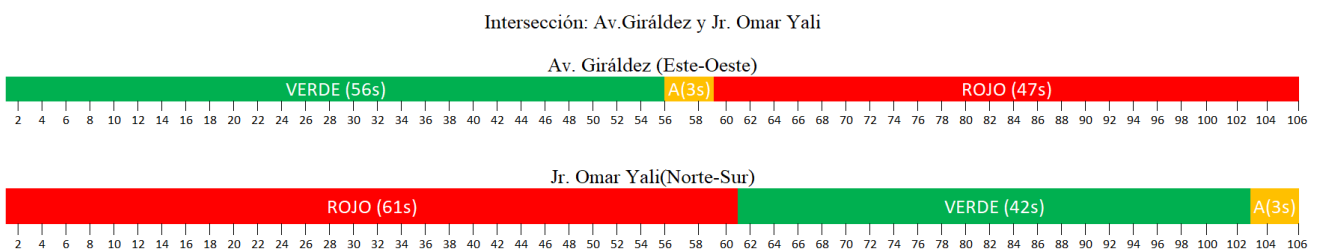


Figura 12. Reglaje semafórico del cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali

En el sentido este-oeste, existen dos carriles, los cuales son de 2.8m por cada carril. En el sentido oeste-este, hay dos carriles que tienen medidas de 2.8m cada uno. Para el acceso norte-sur, se presenta un solo carril de 2.0m/carril, de la misma forma en el sentido sur-norte. En esta intersección los giros hacia la izquierda o derecha están permitidos para todos los accesos, como también es posible ir de frente. La figura 13 muestra la intersección a estudiar y la figura



Figura 13. Intersección de la Av. Giráldez y el Jr. Omar Yali

4.1.4.2 Cruce de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña

La intersección a estudiar se encuentra ubicada en la provincia de Huancayo, distrito de Huancayo. En la Avenida Paseo la Breña están ubicados los sentidos este y oeste, mientras que la Av. Real se encuentran ubicados el norte y el sur.

En esta intersección, por ser un lugar céntrico de la ciudad incontrastable de Huancayo, están restringidas las circulaciones de vehículos públicos en su mayoría, de tal forma, el flujo vehicular de transporte público únicamente transita por el sentido este-oeste.

En los demás sentidos solo pueden transitar unidades particulares y taxis. Estos últimos muchas veces dejan de operar como taxis, y empiezan a operar mediante una ruta definida recogiendo pasajeros en su trayecto. Muchas veces esta intersección es un punto de llegada de los “taxis-colectivos” o también es el punto de partida hacia otros lugares, de ser uno de los dos casos, los “taxis-colectivos” se detienen a recoger y dejar pasajeros.

La intersección cuenta con un semáforo programado para un tiempo pre-establecido, el cual tiene 4 intervalos. En la figura 14 se puede apreciar la duración de cada intervalo. En el tiempo de rojo, se puede observar que existe un intervalo de todo rojo para ambos semáforos de direcciones perpendiculares que tienen duración de 2 segundos.

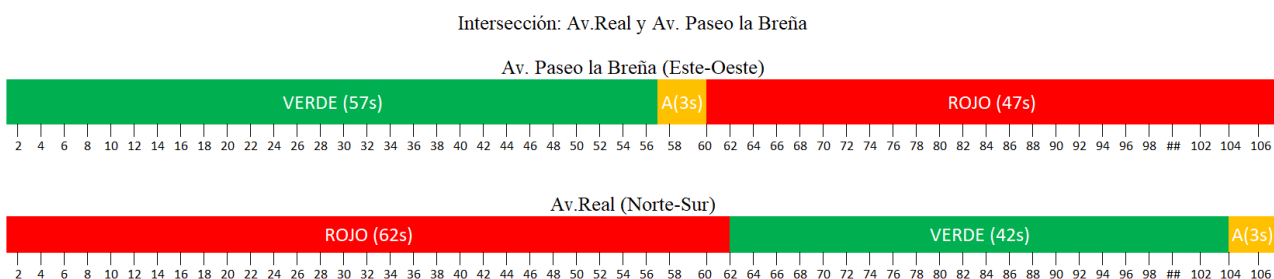


Figura 14. Reglaje semafórico del cruce de la Av. Paseo la Breña y la Av.Real

En el sentido este-oeste, los vehículos pueden circular por tres carriles con un ancho de carril de 2.80m cada uno, y por el sentido opuesto, los vehículos solo tienen dos carriles con un ancho de 2.80m/carril. Respecto al norte-sur y sur-norte, los vehículos cuentan con dos carriles por cada sentido. Los giros permitidos en esta intersección son de la siguiente manera: del oeste-este; pueden realizar giros a la izquierda como a la derecha y de frente, del este-oeste; pueden girar a la derecha o ir de frente, del norte-sur; pueden girar a la derecha o ir de frente, y finalmente del sur-

norte; pueden girar a la derecha o ir de frente. La figura 15 muestra la intersección que se va a estudiar.

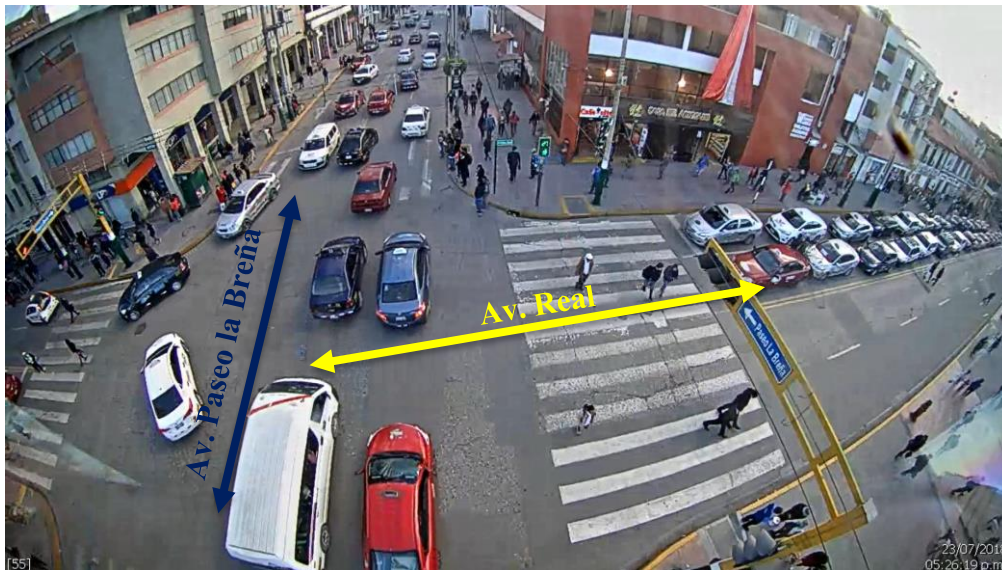


Figura 15. Intersección de la Av. Paseo la Breña y la Av. Real

4.1.5 Aforo vehicular y volumen ajustado de las intersecciones a analizar.

Para el cálculo de la hora punta, se realizó un conteo manual en tres días de la semana, siendo uno de ellos un día de fin de semana. Se hizo el conteo en la mañana, tarde y noche durante 3 horas en cada turno tal como se muestran en los anexos 01 y 02. Se mostrarán los volúmenes vehiculares en la hora punta convertidos en una misma unidad, es decir, convertidos a un factor equivalente de vehículos los distintos medios de transporte (automóviles, combis, coasters, motos, camionetas, vehículos pesados rígidos) mediante el factor de Unidad Coche Patrón (UCP). La tabla 17 muestra los factores de conversión.

Tabla 17. Equivalente de vehículos en UCP.

Tipos de Vehículos	UCP
Moto	0.5
Automóviles	1
Camioneta	1
Ómnibus	3
Coaster	2
Combi	1.35
Vehículos pesados rígidos	2.5

Fuente: Estudio de Impacto Vial- Perú (Saavedra y Valverde, 2010).

4.1.5.1 Cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

La hora punta obtenida estuvo entre las 5:15 p.m. hasta las 6:15 p.m. La tabla 18 muestra el volumen obtenido en la hora mencionada.

Por otro lado, la tabla 19 muestra el volumen obtenido en función de vehículos equivalentes, es decir, convertidas por el factor correspondiente de Unidad Coche Patrón (UCP).

La figura 16 muestra la representación de la geometría y tráfico vehicular en la hora punta por cada acceso del cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

Tabla 18. Hora con mayor demanda vehicular en el cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

Hora		Autos	Camionetas	Motos	Combi	Coaster	V.P.R.
5:15:00 p. m.	5:30:00 p. m.	456	20	15	44	16	0
5:30:00 p. m.	5:45:00 p. m.	476	28	16	44	19	3
5:45:00 p. m.	6:00:00 p. m.	413	22	11	40	18	4
6:00:00 p. m.	6:15:00 p. m.	430	21	14	38	17	1
Total		1771	78	69	183	59	6

Tabla 19. Hora con mayor demanda en el cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali convertido en UCP.

Hora	Autos	Camionetas	Motos	Combi	Coaster	V.H.P
5:15:00 p. m. 5:30:00 p. m.	456	20	15	44	16	0
5:30:00 p. m. 5:45:00 p. m.	476	28	16	44	19	3
5:45:00 p. m. 6:00:00 p. m.	413	22	11	40	18	4
6:00:00 p. m. 6:15:00 p. m.	430	21	14	38	17	1
UCP	1	1	0.5	1.35	2	2.5
TOTAL EN UCP	1771	91	28	224	150	20

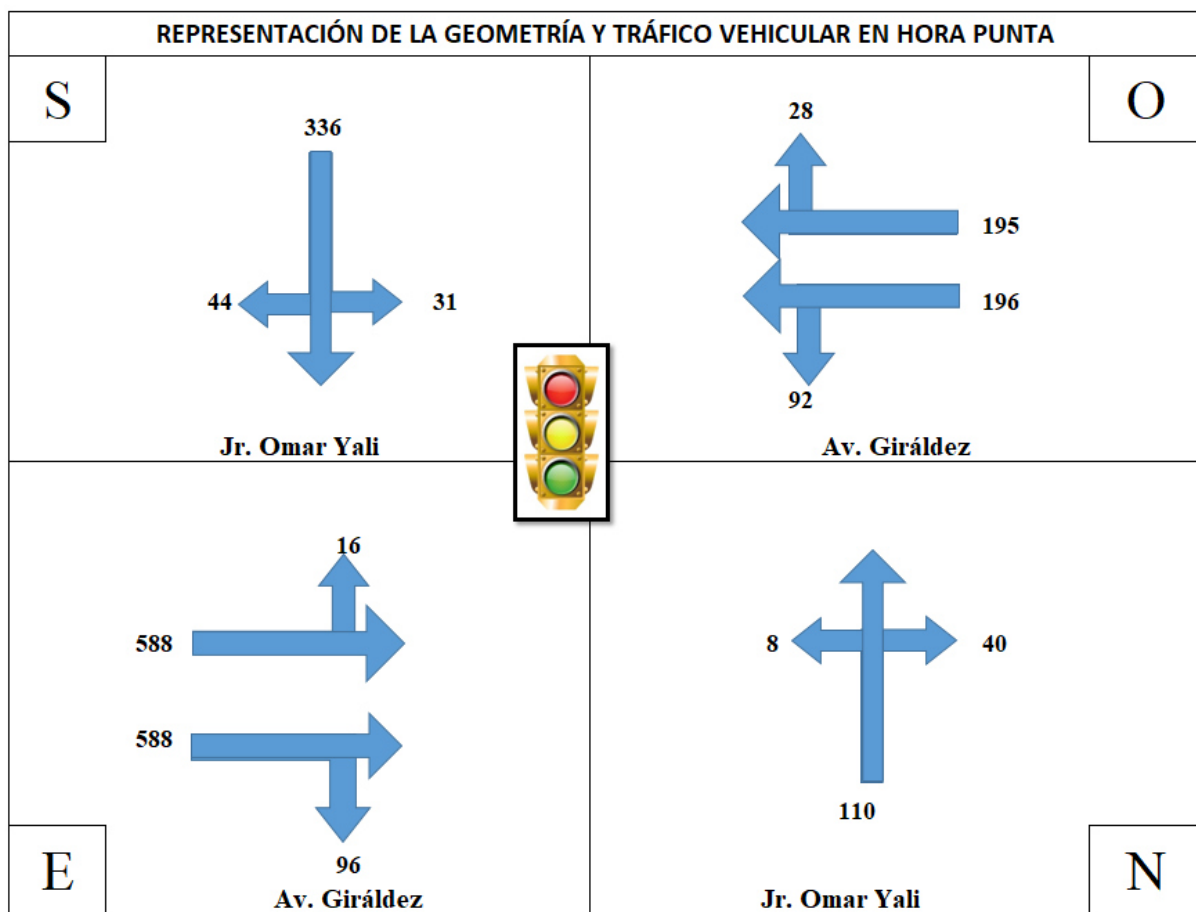






Figura 16. Representación geométrica y del tráfico vehicular en la hora punta de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali

Para el cálculo del factor de hora punta se emplearon los formatos propuestos por el manual HCM 2000 ubicados en el Apéndice I. La tabla 20 muestra los volúmenes ajustados por el valor del factor de hora punta para cada acceso. También

se puede observar la proporción de giros que se realizan para la izquierda y para la derecha.

Tabla 20. Volúmenes ajustados por el factor de hora punta en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S			S-N			E-O			O-E		
												
AIJSTE DE VOLUMEN	IZQ.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.
Volumen, V(veh/h)	8	106	38	30	323	42	15	1130	92	89	376	27
Factor de Hora Pico, FHP	0.96			0.96			0.96			0.96		
Tasa de flujo ajustado, $V_p=V/FHP$ (veh/h)	8	110	40	31	336	44	16	1176	96	92	391	28
Tasa de flujo ajustado al grupo de carriles, v (veh/h)	158			411			1287			511		
Proporción de giros a la izquierda y derecha (PLT o PRT)	0.05		0.25	0.08		0.11	0.01		0.07	0.18	0.76	0.05

4.1.5.2 Cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

La hora punta obtenida estuvo entre las 4:30 p.m. hasta las 5:30 p.m. La tabla 21 muestra el volumen obtenido en el horario mencionado.

Por otro lado, la tabla 22 muestra el mismo volumen en función de vehículos equivalentes convertidas por el factor correspondiente UCP.

La figura 17 muestra la geometría de la intersección a estudiar, asimismo, la representación del flujo vehicular en la hora de mayor demanda por cada acceso.

Tabla 21. Hora con mayor demanda en el cruce de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña.

Hora		Autos	Camionetas	Motos	Combis	Coasters	V.H.P
4:30:00 p. m.	4:45:00 p. m.	745	35	14	26	10	8
4:45:00 p. m.	5:00:00 p. m.	745	28	19	24	12	9
5:00:00 p. m.	5:15:00 p. m.	778	21	27	20	9	8
5:15:00 p. m.	5:30:00 p. m.	713	30	25	23	12	13
Total		2981	114	85	93	43	22

Tabla 22. Hora con mayor demanda en el cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña convertido en UCP.

Hora		Autos	Camionetas	Motos	Combis	Coasters	V.H.P
4:30:00 p. m.	4:45:00 p. m.	745	35	14	26	10	8
4:45:00 p. m.	5:00:00 p. m.	745	28	19	24	12	9
5:00:00 p. m.	5:15:00 p. m.	778	21	27	20	9	8
5:15:00 p. m.	5:30:00 p. m.	713	30	25	23	12	13
UCP		1	1	0.5	1.35	2	2.5
TOTAL EN UCP		2981	114	43	126	86	55

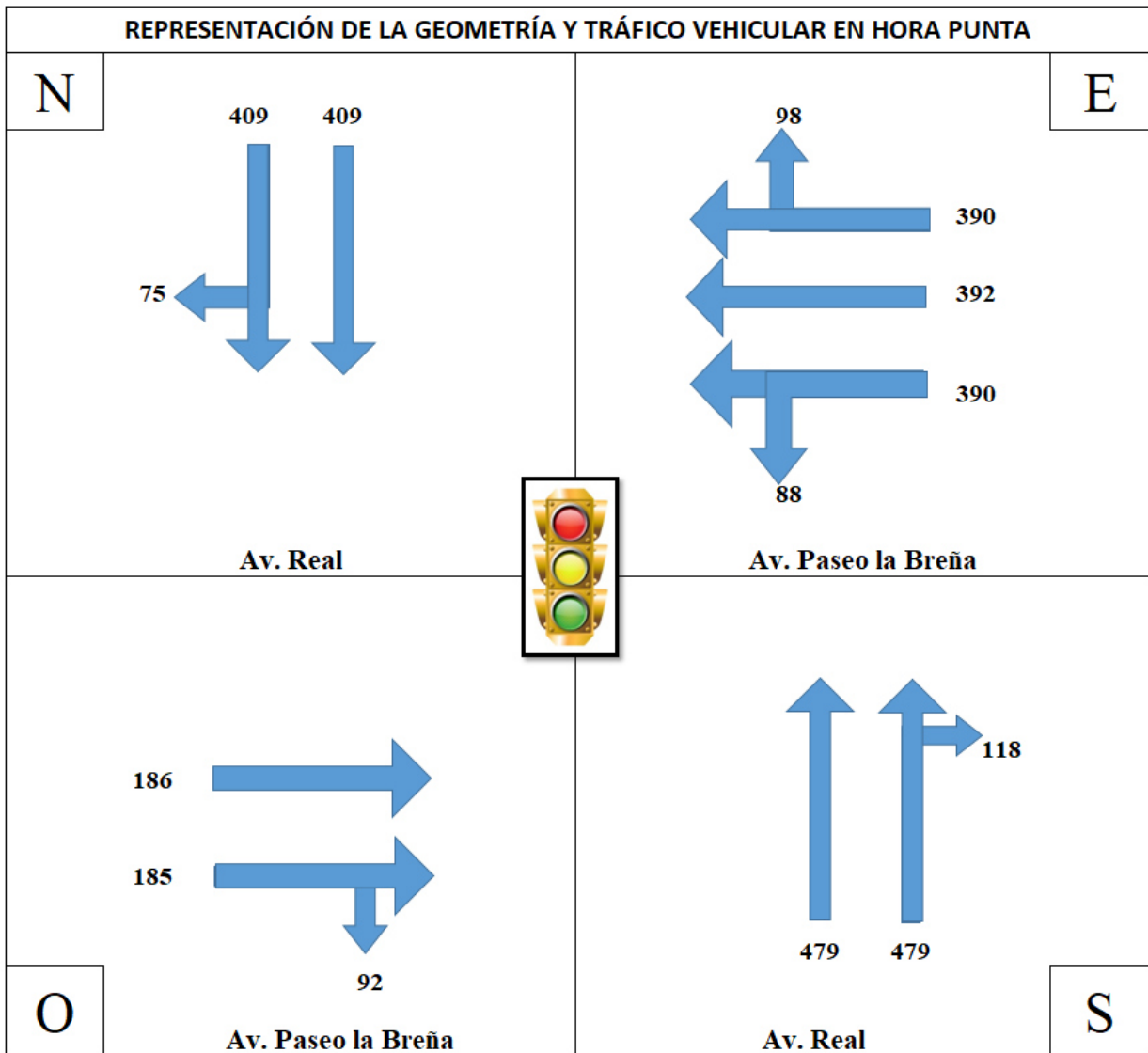


Figura 17. Representación geométrica y del tráfico vehicular en la hora punta de la intersección de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña

Para el cálculo del factor de hora punta se emplearon los formatos brindados por el HCM 2000. La tabla 23 muestra los volúmenes ajustados por el valor del factor de la hora punta para cada acceso. También presenta la proporción de giros que se realizan para la izquierda y derecha

Tabla 23. Volúmenes ajustados por el factor de hora punta en la intersección de la Av. Real y la Av. Paseo la Breña

	S-N		N-S		E-O			O-E	
AJUSTE DE VOLUMEN	DFR.	DER.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.	DFR.	DER.
Volumen, V(veh/h)	822	115	800	73	87	964	96	363	90
Factor de Hora Pico, FHP	0.98		0.98		0.98			0.98	
Tasa de flujo ajustado, Vp=V/FHP (veh/h)	840	118	818	75	88	986	98	371	92
Tasa de flujo ajustado al grupo de carriles, v (veh/h)	958		892		1172			463	
Proporción de giros a la izuierda y derecha (PLT o PRT)		0.12		0.08	0.08		0.08		0.20

4.1.6 Cálculo de las demoras utilizando la metodología del HCM 2000 sin modificar el factor por obstrucción de buses (f_{bb}).

4.1.6.1 Cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

A) Cálculo de la tasa del flujo de saturación.

Para el cálculo de la oferta en la intersección se usó el formato que se muestra en la tabla 24. Ésta muestra los factores de ajustes necesarios para el cálculo de la tasa del flujo de saturación.

Tabla 24. Tasa de flujo de saturación de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S		S-N		E-O			O-E		
TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN										
Flujo de saturación ideal, S_0 (pc/h/carril)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Número de carriles (N)	1.00		1.00		2.00			2.00		
Ancho de carriles	2.1		2.1		2.80			2.80		
Factor de ajuste por ancho de carril, f_w	0.83		0.83		0.91			0.91		
Volumen de vehículos pesados, HV	2.50		10.00		7.50			0.00		
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	1.52		2.34		0.56			0.00		
Equivalente en vehículos livianos, $E_t=2.0$ c/HV	2.00		2.00		2.00			2.00		
Factor de ajuste por vehículos pesados, FHV	0.99		0.98		1.00			1.00		
Pendiente en el grupo de carriles, %G	-2.00		2.00		-2.00			2.00		
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1.01		0.99		1.01			0.99		
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	SIN PARQUEO		SIN PARQUEO		SIN PARQUEO			SIN PARQUEO		
Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p > 0.050$	1.00		1.00		1.00			1.00		
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0.00		43.00		75.00			0.00		
Factor de ajuste por bloqueo de buses, $f_{bb} \geq 0.050$	1.00		0.83		0.85			1.00		
Tipo de área	URBANA		URBANA		URBANA			URBANA		
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	1.00		1.00		1.00			1.00		
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, V_g (veh/h)	152		396		1237			491		
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, V_{g1} (veh/h)	152		396		703			348		
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	1.00		1.00		0.88			0.71		
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	0.91		0.92		0.95			0.58		
Factor de ajuste por giro a la derecha, $f_{RT} \geq 0.050$	0.96		0.98		0.99			1.00		
Factor de ajuste pr peatones para giros a la izquierda, f_{Lpb}	0.99		0.98		1.00			0.99		
Factor de ajuste por peatones para giros a la derecha, f_{Rpb}	0.98		0.99		0.99			0.99		
Flujo de saturación Ajustado, s (veh/h) $S=so*N*fHV*f_p*f_{bb}*f_a*f_{LU}*f_{LT}*f_{RT}*f_{Lpb}*f_{Rpb}$	1324		1117		2405			1381		

La tabla 24 presenta como base un flujo de saturación ideal (1900 vehículos por carril), la cual, se ve incrementada o disminuida según el cálculo de cada tipo de factor que influye en forma directa al flujo de saturación ideal. Después de haber operado cada uno de los factores con el flujo de saturación ideal, se llega finalmente a obtener el flujo de saturación ajustado.

Para el cálculo del factor f_{LT} de cada acceso se usó el formato de la tabla 25. De la misma forma, para el cálculo del factor $f_{L_{pb}}$ para cada acceso se utilizó el formato de la tabla 26. Por otro lado, la tabla 27 muestra los factores del cálculo del factor $f_{R_{pb}}$.

Tabla 25. Factor de ajuste f_{LT} por cada acceso de la intersección Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

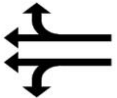
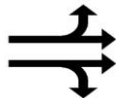


	E-O 	O-E 	N-S 	S-N 
f_{LT}				
DATOS DE ENTRADA				
Longitud de ciclo	106.00	106.00	106.00	106.00
Tiempo de verde real para el grupo de carriles LT, G (s)	56.00	56.00	42.00	42.00
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles LT, g(s)	56.00	56.00	42.00	42.00
Tiempo de verde efectivo del flujo puesto, go (s)	56.00	56.00	42.00	42.00
Número de carriles en el grupo de carriles LT, N	2.00	2.00	2.00	2.00
Número de carriles en el grupo opuesto de carriles LT, No	2.00	2.00	2.00	2.00
Tasa de flujo LT ajustado, vLT (veh/h)	16	92	8.32	31.42
Proporción del volumen LT en el grupo de carriles LT, PLT	0.01	0.18	0.08	0.08
Tasa de flujo ajustada para el acceso opuesto, vo (veh/h)	511	1287	158	158
Tiempo perdido por el grupo de carriles LT, tL	3.00	3.00	3.00	3.00
CÁLCULOS				
Volumen LT por ciclo, LTC=vLT*C/3600	0.44	2.61	0.24	0.89
Factor de oposición de carril f_{LUo}	0.71	0.88	1.00	1.00
Flujo opuesto por carril, por ciclo volc=vo*C/3600*No*fLUo	10.66	21.52	12.12	4.66
Relación de pelotón opuesto, Rpo	1.00	1.00	1.00	1.00
$gf=G[e^{-(0.8820(LTC^{0.717}))}]-tL$	31.28	6.7053	27.72	15.67
Relación de cola opuesta, qro=max{1-Rpo(go/C),0}	0.47	0.472	0.60	0.60
$gq=4.943*(volc)^{0.762}*(qro)^{1.061}-tL$	10.51	20.09	16.37	6.35
$gu=g-gq$ si $gq \geq gf$, o $gu=g-gf$ si $gq < gf$	24.72	35.91	14.28	26.33
Vehículos directos equivalentes para giros a la izquierda; EL1	2.32	5.78	3.21	1.69
$PL=PLT*[1+((N-1)*g)/(gf+(gu/EL1)+4.24)]$	0.03	0.77	0.16	0.17
Flujo opuesto efectivo, voe=vo/fLUo	724	1462	411.50	158.34
$f_{min}=2(1+PL)/g$	0.04	0.06	0.06	0.06
$f_m=[gf/g]+[gu/g]*[1/(1+PL(EL1-1))]$	0.98	0.26	0.91	0.93
$f_{LT}=[f_m+0.91(N-1)]/N$	0.95	0.58	0.91	0.92

Tabla 26. Factor de ajuste f_{Lpb} para cada acceso de la intersección Av. Giráldez y Jr. Omar Yali,

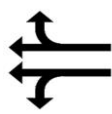
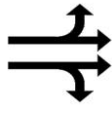






	E-O	O-E	N-S	S-N
				
f_{Lpb}				
Longitud de ciclo, C	106.00	106.00	106.00	106.00
Tiempo verde efectivo para peatones, g_p (s)	56.00	56.00	42.00	42.00
Volumen peatonal, V_{ped} (p/h)	506.00	477.00	268.00	255.00
$V_{pedg} = V_{ped} * (C/g_p)$	958	902.89	676.38	643.57
$OCC_{pedg} = v_{pedg}/2000$ si ($v_{pedg} \leq 1000$) ó $OCC_{pedg} = 0.4 + v_{pedg}/10000$ si ($1000 < v_{pedg} \leq 5000$)	0.48	0.49	0.47	0.46
Tiempo de despeje cola opuesta, g_q (s)	10.51	20.09	16.37	6.35
Verde peatonal efectivo consumido or la cola vehicular opuesta, g_q/g_p ; si $g_q \geq g_p$ entonces $f_{Lpb} = 1$	0.19	0.36	0.39	0.15
$OCC_{pedu} = OCC_{pedg} [1 - 0.5(g_q/g_p)]$	0.43	0.40	0.38	0.43
Tasa de flujo opuesto, v_o (veh/h)	511	1287	158	158
$OCC_r = OCC_{pedu} [e^{-(5/3600)*v_o}]$	0.21	0.07	0.30	0.34
Número de carriles de recepción, N_{rec}	1.00	1.00	2.00	2.00
Número de carriles de giro, N_{turn}	1.00	1.00	1.00	1.00
$Apbt = 1 - OCC_r$ si $N_{rec} = N_{turn}$ o $0.6(OCC_r)$ si $N_{rec} > N_{turn}$	0.79	0.96	0.82	0.79
Proporción de giros a la izquierda, PLT	0.01	0.18	0.08	0.08
Proporción de giros a la izquierda empleando la fase protegida $f_{Lpb} = 1 - PLT(1 - Apbt)(1 - PLTA)$	1.00	0.99	0.99	0.98





Tabla 27. Factor de ajuste $fRpb$ para cada acceso de la intersección Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S 	S-N 	E-O 	O-E 
$fRpb$				
Longitud de ciclo, C	106.00	106.00	106.00	106.00
Tiempo verde efectivo para peatones, gp (s)	42.00	42.00	56.00	56.00
Volumen peatonal, Vped (p/h)	255.00	268.00	477.00	506.00
$Vpedg=Vped*(C/gp)$	644	676	903	958
Volumen de bicicletas, vbic	4.00	5.00	6.00	4.00
$OCCpedg=vpedg/2000$ si $(vpedg \leq 1000)$ ó $OCCpedg=0.4+vpedg/10000$ si $(1000 < vpedg \leq 5000)$	0.13	0.13	0.24	0.25
Verde efectivo, g(s)	42.00	42.00	56.00	56.00
$Vbicg=vbic(C/g)$	10.10	12.62	11.36	7.57
$OCCbicg=0.02+vbicg/2700$	0.02	0.02	0.02	0.02
$OCCr=OCCpedg+OCCbicg-(OCCpedg)(OCCbicg)$	0.15	0.16	0.26	0.27
Número de carriles de recepción, Nrec	2.00	2.00	2.00	2.00
Número de carriles de giro, Nturn	1.00	1.00	1.00	1.00
$Apbt=1-OCCr$ si $Nrec=Nturn$ o $Apbt=1-0.6(OCCr)$ si $Nrec > Nturn$	0.91	0.91	0.85	0.84
Proporción de giros a la derecha, PRT	0.25	0.11	0.07	0.05
Proporción de giros a laderecha empleando la fase protegida	0.00	0.00	0.00	0.00
$fRpb=1-PRT(1-Apbt)(1-PRTA)$	0.98	0.99	0.99	0.99

B) Análisis de la capacidad

La tabla 28 muestra el cálculo de la capacidad para cada grupo de carriles, de la misma forma se calcula el grado de saturación para cada acceso.

Tabla 28. Análisis de la capacidad y cálculo del grado de saturación de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S 	S-N 	E-O 	O-E 
ANÁLISIS DE CAPACIDAD				
Fase	A	A	B	B
Tasa de flujo ajustado, v (veh/h)	158	411	1287	511
Tasa de flujo de saturación	1324	1117	2405	1381
Tiempo perdido, $tL(s)=l1+Y-e$	3.00	3.00	3.00	3.00
Longitud del ciclo, C(s)	106	106.00	106	106
Tiempo verde efectivo, g(s), $g=G+Y-fl$	42.00	42.00	56.00	56.00
Capacidad del grupo de carriles, $c=s(g/C)$, (veh/h)	525	443	1270	730
Relación v/c , X	0.30	0.93	1.01	0.70
Relación de flujo, v/s	0.12	0.37	0.54	0.37
Grupo de carriles/fase crítica		x	x	
Sumatoria de relación de flujo para grupos de carriles críticos (Yc)		0.90		
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		6.00		
Grado de saturación Xc , $Xc=(Yc)(C)/(C-L)$		0.96		

Como se puede observar en la tabla 28, la relación v/c en el norte-sur, sur-norte y oeste-este, es inferior a 1. Mientras que la el sentido este-oeste, tiene una relación mayor a 1. Estos valores no son definitivos para indicar que una intersección o un sentido se encuentran en la capacidad de satisfacer la demanda ya que muchas veces podemos observar que a pesar de tener una relación v/c inferior a uno, aún se puede tener movimientos individuales sobresaturados dentro del ciclo.





C) Cálculo de las demoras

Una vez obtenido el cálculo de la capacidad y el grado de saturación, se procede a calcular las demoras por cada acceso, y para la intersección en general. La tabla 29 muestran los valores obtenidos tanto de las demoras del tipo $d1$ y tipo $d3$. En la tabla 30, se calculó la demora tipo $d2$.

Tabla 29. Cálculo de las demoras tipo d1 y d3 en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S	S-N	E-O	O-E
PARÁMETROS DE ENTRADA				
Periodo de análisis	De 5:45 p.m. a 6:45 p.m.			
Duración del periodo de análisis, T	0.25	0.25	0.25	0.25
Longitud del ciclo, C (s)	106	106	106	106
Cola inicial, Qb (veh)	4	8	20	12
Proporción de verde, g/C	0.40	0.40	0.53	0.53
Relación v/c, X = v/c	0.30	0.93	1.01	0.70
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	525	443	1270	730
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0.75	0.77	0.47	0.76
Relación de peloton (Rp)	1	1	1	1
Factor de ajuste suplementario, fPA	1	1	1	1
Factor de ajuste por progresión/coordinación, (1-P)fPA/(1-g/C) PF=	0.41	0.38	1.12	0.51
Duración de la demanda insatisfecha en T, t(h) t=min{T, Qb/c[1-min{1,X}]}	0.01	0.25	0.25	0.05
CASOS				
Caso I y II (Qb=0)				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=0				
Demora uniforme, d1 (s) d1=(0.5*C[1-(g/C)^2]/{1-[min(1,X)g/C]})				
Caso III (Qb>0) (X <= 1) (t < T)				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=(1800*Qb*t)/(c*T)	0.60	32.54		6.49
Demora uniforme, d1 (s) d1=0.5*C[1-(g/C)*t/T]+((0.5*C*(1-g/C)^2)/(1-[min(1,X)g/C]))*[(T-t)/(T)]*PF	10.04	32.00		12.88
Caso IV (Qb>0) (X <= 1) (t = T)				
Parámetros de demora, u u=1-((c*T)/Qb[1-min(1,X)])				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=(1800*Qb*(1+u)/C)				
Demora uniforme, d1(s) d1=0.5*C*(1-g/C)				
Caso V (Qb>0) (X > 1) (t = T)				
Demora por cola inicial, d3(s) d3=(3600*Qb)/c			56.68	
Demora uniforme, d1(s) d1=0.5*C*(1-g/C)			25.00	

Tabla 30. Cálculo de la demora tipo d2 de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S	S-N	E-O	O-E
				
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO				
Tasa de flujo ajustado, v(veh/h)	158	411	1287	511
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	525	443	1270	730
Relación v/c, X =v/c	0.30	0.93	1.01	0.70
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora Incremental, d2 (s/veh) $d2=900*T*[(X-1)+((X-1)^2+(8*k*1*X)/(c*T))]^{(0.5)}$	1.48	28.37	28.58	5.53
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)	0.60	32.54	56.68	6.49
Demora uniforme, d1 (s/veh)	10.04	32.00	25.00	12.88
Factor de ajuste por progresión, PF=(1-P)*fPA/(1-g/C)	0.41	0.38	1.12	0.51
Demora, d=d1(PF)+d2+d3 (s/veh)	6.21	73.04	113.20	18.55





Las demoras d1, d2 y d3 presentadas, tanto en la tabla 29 como 30, son las demoras tipo 1, tipo 2 y tipo 3. Los valores de las demoras están en segundos e indican cuánto tiempo los vehículos tardarán en cruzar dicha intersección.

4.1.6.2 Cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña

A) Cálculo de la tasa del flujo de saturación.

Para el cálculo de la oferta se usó el formato que se muestra en la tabla 31, la cual muestra los factores necesarios para el ajuste del cálculo de la tasa de flujo de saturación.

Tabla 31. Tasa de flujo de saturación de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N		N-S		E-O			O-E	
									
TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN									
Flujo de saturación ideal, S_0 (pc/h/carril)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Número de carriles (N)	2.00		2.00		3.00			2.00	
Ancho de carriles	2.90		2.90		2.80			2.80	
Factor de ajuste por ancho de carril, f_w	0.92		0.92		0.91			0.91	
Volumen de vehículos pesados, HV	4.00		5.00		25.00			3.00	
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	0.41		0.55		2.09			0.63	
Equivalente en vehículos livianos, $E_t=2.0$ c/HV	2.00		2.00		2.00			2.00	
Factor de ajuste por vehículos pesados, FHV	1.00		0.99		1.00			0.99	
Pendiente en el grupo de carriles, %G	-2.00		2.00		-2.00			2.00	
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1.01		0.99		1.01			0.99	
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	SIN PAREQUEO		SIN PAREQUEO		SIN PAREQUEO			SIN PAREQUEO	
Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p > 0.050$	1.00		1.00		1.00			1.00	
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	35.00		61.00		86.00			27.00	
Factor de ajuste por bloqueo de buses, $f_{bb} \geq 0.050$	0.93		0.88		0.89			0.95	
Tipo de área	URBANA		URBANA		URBANA			URBANA	
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	1.00		1.00		1.00			1.00	
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, V_g (veh/h)	937.00		873.00		1146.15			453.00	
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, V_{g1} (veh/h)	502		593		534			254	
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	0.93		0.74		0.72			0.89	
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	0.99		1.00		0.82			1.00	
Factor de ajuste por giro a la derecha, $f_{RT} \geq 0.050$	0.98		0.99		0.99			1.00	
Factor de ajuste por peatones para giros a la izquierda, f_{Lpb}	1.00		1.00		0.98			1.00	
Factor de ajuste por peatones para giros a la derecha, f_{Rpb}	0.95		0.97		0.96			0.89	
Flujo de saturación Ajustado, s (veh/h)	2833		2120		2501			2558	
$S = s_0 * N * f_{HV} * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$	2833		2120		2501			2558	

Para determinar el factor f_{LT} del acceso este-oeste, que es el único que tiene giro permitido a la izquierda, se usó el formato de la tabla 32. Para el cálculo del factor f_{Lpb} para el acceso este-oeste, se utilizó la tabla 33. Para el cálculo del factor f_{Rpb} se utilizó el formato de la tabla 34.

Tabla 32. Factor de ajuste f_{LT} para el acceso este-oeste de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.


		E-O
		
f_{LT}		
DATOS DE ENTRADA		
Longitud de ciclo		107.00
Tiempo de verde real para el grupo de carriles LT, G (s)		42.00
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles LT, g(s)		42.00
Tiempo de verde efectivo del flujo puesto, go (s)		42
Número de carriles en el grupo de carriles LT, N		3.00
Número de carriles en el grupo opuesto de carriles LT, No		2.00
Tasa de flujo LT ajustado, vLT (veh/h)		88
Proporción del volumen LT en el grupo de carriles LT, PLT		0.08
Tasa de flujo ajustada para el acceso opuesto, vo (veh/h)		463
Tiempo perdido por el grupo de carriles LT, tL		3.00
CÁLCULOS		
Volumen LT por ciclo, LTC= $vLT * C / 3600$		2.57
Factor de oposición de carril fLUo		0.89
Flujo opuesto por carril, por ciclo volc= $vo * C / 3600 * No * fLUo$		7.71
Relación de pelotón opuesto, Rpo		1.00
$gf = G[e^{-0.8820(LTC^{0.717})}] - tL$		4.4026
Relación de cola opuesta, qro= $\max\{1 - Rpo(go/C), 0\}$		0.607
$gq = 4.943 * (volc)^{0.762} * (qro)^{1.061} - tL$		10.81
$gu = g - gq$ si $gq \geq gf$, o $gu = g - gf$ si $gq < gf$		31.19
Vehículos directos equivalentes para giros a la izquierda; EL1		2.21
$PL = PLT * [1 + ((N - 1) * g) / (gf + (gu / EL1) + 4.24)]$		0.35
Flujo opuesto efectivo, voe= $vo / fLUo$		519
$f_{min} = 2(1 + PL) / g$		0.06
$f_m = [gf / g] + [gu / g] * [1 / (1 + PL(EL1 - 1))]$		0.63
$f_{LT} = [f_m + 0.91(N - 1)] / N$		0.82

Tabla 33. Factor de ajuste f_{Lpb} para el acceso este-oeste de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.


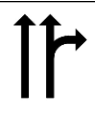



	E-O
	
f_{Lpb}	
Longitud de ciclo, C	107.00
Tiempo verde efectivo para peatones, gp (s)	42.00
Volumen peatonal, Vped (p/h)	1934.00
$Vpedg=Vped*(C/gp)$	4927.10
$OCCpedg=vpedg/2000$ si $(vpedg \leq 1000)$ ó $OCCpedg=0.4+vpedg/10000$ si $(1000 < vpedg \leq 5000)$	0.89
Tiempo de despeje cola opuesta, gq (s)	10.81
Verde peatonal efectivo consumido or la cola vehicular opuesta, gq/gp; si $gq \geq gp$ entonces $f_{Lpb}=1$	0.26
$OCCpedu=OCCpedg[1-0.5(gq/gp)]$	0.78
Tasa de flujo opuesto, vo (veh/h)	463
$OCCr=OCCpedu[e^{-(5/3600)*vo}]$	0.41
Número de carriles de recepción, Nrec	2.00
Número de carriles de giro, Nturn	1.00
$0.6(OCCr)$ si $Nrec > Nturn$	0.75
Proporción de giros a la izquierda, PLT	0.08
Proporción de giros a la izquierda empleando la fase protegida	0.00
$f_{Lpb}=1-PLT(1-AppT)(1-PLTA)$	0.98

Tabla 34. Factor de ajuste f_{Rpb} para cada acceso de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N	N-S	E-O	O-E
				
f_{Rpb}				
Longitud de ciclo, C	105.00	105.00	105.00	105.00
Tiempo verde efectivo para peatones, gp (s)	57.00	57.00	42.00	42.00
Volumen peatonal, Vped (p/h)	1213	1324	1744	1934
$Vpedg=Vped*(C/gp)$	2234	2439	4360	4835
Volumen de bicicletas, vbic	0.00	0.00	0.00	0.00
$OCCpedg=vpedg/2000$ si $(vpedg \leq 1000)$ ó $OCCpedg=0.4+vpedg/10000$ si $(1000 < vpedg \leq 5000)$	0.62	0.64	0.84	0.88
Verde efectivo, g(s)	61.00	61.00	45.00	45.00
$Vbicg=vbic(C/g)$	0.00	0.00	0.00	0.00
$OCCbicg=0.02+vbicg/2700$	0.02	0.02	0.02	0.02
$OCCr=OCCpedg+OCCbicg-(OCCpedg)(OCCbicg)$	0.63	0.65	0.84	0.89
Número de carriles de recepción, Nrec	2.00	2.00	2.00	2.00
Número de carriles de giro, Nturn	1.00	1.00	1.00	1.00
$AppT=1-OCCr$ si $Nrec=Nturn$ o $AppT=1-$	0.62	0.61	0.50	0.47
Proporción de giros a la derecha, PRT	0.12	0.08	0.08	0.20
Proporción de giros a laderecha empleando la fase protegida	0.00	0.00	0.00	0.00
$f_{Rpb}=1-PRT(1-AppT)(1-PRTA)$	0.95	0.97	0.96	0.89

B) Análisis de la capacidad

La tabla 35 muestra el formato usado para calcular la capacidad de cada acceso, de la misma forma se muestra el cálculo del grado de saturación para cada acceso.

Tabla 35. Análisis de la capacidad y cálculo del grado de saturación de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N	N-S	E-O	O-E
ANÁLISIS DE CAPACIDAD				
Fase	A	A	B	B
Tasa de flujo ajustado, v (veh/h)	958	892	1172	463
Tasa de flujo de saturación	2833	2120	2501	2558
Tiempo perdido, $tL(s) = I1 + Y - e$	3.00	3.00	3.00	3.00
Longitud del ciclo, $C(s)$	107	107.00	107	107
Tiempo verde efectivo, $g(s)$, $g = G + Y - fl$	61.00	61.00	45.00	45.00
Capacidad del grupo de carriles, $c = s(g/C)$, (veh/h)	1615	1208	1052	1076
Relación v/c , X	0.59	0.74	1.11	0.43
Relación de flujo, v/s	0.34	0.42	0.47	0.18
Grupo de carriles/fase crítica		x	x	
Sumatoria de relación de flujo para grupos de carriles críticos (Yc)			0.89	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)			6.00	
Grado de saturación Xc , $Xc = (Yc)(C)/(C-L)$			0.94	

C) Cálculo de las demoras

Después de haber calculado el grado de saturación, la capacidad, se procederá a calcular las demoras tipo $d1$, $d2$ y $d3$. La tabla 36 muestra los valores de las demoras tipo $d1$ y $d3$. En la tabla 37, se calculó la demora tipo $d2$.

Tabla 36. Cálculo de las demoras tipo $d1$ y $d3$ en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N	N-S	E-O	O-E
PARÁMETROS DE ENTRADA				
Periodo de análisis	De 4:30 p.m. a 5:30 p.m.			
Duración del periodo de análisis, T	0.25	0.25	0.25	0.25
Longitud del ciclo, C (s)	107	107	107	107
Cola inicial, Q_b (veh)	23	20	19	15
Proporción de verde, g/C	0.57	0.57	0.42	0.42
Relación v/c , $X=v/c$	0.59	0.74	1.11	0.43
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1615	1208	1052	1076
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0.50	0.49	0.36	0.30
Relación de peloton (Rp)	1	1	1	1
Factor de ajuste suplementario, fPA	1	1	1	1
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF= (1-P)fPA/(1-g/C)	1.16	1.18	1.10	1.20
Duración de la demanda insatisfecha en T, t(h) $t=\min\{T, Q_b/c[1-\min(1,X)]\}$	0.04	0.06	0.25	0.02
CASOS				
Caso I y II ($Q_b=0$)				
Demora por cola inicial, $d3$ (s) $d3=0$				
Demora uniforme, $d1$ (s) $d1=0.5 \cdot C [1-(g/C)^2] / \{1-\min(1,X)g/C\}$				
Caso III ($Q_b>0$) ($X \leq 1$) ($t < T$)				
Demora por cola inicial, $d3$ (s) $d3=(1800 \cdot Q_b \cdot t) / (c \cdot T)$	3.59	7.54		2.46
Demora uniforme, $d1$ (s) $d1=0.5 \cdot C [1-(g/C) \cdot (t/T) + ((0.5 \cdot C \cdot (1-g/C)^2) / (1-\min(1,X)g/C))] \cdot [(T-t)/(T)] \cdot PF$	18.09	20.88		26.82
Caso IV ($Q_b>0$) ($X \leq 1$) ($t = T$)				
Parámetros de demora, u $u=1-((c \cdot T) / Q_b [1-\min(1,X)])$				
Demora por cola inicial, $d3$ (s) $d3=(1800 \cdot Q_b \cdot (1+u)) / C$				
Demora uniforme, $d1$ (s) $d1=0.5 \cdot C \cdot (1-g/C)$				
Caso V ($Q_b>0$) ($X > 1$) ($t = T$)				
Demora por cola inicial, $d3$ (s) $d3=(3600 \cdot Q_b) / c$			65.02	
Demora uniforme, $d1$ (s) $d1=0.5 \cdot C \cdot (1-g/C)$			31.00	

Tabla 37. Cálculo de la demora tipo $d2$ de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N	N-S	E-O	O-E
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO				
Tasa de flujo ajustado, v(veh/h)	958	892	1172	463
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1615	1208	1052	1076
Relación v/c, X =v/c	0.6	0.74	1.11	0.43
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora Incremental, d2 (s/veh) $d2=900*T*[(X-1)+((X-1)^2+(8*k*1*X)/(c*T))]^{(0.5)}$	1.61	4.07	64.53	1.26
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)	3.59	7.54	65.02	2.46
Demora uniforme, d1 (s/veh)	18.09	20.88	31.00	26.82
Factor de ajuste por progresión, PF=(1-P)*fPA/(1-g/C)	1.16	1.18	1.10	1.20
Demora, d=d1(PF)+d2+d3 (s/veh)	26.13	36.26	163.62	35.95

Cálculo de las demoras utilizando la metodología HCM 2000 reajustando el factor por obstrucción de buses (f_{bb}) por el calculado en esta investigación.

4.1.7.1 Cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali

A) Cálculo de la tasa de flujo de saturación

La tabla 38 muestra los valores obtenidos para cada factor que influye en el cálculo de la tasa de flujo de saturación ajustado. La diferencia se da en el factor f_{bb} , al cual se le ha reemplazado el coeficiente 14.4 segundos brindado por la metodología del HCM 2000, por el coeficiente 7.64 obtenido en este trabajo de investigación.

Tabla 38. Cálculo de la tasa del flujo de saturación modificada por el reajuste del factor f_{bb} de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali



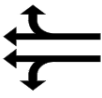
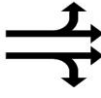
	N-S			S-N			E-O			O-E		
TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Flujo de saturación ideal, S_o (pc/h/carril)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Número de carriles (N)	1.00			1.00			2.00			2.00		
Ancho de carriles	2.1			2.1			2.80			2.80		
Factor de ajuste por ancho de carril, fw	0.83			0.83			0.91			0.91		
Volumen de vehículos pesados, HV	2.50			10.00			7.50			0.00		
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	1.52			2.34			0.56			0.00		
Equivalente en vehículos livianos, $E_t=2.0$ c/HV	2.00			2.00			2.00			2.00		
Factor de ajuste por vehículos pesados, FHV	0.99			0.98			1.00			1.00		
Pendiente en el grupo de carriles, %G	-2.00			2.00			-2.00			2.00		
Factor de ajuste por pendiente, fg	1.01			0.99			1.01			0.99		
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	SIN PARQUEO			SIN PARQUEO			SIN PARQUEO			SIN PARQUEO		
Factor de ajuste por estacionamiento, fp > 0.050	1.00			1.00			1.00			1.00		
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0.00			43.00			75.00			0.00		
Factor de ajuste por bloqueo de buses, fbb >= 0.050	1.00			0.91			0.92			1.00		
Tipo de área	URBANA			URBANA			URBANA			URBANA		
Factor de ajuste por tipo de área, fa	1.00			1.00			1.00			1.00		
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, V_g (veh/h)	152			396			1237			491		
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, V_{g1} (veh/h)	152			396			703			348		
Factor de ajuste por utilización de carril, fLU	1.00			1.00			0.88			0.71		
Factor de ajuste por giro a la izquierda, fLT	0.91			0.92			0.95			0.58		
Factor de ajuste por giro a la derecha, fRT >= 0.050	0.96			0.98			0.99			1.00		
Factor de ajuste pr peatones para giros a la izquierda, fLpb	0.99			0.98			1.00			0.99		
Factor de ajuste por peatones para giros a la derecha, fRpb	0.98			0.99			0.99			0.99		
Flujo de saturación Ajustado, s (veh/h) $S = s_o * N * f_{HV} * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$	1324			1226			2604			1381		

Los formatos utilizados para calcular los factores f_{LT}, f_{Lpb}, f_{Rpb} de cada acceso se han demostrado anteriormente mediante las tablas 25, 26 y 27, respectivamente. Estos cálculos no sufren alteración alguna por la modificación del coeficiente del factor f_{bb} .

B) Análisis de la capacidad

Como el cálculo de la capacidad está en función a la tasa de flujo de saturación ajustada, el cual ha sido modificada debido al factor f_{bb} , va a existir cierta variación. La tabla 39 muestra los valores obtenidos debido al cambio del coeficiente del factor por obstrucción de buses.

Tabla 39. Cálculo de la capacidad y del grado de saturación modificados por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S	S-N	E-O	O-E
				
ANÁLISIS DE CAPACIDAD				
Fase	A	A	B	B
Tasa de flujo ajustado, v (veh/h)	158	411	1287	511
Tasa de flujo de saturación	1324	1226	2604	1381
Tiempo perdido, tL(s)= l1+Y-e	3.00	3.00	3.00	3.00
Longitud del ciclo, C(s)	106	106.00	106	106
Tiempo verde efectivo, g(s), g=G+Y-FL	42.00	42.00	56.00	56.00
Capacidad del grupo de carriles, c=s(g/C), (veh/h)	525	486	1376	730
Relación v/c, X	0.30	0.85	0.94	0.70
Relación de flujo, v/s	0.12	0.34	0.49	0.37
Grupo de carriles/fase crítica		x	x	
Sumatoria de relación de flujo para grupos de carriles críticos (Yc)		0.83		
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		6.00		
Grado de saturación Xc, Xc=(Yc)(C)/(C-L)		0.88		





C) Cálculo de las demoras

Debido al reajuste del coeficiente del factor f_{bb} , va a producirse una variación en las demoras tipo d1, d2 y d3. Asimismo, el resultado de los niveles de servicio por cada acceso y por la intersección en general, va a variar. La tabla 40 muestra los nuevos valores obtenidos de las demoras tipo d1 y d3. La tabla 41 muestra los valores de la demora tipo d2.

Tabla 40. Cálculo de las nuevas demoras de tipo d1 y d3 ocasionadas por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S	S-N	E-O	O-E
PARÁMETROS DE ENTRADA				
Periodo de análisis	De 5:45 p.m. a 6:45 p.m.			
Duración del periodode análisis, T	0.25	0.25	0.25	0.25
Longitud del ciclo, C (s)	106	106	106	106
Cola inicial, Qb (veh)	4	8	20	12
Proporción de verde, g/C	0.40	0.40	0.53	0.53
Relación v/c, X =v/c	0.30	0.85	0.94	0.70
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	525	486	1376	730
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0.75	0.77	0.47	0.76
Relación de peloton (Rp)	1	1	1	1
Factor de ajuste suplementario, fPA	1	1	1	1
Factor de ajuste por progresión/coordinación, (1-P)fPA/(1-g/C) PF=	0.41	0.38	1.12	0.51
Duración de la demanda insatisfecha en T, t(h) t=min{T, Qb/c[1-min(1,X)]}	0.01	0.25	0.23	0.05
CASOS				
Caso I y II (Qb=0)				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=0				
Demora uniforme, d1 (s) d1={0.5*C[1-(g/C)^2]/{1-[min(1,X)g/C]}}				
Caso III (Qb>0) (X <= 1) (t < T)				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=(1800*Qb*t)/(c*T)	0.60	29.65	23.69	6.49
Demora uniforme, d1 (s) d1=0.5*C(1-(g/C)*(t/T)+((0.5*C*(1-g/C)^2)/(1-[min(1,X)g/C]))*((T-t)/(T))*PF	10.04	32.00	25.10	12.88
Caso IV (Qb>0) (X <= 1) (t =T)				
Parámetros de demora, u u=1-((c*T)/Qb[1-min(1,X)])				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=(1800*Qb*(1+u)/C				
Demora uniforme, d1(s) d1=0.5*C*(1-g/C)				
Caso V (Qb>0) (X>1) (t =T)				
Demora por cola inicial, d3(s) d3=(3600*Qb)/c				
Demora uniforme, d1(s) d1=0.5*C*(1-g/C)				

Tabla 41. Cálculo de la nueva demora tipo d2 modificada por el reajuste del factor fbb en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S	S-N	E-O	O-E
				
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO				
Tasa de flujo ajustado, v(veh/h)	158	411	1287	511
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	525	486	1376	730
Relación v/c, X=v/c	0.30	0.85	0.94	0.70
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora Incremental, d2 (s/veh)	$d2=900*T*[(X-1)+((X-1)^2+((8*k*I*X)/(c*T)))^{(0.5)}]$			
	1.48	16.56	13.11	5.53
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)	0.60	29.65	23.69	6.49
Demora uniforme, d1 (s/veh)	10.04	32.00	25.10	12.88
Factor de ajuste por progresión, PF=(1-P)*fPA/(1-g/C)	0.41	0.38	1.12	0.51
Demora, d=d1(PF)+d2+d3 (s/veh)	6.21	58.33	64.86	18.55

4.1.7.2 Cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña

A) Cálculo de la tasa de flujo de saturación

Debido al reajuste del factor f_{bb} , la tasa del flujo de saturación se va a ver afectada. La tabla 42 muestra los nuevos valores obtenidos para cada acceso.

Tabla 42. Cálculo de la tasa del flujo de saturación modificada por el reajuste del factor f_{bb} de la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N		N-S		E-O		O-E	
TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN								
Flujo de saturación ideal, S_o (pc/h/carril)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Número de carriles (N)	2.00		2.00		3.00		2.00	
Ancho de carriles	2.90		2.90		2.80		2.80	
Factor de ajuste por ancho de carril, f_w	0.92		0.92		0.91		0.91	
Volumen de vehículos pesados, HV	4.00		5.00		25.00		3.00	
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	0.41		0.55		2.09		0.63	
Equivalente en vehículos livianos, $E_t=2.0$ c/HV	2.00		2.00		2.00		2.00	
Factor de ajuste por vehículos pesados, FHV	1.00		0.99		1.00		0.99	
Pendiente en el grupo de carriles, %G	-2.00		2.00		-2.00		2.00	
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1.01		0.99		1.01		0.99	
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	SIN PAREQUEO		SIN PAREQUEO		SIN PAREQUEO		SIN PAREQUEO	
Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p > 0.050$	1.00		1.00		1.00		1.00	
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	35.00		61.00		86.00		27.00	
Factor de ajuste por bloqueo de buses, $f_{bb} \geq 0.050$	0.96		0.94		0.94		0.97	
Tipo de área	URBANA		URBANA		URBANA		URBANA	
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	1.00		1.00		1.00		1.00	
Tasa de flujo no ajustado para el grupo de carriles, V_g (veh/h)	937.00		873.00		1146.15		453.00	
Tasa de flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de carriles, V_{g1} (veh/h)	502		593		534		254	
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	0.93		0.74		0.72		0.89	
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	0.99		1.00		0.82		1.00	
Factor de ajuste por giro a la derecha, $f_{RT} \geq 0.050$	0.98		0.99		0.99		1.00	
Factor de ajuste por peatones para giros a la izquierda, f_{Lpb}	1.00		1.00		0.98		1.00	
Factor de ajuste por peatones para giros a la derecha, f_{Rpb}	0.95		0.97		0.96		0.89	
Flujo de saturación Ajustado, s (veh/h)	2933		2258		2653		2627	
$S = s_o * N * f_{HV} * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$	2933		2258		2653		2627	

Los formatos utilizados para el cálculo de los factores, f_{LT} , f_{Lpb} , f_{Rpb} , de los accesos correspondientes se han realizado anteriormente en las tablas 32, 33, 34 respectivamente. Estos factores son independientes al factor f_{bb} , por lo cual, ninguno de los factores mencionados va a sufrir alguna alteración en el resultado.

B) Análisis de la capacidad

El factor f_{bb} repercute en el resultado de la tasa del flujo de saturación, el cual influye en el resultado de la capacidad. La tabla 43 muestra los nuevos valores obtenidos a causa del reajuste del factor por obstrucción de buses.

Tabla 43. Cálculo de la capacidad y del grado de saturación modificados por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N	N-S	E-O	O-E
ANÁLISIS DE CAPACIDAD				
Fase	A	A	B	B
Tasa de flujo ajustado, v (veh/h)	958	892	1172	463
Tasa de flujo de saturación	2933	2258	2653	2627
Tiempo perdido, tL(s)= l1+Y-e	3.00	3.00	3.00	3.00
Longitud del ciclo, C(s)	107	107.00	107	107
Tiempo verde efectivo, g(s), g=G+Y-fL	61.00	61.00	45.00	45.00
Capacidad del grupo de carriles, c=s(g/C), (veh/h)	1672	1287	1116	1105
Relación v/c, X	0.57	0.69	1.05	0.42
Relación de flujo, v/s	0.33	0.40	0.44	0.18
Grupo de carriles/fase crítica		x	x	
Sumatoria de relación de flujo para grupos de carriles críticos (Yc)			0.84	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)			6.00	
Grado de saturación Xc, Xc=(Yc)(C)/(C-L)			0.89	





C) Cálculo de las demoras

El reajuste del factor f_{bb} , va a ocasionar que las demoras tipo d1, d2 y d3 se vean alteradas. De la misma forma, el resultado de los niveles de servicio por cada acceso y de la intersección, van a sufrir alteraciones. La tabla 44 muestra los nuevos valores obtenidos de las demoras tipo d1 y d3. La tabla 45 muestra los nuevos valores de la demora tipo d2.

Tabla 44. Cálculo de las nuevas demoras de tipo d1 y d3 ocasionadas por el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N	N-S	E-O	O-E
PARÁMETROS DE ENTRADA				
Periodo de análisis	De 4:30 p.m. a 5:30 p.m.			
Duración del periodo de análisis, T	0.25	0.25	0.25	0.25
Longitud del ciclo, C (s)	107	107	107	107
Cola inicial, Qb (veh)	23	20	19	15
Proporción de verde, g/C	0.57	0.57	0.42	0.42
Relación v/c, X = v/c	0.57	0.69	1.05	0.42
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1672	1287	1116	1105
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0.50	0.49	0.36	0.30
Relación de peloton (Rp)	1	1	1	1
Factor de ajuste suplementario, fPA	1	1	1	1
Factor de ajuste por progresión/coordiación, PF= (1-P)fPA/(1-g/C)	1.16	1.18	1.10	1.20
Duración de la demanda insatisfecha en T, t(h) t=min(T, Qb/c[1-min(1,X)])	0.03	0.05	0.25	0.02
CASOS				
Caso I y II (Qb=0)				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=0				
Demora uniforme, d1 (s) d1={0.5*C[1-(g/C)^2]/{1-[min(1,X)g/C]}}				
Caso III (Qb>0) (X <= 1) (t < T)				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=(1800*Qb*t)/(c*T)	3.19	5.67		2.29
Demora uniforme, d1 (s) d1=0.5*C(1-(g/C)*(t/T))+((0.5*C*(1-g/C)^2)/(1-[min(1,X)g/C]))*((T-t)/(T))*PF	17.77	20.05		26.66
Caso IV (Qb>0) (X <= 1) (t = T)				
Parámetros de demora, u u=1-((c*T)/Qb[1-min(1,X)])				
Demora por cola inicial, d3 (s) d3=(1800*Qb*(1+u)/C)				
Demora uniforme, d1(s) d1=0.5*C*(1-g/C)				
Caso V (Qb>0) (X > 1) (t = T)				
Demora por cola inicial, d3(s) d3=(3600*Qb)/c			61.30	
Demora uniforme, d1(s) d1=0.5*C*(1-g/C)			31.00	

Tabla 45. Cálculo de la demora tipo d2 modificada por el reajuste del factor fbb en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

	S-N	N-S	E-O	O-E
				
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO				
Tasa de flujo ajustado, v(veh/h)	958	892	1172	463
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1672	1287	1116	1105
Relación v/c, X =v/c	0.6	0.69	1.05	0.42
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora Incremental, d2 (s/veh)	1.43	3.09	41.07	1.17
$d2=900*T*[(X-1)+((X-1)^2+((8*k*1*X)/(c*T)))^{0.5}]$				
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)	3.19	5.67	61.30	2.29
Demora uniforme, d1 (s/veh)	17.77	20.05	31.00	26.66
Factor de ajuste por progresión, PF=(1-P)*fPA/(1-g/C)	1.16	1.18	1.10	1.20
Demora, d=d1(PF)+d2+d3 (s/veh)	25.18	32.43	136.43	35.50

4.1.7 Nivel de Servicio utilizando el HCM 2000 sin modificar el factor f_{bb} y modificando el factor f_{bb} .





4.1.8.1 Cruce de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

En esta intersección en el sentido norte-sur y en el sentido oeste-este, no se notó la presencia de vehículos de transporte público. Los vehículos de transporte público (combis, autos colectivos, coasters, buses) fueron considerados en el ítem de números de buses (NB). De esta forma, sin reajustar el factor f_{bb} , se obtuvo en el sentido norte-sur una demora de 6.21 segundos; considerándose un nivel de servicio A, en el sentido sur-norte se obtuvo una demora de 73.04 segundos; considerándose un nivel de servicio E, en el sentido este-oeste se obtuvo una demora de 113.2 segundos; considerándose un nivel de servicio F, en el sentido oeste-este se obtuvo una demora de 18.55 segundos; considerándose un nivel de servicio B, y en la intersección se obtuvo una demora total de 78.65 segundos; considerándose un nivel de servicio E.

Por otro lado, al reajustar el factor f_{bb} por el obtenido en esta investigación, se obtuvo en el sentido norte-sur una demora de 6.21 segundos; considerándose un nivel de servicio A, en el sentido sur-norte una demora de 58.33 segundos; considerándose un nivel de servicio E, en el sentido este-oeste una demora de 64.86

segundos; considerándose un nivel de servicio E, en el sentido oeste-este una demora de 18.55 segundos; considerándose un nivel de servicio B, y en la intersección un nivel de servicio 49.81 segundos; considerándose un nivel de servicio D. La tabla 46 muestra la comparación de resultados de la intersección.

Tabla 46. Comparación de resultados sin considerar y considerando el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	CONSIDERANDO EL COEFICIENTE FBB=14.4			
	N-S	S-N	E-O	O-E
				
Volumen ajustado	158	411	1287	511
NB=Número buses	0	43	75	0
Factor por obstrucción de buses, Fbb	1.00	0.83	0.85	1.00
Flujo de saturación ajustado	1324	1117	2405	1381
Demora por grupo de carriles	6.21	73.04	113.20	18.55
NS por grupo de carriles	A	E	F	B
Demora por intersección	78.65			
NS de la intersección	E			
	CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=7.64			
Volumen ajustado	158	411	1287	511
NB=Número buses	0	43	75	0
Factor por obstrucción de buses, Fbb	1.00	0.91	0.92	1.00
Flujo de saturación ajustado	1324	1226	2604	1381
Demora por grupo de carriles	6.21	58.33	64.86	18.55
NS por grupo de carriles	A	E	E	B
Demora por intersección	49.81			
NS de la intersección	D			

Observando estos resultados se puede apreciar que en los accesos donde no circulan vehículos de transporte público, no hay cambios en el nivel de servicio al momento de realizar las comparaciones, los cuales son los sentidos norte-sur y oeste-este.

Por lo contrario, en los accesos donde circulan vehículos de transporte público, se encontrará variaciones en las demoras y, por ende, en los niveles de servicio. En este caso los accesos que redujeron sus demoras por el reajuste del factor f_{bb} fueron los sentidos sur-norte y este-oeste.





Al realizar un análisis de la demora por la intersección, se puede apreciar que la variación de la demora es de 28.84 segundos, pasando de un nivel de servicio E a un nivel de servicio D. Este resultado indica que sí hay una diferencia relevante en el resultado final al momento de reajustar el factor por obstrucción de buses brindado por el HCM 2000.

4.1.8.2 Cruce de la Av. Paseo la Breña y Av. Real.

Los valores obtenidos sin reajustar el factor f_{bb} fueron los siguientes: En el sentido sur-norte se obtuvo una demora de 26.13 segundos; estando dentro del rango del nivel de servicio C, en el sentido norte-sur se obtuvo una demora de 36.26 segundos; considerándose un nivel de servicio D, en el sentido este-oeste se obtuvo una demora de 163.92 segundos; considerándose un nivel de servicio F, en el sentido oeste-este se obtuvo una demora de 35.95 segundos; considerándose un nivel de servicio D.

Al momento de reajustar el factor f_{bb} según las condiciones del distrito de Huancayo se obtuvo: En el sentido sur-norte una demora de 25.18 segundos; considerándose un nivel de servicio C, en el sentido norte-sur una demora de 32.43 segundos; considerándose un nivel de servicio C, en el sentido este-oeste una demora de 136.43 segundos; considerándose un nivel de servicio F, en el sentido oeste-este una demora de 35.50 segundos; considerándose un nivel de servicio D. La tabla 47 muestra los resultados obtenidos sin y con el reajuste del factor f_{bb} .

Tabla 47. Comparación de resultados sin considerar y considerando el reajuste del factor f_{bb} en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña.

AV. REAL Y AV. PASEO LA BREÑA				
CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=14.4				
	S-N	N-S	E-O	O-E
				
Volumen ajustado	958	892	1172	463
NB=Número buses	35	61	86	27
Factor por obstrucción de buses, Fbb	0.93	0.88	0.89	0.95
Flujo de saturación ajustado	2833	2120	2501	2558
Demora por grupo de carriles	26.13	36.26	163.62	35.95
NS por grupo de carriles	C	D	F	D
Demora por intersección	76.25			
NS de la intersección	E			
CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=7.64				
Volumen ajustado	958	892	1172	463
NB=Número buses	35	61	86	27
Factor por obstrucción de buses, Fbb	0.96	0.94	0.94	0.97
Flujo de saturación ajustado	2933	2258	2653	2627
Demora por grupo de carriles	25.18	32.43	136.43	35.50
NS por grupo de carriles	C	C	F	D
Demora por intersección	65.81			
NS de la intersección	E			

En estos resultados se puede apreciar que en los accesos no hay mucha variación en las demoras a pesar de presentar vehículos de transporte público en todos sus accesos. Si bien es cierto en esta intersección solo circulan vehículos de transporte público en el sentido este-oeste, sin embargo, en los demás accesos se consideraron los “taxis-colectivos” que realizaron paradas.

La mayor variación en la demora se da en el sentido este-oeste con un valor de 27.19 segundos, mientras que en los otros accesos las diferencias son mínimas.

En este caso al comparar los niveles de servicio de la intersección, estos se mantienen en el mismo nivel de servicio, pero varían en la demora por 10.45 segundos. Sin embargo, la variación de este valor puede ir incrementando al realizarse más paradas de vehículos de transporte público y puede llegar a tener una variación de mayor magnitud en la intersección.

4.1.8 Cálculo de las demoras y niveles de servicio en las intersecciones de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, Av. Paseo la Breña y Av. Real, proyectando los volúmenes al año 2023.

Para determinar los volúmenes al año 2003 en las intersecciones de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, y de la Av. Paseo la Breña y Av. Real, se utilizará el factor de crecimiento exponencial. Para el cálculo de la tasa de crecimientos, se utilizará la tasa de 4.1% brindado por los profesionales Costa et al. (2018) del Instituto Nacional de Estadística e Informática en colaboración con el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Especial- PROVIAS Nacional.

Sin embargo, para esta proyección se tiene las limitaciones como el factor de ajuste peatonal para movimientos a la izquierda, de la misma forma para los movimientos a la derecha y para el cálculo de las demoras. Esta proyección se realiza con la finalidad de poder observar la influencia que tienen los mismos números de paradas del transporte público en un volumen mayor en las intersecciones. Cabe resaltar que, a falta de precisión de algunos factores, estos resultados de cierta forma tienden a ser más benevolentes en su cálculo.

4.1.9.1 Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

A) Aforo vehicular para el año 2023.

El volumen proyectado para el año 2023 de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali se muestra en la tabla 48.

Tabla 48. Volumen proyectado al año 2023 de la Intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.

	N-S			S-N			E-O			O-E		
AJUSTE DE VOLUMEN	IZQ.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.
Volumen, V(veh/h)	10	129	46	37	394	51	18	1375	112	108	457	33
Factor de Hora Pico, FHP	0.96			0.96			0.96			0.96		
Tasa de flujo ajustado, $V_p=V/FHP$ (veh/h)	10	134	48	38	409	53	19	1431	116	112	475	34
Tasa de flujo ajustado al grupo de carriles, v (veh/h)	193			501			1566			621		
Proporción de giros a la izuierda y derecha (PLT o PRT)	0.05		0.25	0.08		0.11	0.01		0.07	0.18	0.76	0.05





B) Demoras para el año 2023.

La tabla 49 muestra las demoras de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali sin modificar el factor f_{bb} , mientras que la tabla 50 muestra las demoras, pero modificando el factor f_{bb} por el valor obtenido en esta investigación.

Tabla 49. Demoras de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali en el año 2023 sin modificar el factor f_{bb} .

	N-S			S-N			E-O			O-E		
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO												
Tasa de flujo ajustado, v(veh/h)	193			501			1566			621		
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	524			443			1268			549		
Relación v/c, $X = v/c$	0.37			1.13			1.24			1.13		
Calibración de la demora incremental, k	0.50			0.50			0.50			0.50		
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00			1.00			1.00			1.00		
Duración del análisis, T (h)	0.25			0.25			0.25			0.25		
Demora Incremental, d2 (s/veh)												
$d2=900*T*((X-1)+((X-1)^2+((8*k*I*X)/(c*T)))^(0.5))$	1.99			83.01			112.88			80.34		
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)	0.66			64.96			56.79			78.71		
Demora uniforme, d1 (s/veh)	10.41			32.00			25.00			25.00		
Factor de ajuste por porgresión, $PF=(1-P)*fPA/(1-g/C)$	0.41			0.38			1.12			0.51		
Demora, $d=d1(PF)+d2+d3$ (s/veh)	6.94			160.10			197.62			171.70		





Tabla 50. Demoras de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali en el año 2023 modificando el factor f_{bb} .

	N-S	S-N	E-O	O-E
				
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO				
Tasa de flujo ajustado, v (veh/h)	193	501	1566	621
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	524	487	1373	549
Relación v/c , $X = v/c$	0.37	1.03	1.14	1.13
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora incremental, d_2 (s/veh)				
$d_2 = 900 * T * [(X-1) + ((X-1)^2 + ((8 * k * X) / (c * T)))]^{0.5}$	1.99	48.39	72.63	80.34
Demora por cola inicial, d_3 (s/veh)	0.66	59.19	52.45	78.71
Demora uniforme, d_1 (s/veh)	10.41	32.00	25.00	25.00
Factor de ajuste por progresión, $PF = (1-P) * f_{PA} / (1-g/C)$	0.41	0.38	1.12	0.51
Demora, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	6.94	119.71	153.02	171.70

C) Niveles de servicio para el año 2023

La tabla 51 muestra la comparación de los resultados de las demoras, asimismo, los niveles de servicio modificando y sin modificar el factor f_{bb} de la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali para el año 2023.

Tabla 51. Comparación de los resultados de demoras y niveles de servicio al modificar y sin modificar el factor f_{bb} de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali para el año 2023.

	CONSIDERANDO EL COEFICIENTE $FBB=14.4$			
	N-S	S-N	E-O	O-E
				
Volumen ajustado	193	501	1566	621
NB=Número buses	0	43	75	0
Factor por obstrucción de buses, F_{bb}	1.00	0.83	0.85	1.00
Flujo de saturación ajustado	1322	1119	2400	1039
Demora por grupo de carriles	6.94	160.10	197.62	171.70
NS por grupo de carriles	A	F	F	F
Demora por intersección	172.76			
NS de la intersección	F			
	CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE $FBB=7.64$			
Volumen ajustado	193	501	1566	621
NB=Número buses	0	43	75	0
Factor por obstrucción de buses, F_{bb}	1.00	0.91	0.92	1.00
Flujo de saturación ajustado	1322	1228	2599	1039
Demora por grupo de carriles	6.94	119.71	153.02	171.70
NS por grupo de carriles	A	F	F	F
Demora por intersección	141.49			
NS de la intersección	F			

Se puede observar que los niveles de servicio para la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali para el año 2023, resultan F, teniendo el mismo nivel de

servicio, sin embargo, esto difiere al momento de realizar comparaciones en las demoras, ya que cuando no se modifica el factor f_{bb} se obtiene una demora de 172.76 segundos, mientras al modificar el factor f_{bb} la demora que se obtiene es de 141.49 segundos. La diferencia de demoras en esta intersección es de 31.27 segundos que no es nada despreciable al momento de analizar el estado situacional de dicha intersección, y también sirve como referencia para tomar medidas de mitigación que no sean erradas.

4.1.9.2 Intersección de la Av. Paseo la Breña y Av. Real.

A) Aforo vehicular para el año 2023.

El volumen proyectado en la intersección de la Av. Paseo la Breña y Av. Real para el año 2023 se muestra en la tabla 52.

Tabla 52. Volumen proyectado al año 2023 de la Intersección de la Av. Paseo la Breña y Av. Real.

	S-N		N-S		E-O			O-E	
AJUSTE DE VOLUMEN	DFR.	DER.	DFR.	DER.	IZQ.	DFR.	DER.	DFR.	DER.
Volumen, V(veh/h)	1000	140	973	89	105	1173	116	442	109
Factor de Hora Pico, FHP	0.98		0.98		0.98			0.98	
Tasa de flujo ajustado, $V_p=V/FHP$ (veh/h)	1022	143	995	91	108	1199	119	451	112
Tasa de flujo ajustado al grupo de carriles, v (veh/h)	1165		1086		1426			563	
Proporción de giros a la izuierda y derecha (PLT o PRT)		0.12		0.08	0.08		0.08		0.20

B) Demoras para el año 2023.

La tabla 53 muestra las demoras de la Av. Paseo la Breña y Av. Real sin modificar el factor f_{bb} , mientras que la tabla 54 muestra las demoras modificándolo por el valor obtenido en esta investigación.

Tabla 53. Demoras de la Av. Paseo la Breña y Av. Real en el año 2023 sin modificar el factor f_{bb} .

	S-N	N-S	E-O	O-E
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO				
Tasa de flujo ajustado, v(veh/h)	1165	1086	1426	563
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1328	994	995	885
Relación v/c, $X = v/c$	0.9	1.09	1.43	0.64
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora Incremental, d2 (s/veh) $d2=900*T*((X-1)+((X-1)^2+((8*k*I*X)/(c*T)))^(0.5))$	8.41	57.08	200.75	3.48
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)	17.60	72.42	68.77	5.68
Demora uniforme, d1 (s/veh)	22.95	23.00	31.00	29.77
Factor de ajuste por porgresión, PF= $(1-P)*fPA/(1-g/C)$	1.16	1.18	1.10	1.20
Demora, $d=d1(PF)+d2+d3$ (s/veh)	52.58	156.65	303.59	44.95





Tabla 54. Demoras de la Av. Paseo la Breña y Av. Real en el año 2023 modificando el factor f_{bb} .

	S-N	N-S	E-O	O-E
CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES, DEMORA POR CONTROL Y DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO				
Tasa de flujo ajustado, v(veh/h)	1165	1086	1426	563
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1375	1059	1055	909
Relación v/c, $X = v/c$	0.8	1.03	1.35	0.62
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora Incremental, d2 (s/veh) $d2=900*T*((X-1)+((X-1)^2+((8*k*I*X)/(c*T)))^(0.5))$	6.63	34.27	164.29	3.17
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)	13.20	67.99	64.82	5.16
Demora uniforme, d1 (s/veh)	22.52	23.00	31.00	29.52
Factor de ajuste por porgresión, PF= $(1-P)*fPA/(1-g/C)$	1.16	1.18	1.10	1.20
Demora, $d=d1(PF)+d2+d3$ (s/veh)	45.88	129.41	263.18	43.80

C) Niveles de servicio para el año 2023.

La tabla 55 muestra la comparación de los resultados de las demoras, y de los niveles de servicio modificando y sin modificar el factor f_{bb} de la intersección de la Av. Paseo la Breña y Av. Real para el año 2023.

Tabla 55. Comparación de los resultados de demoras y niveles de servicio al modificar y sin modificar el factor f_{bb} de la Av. Paseo la Breña y Av. Real para el año 2023.

CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=14.4				
	S-N	N-S	E-O	O-E
				
Volumen ajustado	1165	1086	1426	563
NB=Número buses	35	61	86	27
Factor por obstrucción de buses, Fbb	0.93	0.88	0.89	0.95
Flujo de saturación ajustado	2330	1744	2365	2105
Demora por grupo de carriles	52.58	156.65	303.59	44.95
NS por grupo de carriles	D	F	F	D
Demora por intersección	162.60			
NS de la intersección	F			
CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=7.64				
Volumen ajustado	1165	1086	1426	563
NB=Número buses	35	61	86	27
Factor por obstrucción de buses, Fbb	0.96	0.94	0.94	0.97
Flujo de saturación ajustado	2412	1858	2509	2162
Demora por grupo de carriles	45.88	129.41	263.18	43.80
NS por grupo de carriles	D	F	F	D
Demora por intersección	140.05			
NS de la intersección	F			

Los niveles de servicio para la intersección de la Av. Paseo la Breña y la Av. Real para el año 2023, tienen un nivel F. Sin embargo, surgen diferencias al momento de realizar comparaciones en las demoras, ya que cuando no se modifica el factor f_{bb} se obtiene una demora de 162.60 segundos, mientras al modificar el factor f_{bb} la demora obtenida es de 140.05 segundos. La diferencia de demoras en esta intersección es de 22.55 segundos, pudiendo influir al momento de tomar decisiones de mitigación.

4.2 Discusión de resultados

- La investigación buscó como objetivo general validar el coeficiente de 14.4 segundos de la ecuación del factor de bloqueo de buses f_{bb} del HCM 2000 para las condiciones del distrito de Huancayo. Los objetivos específicos fueron determinar el tiempo promedio de ascenso y/o descenso del usuario del transporte público en el distrito de Huancayo y determinar la variación en el nivel de servicio con el coeficiente conseguido en el distrito de Huancayo y el propuesto en el HCM 2000. El tiempo promedio se obtuvo a partir de las mediciones realizadas en las

intersecciones de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali, Av. Giráldez y Jr. Ancash, Av. Paseo la Breña y Jr. Arequipa, Av. Huancavelica y Jr. Puno, Av. Ferrocarril y Jr. Cusco, Av. Giráldez y Av. Real y Jr. Tarapacá. El coeficiente que se utiliza en el HCM 2000 por bloqueo de buses es 14.4 segundos, mientras el obtenido en el distrito de Huancayo es de 7.64 segundos, el cual varía con respecto al brindado por la metodología del HCM 2000 en un 53%. Sin embargo, para hallar el coeficiente obtenido para las condiciones de Huancayo se tuvo que dar mayor preferencia a las intersecciones que cuenten con lugares disponibles que permitan dar una mejor visión del comportamiento de los vehículos de transporte público al momento de realizar la maniobra de subir y/o bajar pasajeros.

- De la misma forma pero en menor cantidad de muestras, el trabajo de investigación de Agreda y Parra (2017) tuvo como propósito realizar una comparación entre la metodología del HCM 2000 y HCM 2010, para lo cual, tuvieron que hallar el tiempo promedio de bloqueo de los buses que transitan por las intersecciones a estudiar, dando como resultado para la intersección de las avenidas San Luis y San Borja de la ciudad de Lima un tiempo promedio de 8.86 segundos. Como se mencionó, en Estados Unidos el factor por obstrucción de buses es de 14.4 segundos, siendo una de las causas de dicho valor, es que los paraderos son estrictamente respetados, lo cual origina que las paradas que realicen los buses tengan mayor movilización de personas en cada punto y por ende el valor sea mayor que en Perú. Por otro lado, el estudio realizado por Flores (2001) en la ciudad de México obtuvo en su investigación un valor superior al de Estados Unidos, el cual es de 21.87 segundos. Como se puede ver, la diferencia entre los tiempos obtenidos tanto en la ciudad de Huancayo como en la ciudad de Lima son inferiores a los obtenidos en otros países por la razón que, en nuestro país los

medios de transportes son más variados (combis, coasters, autos colectivos, buses) y en los otros dos países mencionados solo utilizan como medio de transporte público a los buses. Otra posible causa son los paraderos informales en la ciudad de Huancayo, los cuales pueden parar a recoger y/o bajar pasajeros en cualquier lugar, ocasionando que los puntos de paradas sean más, pero de menor tiempo.

- La investigación realizada por Flores (2001) indica que el factor brindado por el manual HCM 2000, tiende a dar resultados mucho más favorables para la ciudad de México, ya que al utilizar el factor hallado en su investigación los niveles de servicio aumentan. De la misma forma, Perez-Cartagena y Tarko (2005) recomiendan reajustar los factores que sean necesarios en función a las características de la ciudad donde se aplicará la metodología del HCM, ya que mencionan que el HCM 2000 conduce a subestimar muchas veces las demoras. En este trabajo de investigación se comprobó que utilizando el factor f_{bb} brindado por el manual del HCM 2000, las demoras obtenidas en cada acceso son más desfavorables y en consecuencia no reflejan realmente el nivel de servicio de las intersecciones del distrito de Huancayo, por lo cual, se acepta la hipótesis general.
- Al momento de realizar las comparaciones de la Av. Real y Av. Paseo la Breña, se puede observar que cada acceso tiene paradas de transporte público y a pesar de esto las demoras varían mínimamente a comparación de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali. La razón de esta baja variación, es básicamente debido a la capacidad. Realizando el análisis de la relación volumen- capacidad, se puede observar que este valor se acerca a 0.5, lo cual indica que la capacidad de la intersección está muy por encima de la demanda y por lo tanto los bloqueos del transporte público al realizar paradas, no afectan significativamente a la intersección mencionada. En cambio, en la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali los valores de la relación volumen-

capacidad, se encuentran cerca de la unidad, lo cual causa que una pequeña modificación repercuta de forma significativa en el cálculo de las demoras. Este efecto también sucede en la investigación de Flores (2001) al momento de analizar el rumbo al este de la intersección de la Av. Benit Juárez y Arteaga de la ciudad de México. En este acceso se puede observar que la relación volumen-capacidad, se encuentra por encima de la unidad, lo cual indica que la capacidad del acceso no satisface la demanda, por lo tanto, el resultado del acceso este-oeste varía de un nivel de servicio B con 19.12 segundos de demora a un nivel de servicio F con 185 segundos de demora.

CONCLUSIONES

- Después de haber realizado el análisis en de los datos obtenidos de las siete intersecciones, no se ha podido validar el coeficiente de 14.4 en el distrito de Huancayo. El tiempo calculado fue de 7.64 segundos que, a su vez, genera cambios significativos en el nivel de servicio. Por lo tanto, es necesario cambiar la simbología de “f_{bb}”, que en inglés significa factor bus blockage, lo cual, como se dijo anteriormente, es el factor por obstrucción de buses. De esta forma se evitaría confusiones al momento de aplicar dicho factor porque en nuestro distrito no se realizan bloqueos por buses. El nombre más adecuado para dicho factor en nuestra localidad, es el de factor por bloqueo de transporte público (f_{bt_p}). Asimismo, se debe cambiar la simbología NB (Number of buses stopping/h) a NVTP (Número de vehículos de transporte público parando/h). Finalmente, la ecuación 45 muestra la ecuación modificada.

$$f_{bt\sub p} = \frac{N - \left(\frac{7.64NVTP}{3600}\right)}{N} \quad (45)$$

Donde:

- $f_{bt\sub p}$: Factor por bloqueo de transporte público.

- $NVTP$: Número de vehículos de transporte público que paran en una hora.
- N : Número de carriles.
- Utilizando el coeficiente de 14.4 segundos brindado por el HCM 2000, la demora calculada en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali fue de 78.65 segundo (nivel de servicio “E”). De la misma forma, en la intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña, la demora calculada utilizando el coeficiente de 14.4 segundos fue de 76.25 segundos (nivel de servicio “E”). La tabla 56 muestra los niveles de servicios calculados con sus respectivas demoras para las dos intersecciones analizadas.

Tabla 56. Nivel de servicio del cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña y de la Av. Giráldez utilizando el factor de 14.4 segundos.

	AV. REAL Y AV. PASEO LA BREÑA				AV. GIRÁLDEZ Y JR. OMAR YALI			
	CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=14.4				CONSIDERANDO EL COEFICIENTE FBB=14.4			
	S-N	N-S	E-O	O-E	N-S	S-N	E-O	O-E
Demora por grupo de carriles	26.13	36.26	163.62	35.95	6.21	73.04	113.20	18.55
NS por grupo de carriles	C	D	F	D	A	E	F	B
Demora por intersección	76.25				78.65			
NS de la intersección	E				E			

- Al emplear el coeficiente de 7.64 segundos, el cual fue reajustado según las condiciones del distrito de Huancayo, la demora calculada en la intersección de la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali fue de 49,81 segundos (nivel de servicio “D”). De la misma forma, en la Intersección de la Av. Real y Av. Paseo la Breña, la demora calculada fue de 65.81 segundos (nivel de servicio “E”). La tabla 57 muestra los niveles de servicio empleando el coeficiente de 7.64 segundos.

Tabla 57. Nivel de servicio del cruce de la Av. Real y Av. Paseo la Breña y de la Av. Giráldez utilizando el factor de 7.64 segundos.

	AV. REAL Y AV. PASEO LA BREÑA				AV. GIRÁLDEZ Y JR. OMAR YALI			
	CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=7.64				CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE FBB=7.64			
	S-N	N-S	E-O	O-E	N-S	S-N	E-O	O-E
Demora por grupo de carriles	25.18	32.43	136.43	35.50	6.21	58.33	64.86	18.55
NS por grupo de carriles	C	C	F	D	A	E	E	B
Demora por intersección	65.81				49.81			
NS de la intersección	E				D			

- Se concluye a partir del análisis realizado, las siguientes variaciones en el nivel de servicio:
 - La demora obtenida en la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali fue de 78.64 segundos utilizando el coeficiente brindado por el HCM 2000, mientras que al sustituir el coeficiente brindado por el de 7.64 segundos, la nueva demora calculada es de 49.81 segundos. La diferencia es de 28.83 segundos que, va a ir creciendo según las paradas de unidades de transporte público sean mayores como se ha demostrado en la tabla 51, la cual, muestra una diferencia de 31.27 segundos para la misma intersección en el año 2023.
 - La demora obtenida en la Av. Real y la Av. Paseo la Breña fue de 76.25 segundos utilizando el coeficiente brindado por el HCM 2000, mientras que al sustituir el coeficiente brindado por el manual Estadounidense por el de 7.64 segundos, la nueva demora calculada fue de 65.81 segundos. La diferencia es de 10.44 segundos que, va a ir creciendo según las paradas de unidades de transporte público sean mayores como se muestran en la tabla 55, la cual muestra una diferencia de 22.55 segundos.

RECOMENDACIONES

- El factor hallado en este trabajo de investigación es más adecuado para el distrito de Huancayo. Sin embargo, también es posible el uso de este factor en lugares donde las unidades de transporte público estén conformadas por coasters, camionetas rurales (combis), autos colectivos y también, donde exista la presencia de “taxis-colectivos”. Esto se debe a las mismas condiciones de vida que se vive a nivel nacional, lo cual conduce a las mismas necesidades económicas de los transportistas, y a su vez, a la misma forma de operar, la cual busca llevar la mayor cantidad de pasajeros.
- Se recomienda a la gerencia de tránsito y transporte realizar un plan estratégico para evitar las paradas informales durante el trayecto de los vehículos dedicados al transporte público. Asimismo, se recomienda tener mayor control de los denominados “taxis-colectivos”. De la misma forma, se recomienda que evalúen el sistema de transporte público con el objetivo de que solo circulen vehículos que tengan la capacidad de movilizar grandes cantidades de peatones; de esta forma, se podrá evitar las paradas constantes por vehículos que transportan pocas personas y que, a su vez, causan mayores paradas.

- Evaluar en otras investigaciones la posibilidad de encontrar un factor de bloqueo por cada tipo de vehículo de transporte público y comparar el impacto que tiene en el cálculo de demoras y niveles de servicio. Para lo cual se recomienda utilizar drones para poder tener una mejor visualización de las maniobras que se realizan al momento de la parada de un vehículo de transporte público.
- Se recomienda realizar investigaciones destinadas a ajustar la tasa del flujo de saturación, como los factores del tipo de área (CBD) y el factor de equivalencia de los camiones (E_t). De la misma forma se recomienda estudiar el factor de vehículos equivalentes (UCP) que tienen mucha importancia en el cálculo del flujo vehicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGREDA, L.S. y PARRA, R., 2017. Análisis comparativo de la aplicación de la metodología HCM 2000 y HCM 2010 en un tramo semaforizado de la avenida San Luis en la ciudad metropolitana de Lima. [en línea], Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/622076>.
- AUTOCOSMOS, 2014. Ficha técnica del Toyota Hiace Commuter Techo Alto 3.0L 2014. [en línea]. Disponible en: <https://www.autocosmos.com.pe/catalogo/2014/toyota/hiace/commuter-techo-alto-30l/152363>.
- AUTOCOSMOS, 2018. Ficha técnica del Toyota Yaris Sedán 1.3L. [en línea]. Disponible en: <https://www.autocosmos.com.pe/catalogo/vigente/toyota/yaris-sedan/13l/160061>.
- BONILLA, H., 2006. *Análisis del sistema de transporte público en la ciudad de Huancayo* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/154%5Cnhttp://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/154/BONILLA_HECTOR_ANALISIS_SISTEMA_TRANSPORTE_PUBLICO_HUANCAYO.pdf?sequence=1.
- CABRERA, F., 2007. Diapositivas del Curso de Ingeniería de Tráfico, Semestre 2007-2. . Lima:
- CAL Y MAYOR, R. y CÁRDENAS, J., 2007. *Ingeniería de Tránsito*. Octava. México: s.n.
- CEPAL, 2004. AFECTA EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE BUSES? (UNA COMPARACIÓN ENTRE EL SALARIO FIJO Y “ LA GUERRA POR EL BOLETO ”). *¿Cómo, la remuneración de los choferes de la locomoción colectiva en santiago de chile, afecta el desempeño del sistema de buses? (Una comparación entre el salario fijo y «La guerra por el boleto»)*, no. Salario de choferes en Estados Unidos, pp. 7.
- COASTERMINIBUS, 2013. Del diseño aerodinámico del práctico de costa del microbús de Perú mini 30 Seater autobús clásico Mitsubishi del estilo LHD. <http://spanish.coasterminibus.com/sale-10132491-streamline-design-classic-coaster-minibus-peru-style-lhd-mini-30-seater-bus-mitsubishi.html>.
- CORREO, 2017. Huancayo: Caos en la ciudad por alta densidad vehicular en transporte público. [en línea]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/huancayo-caos-en-la-ciudad-por-alta-densidad-vehicular-en-transporte-publico-739312/>.
- COSTA, F., SÁNCHEZ, A., JÁUREGUI, E. y REYNA, D., 2018. Flujo Vehicular por Unidades

- de Peaje. *Infraestructura Vial*. S.l.:
- FERNÁNDEZ, R., 2008. *Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular*. S.l.: Universidad de los Andes.
- FLORES, Y., 2001. *Universidad autonoma de nuevo leon*. S.l.: s.n.
- GARBER, N. y HOEL, L., 2005. *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. México: s.n.
- GESTION, 2015. *Diario Gestión 2015.pdf*. [en línea]. Disponible en: <https://gestion.pe/tendencias/mejores-sistemas-transporte-publico-mundo-98369>.
- HCM, 2000. *Highway Capacity Manual 2000*. , no. May 2001, pp. 31. ISSN 0738-6826. DOI 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000746.
- LA REPUBLICA, 2013. *Guerra del centavo - LR2013.pdf*. [en línea]. Disponible en: <http://larepublica.pe/sociedad/698044-951-de-choferes-no-quieren-que-sus-hijos-sean-transportistas>.
- LA REPÚBLICA, 2012. *Sobrepoblación de Combis Lima.pdf*. *En pistas de Lima transitan más de 34 mil buses y combis, por eso urge reforma* [en línea]. Disponible en: <http://larepublica.pe/sociedad/627372-en-pistas-de-lima-transitan-mas-de-34-mil-buses-y-combis-por-eso-urge-reforma>.
- LEDUC, G., 2008. *Road Traffic Data : Collection Methods and Applications*. *EUR Number: Technical Note: JRC 47967* [en línea], vol. JRC 47967, pp. 55. ISSN 0733-947X. DOI JRC 47967 - 2008. Disponible en: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/EURdoc/JRC47967.TN.pdf>.
- MALDONADO, M., HERZ, M. y GALARRAGA, J., 2012. *Modelación de operación en carreteras argentinas y recomendaciones de ajustes al Manual de Capacidad HCM 2010*. *Avista Transportes*, vol. 20, no. 3, pp. 51-61. DOI 10.4237/transportes.v20i3.556.teras.
- MATHEW, T. V., 2014. *Measurement at a Point*. *Transportation Systems Engineering*. Indian: s.n., pp. 1-17.
- MEZA, K., 2017. *IMPLEMENTACIÓN DE OLAS VERDES PARA LA REDUCCIÓN DEL NIVEL DE CONGESTIONAMIENTO DESDE EL JIRÓN HUANCAS HASTA LA AVENIDA HUANCVELICA EN LA AVENIDA GIRÁLDEZ Y PASEO LA BREÑA*. S.l.: Universidad Continental.
- MOZO, J., 2011. *Universidad nacional autónoma de méxico*. S.l.: s.n.

- PAPACOSTAS, C.S. y PREVEDOUROS, P.D., 2009. *Transportation Engineering and Planning*. 3ra. Ed. New Delhi: s.n.
- PEREZ-CARTAGENA, R.I. y TARKO, A.P., 2005. Calibration of Capacity Parameters for Signalized Intersections in Indiana. *Journal of Transportation Engineering*, vol. 131, no. 12, pp. 904-911. ISSN 0733-947X. DOI 10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:12(904).
- RODRÍGUEZ, D., 2015. Revisión del HCM 2010 y 2000 intersecciones semaforizadas. *Ingenium*, no. HCM 2010, pp. 19-31. DOI <http://dx.doi.org/10.21500/01247492.1667>.
- ROESS, R., PRASSAS, E. y MCSHANE, W., 2011. *Traffic Engineering* [en línea]. Fourth Edi. United States: s.n. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://books.google.com/books?id=fGE6PgAACAAJ&pgis=1>.
- RPP, 2014. Huancayo: investigarán dos empresas de transporte por maltratos a usuarios. [en línea]. Disponible en: <http://rpp.pe/peru/actualidad/huancayo-investigaran-dos-empresas-de-transporte-por-maltratos-a-usuarios-noticia-733287>.
- SAAVEDRA, J. y VALVERDE, I., 2010. Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Puerto Bermudez- San Alejandro, tramo: Dv. Puerto Bermudez-Ciudad Constitución. . S.l.:
- SALVATIERRA, E., 2017. *INFLUENCIA DE LAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN HUANCAYO METROPOLITANO EN EL AÑO 2016 Y PROPUESTA DE REORDENAMIENTO DE RUTAS*. S.l.: s.n.
- SAVITHA, B.G., MURTHY, R.S., JAGADEESH, H.S., SATHISH, H.S. y SUNDARARAJAN, T., 2017. Study on Geometric Factors Influencing Saturation Flow Rate at Signalized Intersections under Heterogeneous Traffic Conditions. *Journal of Transportation Technologies* [en línea], vol. 07, no. 01, pp. 83-94. ISSN 2160-0473. DOI 10.4236/jtts.2017.71006. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jtts.2017.71006>.
- STRAUSS, E., 2018. Pagos EEUU transporte público.pdf. [en línea]. Disponible en: <https://pyme.lavoztx.com/cunto-gana-un-chofer-11072.html>.
- SUZUKI, 2016. APV Van. <http://www.suzuki.com.pe/autos/modelos/vans/apv-van>.
- VERA, F., 2012. *Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima*. S.l.: s.n.
- VILLEGAS, K., 2013. *MEDICIÓN DE AFOROS EN CARRETERAS EN MÉXICO*.

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE AFORO AUTOMÁTICO Y AFORO MANUAL. S.I.: Universidad Nacional Autónoma de México.

ANEXOS

ANEXO Nro.01

Conteo vehicular en la intersección de la Av. Real y Av.Paseo la Breña

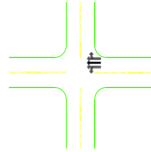
INTERSECCIÓN AV.REAL - AV.PASEO LA BREÑA SENTI ESTE-OESTE

FECHA: 23/07/2018

DÍA: LUNES

CARRIL: 3

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 09:00:00 p.m.



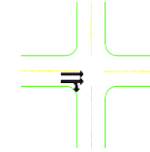
INTERSECCIÓN AV.REAL - AV.PASEO LA BREÑA SENTI OESTE-ESTE

FECHA: 23/07/2018

DÍA: LUNES

CARRIL: 2

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 09:00:00 p.m.



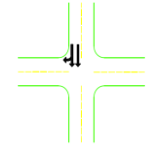
INTERSECCIÓN AV.REAL - AV.PASEO LA BREÑA SENTI NORTE-SUR

FECHA: 23/07/2018

DÍA: LUNES

CARRIL: 2

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 09:00:00 p.m.



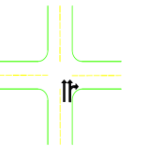
INTERSECCIÓN AV.REAL - AV.PASEO LA BREÑA SENTI SUR-NORTE

FECHA: 23/07/2018

DÍA: LUNES

CARRIL: 2

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 09:00:00 p.m.



HORA	AUTOS						CAMIONETAS						MOTOS						COMBI						COASTER						VEH PESADO RIGIDO					
	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D
07:00:00	16	118	16	1			1			14			5			1			1			1			1			1			1					
07:15:00	16	111	19		1		1			16			4			1			1			1			1			1			1					
07:30:00	23	188	22				5	2	1	18			6			1			1			1			1			1			1					
07:45:00	25	195	16	2	1		1	1		20			3			2			1			1			1			1			1					
08:00:00	24	179	18	5			1	4		19			9			1	1		1			1			1			1			1					
08:15:00	19	167	16	3			2	3		23			8			6	1		2			1			1			1			1					
08:30:00	21	155	16		1		1	3		25			8			7			1			1			1			1			1					
08:45:00	22	128	14	4			2	2		24			7			5			5			1			1			1			1					
09:00:00	23	143	16		1		5			21			6			1	2		4	1		1			1			1			1					
09:15:00	16	149	18		1		1			21			6			6	2		2			1			1			1			1					
09:30:00	15	159	18	2			6			19			5			1	3		1			1			1			1			1					
09:45:00	15	161	19				1			18			4			4			1			1			1			1			1					
10:00:00	15	156	17		1		2			17			5			3			1			1			1			1			1					
10:15:00	12	147	14	1			4			14			4			2	1		2			1			1			1			1					
10:30:00	13	147	13		1		1	2		15			4			2			1			1			1			1			1					
10:45:00	11	144	13		1	1	3			12			3			1			1			1			1			1			1					
11:00:00	11	145	10	1	2		3			10	1		3			1	1		1			1			1			1			1					
11:15:00	9	146	9	2			2	1		10			2			1			1			1			1			1			1					
11:30:00	10	151	10	1	1		4			13			2			1			1			1			1			1			1					
11:45:00	14	153	12	1		1	3	1		13			5			2	1		1	1		1			1			1			1					
12:00:00	12	155	15		2		6			15			5			1	1		1			1			1			1			1					
12:15:00	15	158	14		2	2	5	1		13			6			2			2			1			1			1			1					
12:30:00	14	162	16	1	2	1	5			14			8			3			1			1			1			1			1					
12:45:00	17	165	16	1	3	2	6	1		14			8			3	1		3	1		1			1			1			1					
13:00:00	19	180	19	2	3		7	2		16			10			3			3			1			2			1			1					
13:15:00	14	191	21	1	4	6	9	1		18			11			4			3			1			1			1			1					
13:30:00	15	184	19		5	1	4			19	1		11			3			3			1			1			1			1					
13:45:00	20	190	19	5	4	3	4			21			8			3			6			1			1			1			1					
14:00:00	15	185	25		3	4	1	5	2		10			10			2	1		2			1			1			1			1				
14:15:00	19	184	28	3	1	1	3	2		24			9			2	2		1	1		1			1			1			1					
14:30:00	15	173	24	3	3	2	4			19			14			2	1		5			1			1			1			1					
14:45:00	18	184	24	1	5	1	5			19			12			2	1		5	2		2			1			1			1					
15:00:00	19	164	26	4	3		4	2		22			8			2	1		4	1		2	1		1			1			1					
15:15:00	21	125	30		3	3	3			18			11			4	3		4	1		2	1		1			1			1					
15:30:00	13	167	34	1	3	1	7			23			9			4			6	1		1			1			1			1					
15:45:00	15	153	22		1	5	8			24			5			4	2		2			1			1			1			1					
16:00:00	17	147	23	1	1		5			19			3			2			1	1		1			1			1			1					
16:15:00	15	157	29		2		5			14			1			7	2		2	2		1			2			1			1					
16:30:00	19	149	14	1	6	1	3	1		10			6			2			2			2			1			1			1					
16:45:00	20	188	21		4	1	7			12			7			1			1			1			1			1			1					
17:00:00	21	192	23		5		9	1		14			9			3			4			2			2			1			1					
17:15:00	12	188	25	5	4	6	8	1		21			12			3			9			1			1			1			1					
17:30:00	17	187	21		2	1	6			15	1		10			1			5			1			1			1			1					
17:45:00	24	200	21	1	6	5	5			29			10			3			2			1			1			1			1					
18:00:00	19	182	31		2	1	1	2	1		24			11			1	1		1			2	1		1			1			1				
18:15:00	21	190	24	3	1	1	1			23			12			2			1	2		2			2			1			1					
18:30:00	18	183	23	3	3		3			23			19			1			5			1			1			1			1					
18:45:00	17	190	17	2	5	1	3			17			11			3			7			2			1	1		1			1					
19:00:00	17	159	51		1		3	1		21			7			4	1		1	1		4	1		1			1			1					
19:15:00	24	117	50		2	3	2			20			9			6			3	1		2			1			1			1					
19:30:00	14	174	26	1	4	1	4			18			7			6			3	3		3			1			1			1					
19:45:00	16	155	43		5		8			22			9			3	3		3			3			2			1			1					
20:00:00	11	144	33		1		5	1		18			5			2			3			2			1			1			1					
20:15:00	12	142	30		2		2			21			2			1	1		2	1		2			1			1			1					
20:30:00	10	140	25		1		2			17			3			2			3			1			1			1			1					
20:45:00	8	136	24		1		2			17			1			1			1			1			1			1			1					

ANEXO Nro.02

Conteo vehicular en la intersección de la Av. Giraldez y Jr. Omar Yali

INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

FECHA: 13/08/2018

CARRIL: 2

SENTI ESTE-OESTE

DÍA: LUNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN# 9:00:00 p.m.



INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

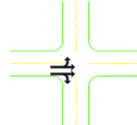
FECHA: 13/08/2018

CARRIL: 2

SENTI OESTE-ESTE

DÍA: LUNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN# 9:00:00 p.m.



INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

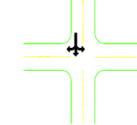
FECHA: 13/08/2018

CARRIL: 1

SENTI NORTE-SUR

DÍA: LUNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN# 9:00:00 p.m.



INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

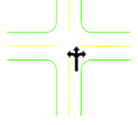
FECHA: 13/08/2018

CARRIL: 1

SENTI SUR-NORTE

DÍA: LUNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN# 9:00:00 p.m.



HORA	AUTOS			CAMIONETAS			MOTOS			COMBI			COASTER			VEH PESADO RIGIDO		
	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D
7:00:00	2	127	15	1	5		1			18	1		17			1		
7:15:00	3	175	13	1	5		2	1	2	17	1		15					
7:30:00	4	185	13	1	5	1	1	5	2	15	1		18			2		
7:45:00	2	215	12	2	2	1	1	5	2	16	5		18					
8:00:00	2	194	15	1			2	5	1	15	2		18	2	2			
8:15:00	2	194	15	1	2	2	4	2	1	14	4		19					
8:30:00	1	198	14	2	5	3	2	2		13	1		21					
8:45:00	5	200	17	1	11			3		17	1		21					
9:00:00	6	194	15	12				2	1	18			14					
9:15:00	1	193	16	14	2			2		18	2		22					
9:30:00	3	197	15	11	1			11		11			13					
9:45:00	2	211	16	1	10	1		5	1	12	3		15					
10:00:00	4	189	12	2	2			3	1	16	1		17					
10:15:00	1	177	13	5	3	3		5		20	2		15					
10:30:00	2	172	13	5	3			5	1	20	2		18			1		
10:45:00	3	188	15	1	2	1	2	4	1	14			15					
11:00:00	5	174	14	6	3	2	4			21	3		19					
11:15:00	5	189	12	4	3			3		15	3		17			1		
11:30:00	5	176	13	1	4	3	2	4		2	16		13					
11:45:00	4	189	14	4	1			3		16	1		18			2		
12:00:00	1	189	13	7	2			2	1	15			18					
12:15:00	4	185	12	8	1	1	2	2		19	2		14					
12:30:00	1	185	15	4	1	3	3			22	4		14					
12:45:00	3	168	14	1	2	3	2			23	2		16					
13:00:00	2	169	14	9	1			1		19	1		15					
13:15:00	3	178	15	9	2	3				28	1		16			3		
13:30:00	4	199	16	8	1	9	1			25	2		16					
13:45:00	5	194	16	7	2	2	1			24	1		9					
14:00:00	3	192	16	5	1	2	4			22	2		11			3		
14:15:00	2	191	13	4	1			5		23	5		11					
14:30:00	2	200	13	3		2	3			21	5		9			2	2	
14:45:00	3	174	13	3	3			5		19	2		15					
15:00:00	1	169	12	1	1			5		19			16			1		
15:15:00	1	184	12	1	3			5		18			8					
15:30:00	1	168	13	1	2			5	1	18			9					
15:45:00	2	165	14	2	1			1		20			9					
16:00:00	4	184	12	2	1			4		17	1		11			1		
16:15:00	5	175	13	2	2	2	5	1		18	2		12			2	2	
16:30:00	3	177	14	1	1	1	4			19	2		14			1		
16:45:00	2	186	15	2	2			2		22			15			1		
17:00:00	1	190	19	19	1	5	2	5		29	2		12					
17:15:00	3	165	12	15	1	3	2	2		25	3		12					
17:30:00	3	188	16	15	1	9				26	3		15					
17:45:00	4	206	17	11	2	2	3			26	5		15					
18:00:00	5	209	18	12	2			12		27	1		18			1	1	
18:15:00	2	198	18	12	3			1		20			18			1		
18:30:00	3	194	19	13	1			3		21	1		16					
18:45:00	4	188	12	9	2			9		19	5		9			1		
19:00:00	9	177	17	5	2			3		18			11			1		
19:15:00	4	169	15	3	3			10		18	2		8					
19:30:00	4	129	16	2	1			10	3	15	3		5					
19:45:00	3	118	17	3	3			5		20			5					
20:00:00	3	125	15	5	3			6		16			6					
20:15:00	2	123	15	6	2			7	2	18	2		7			1		
20:30:00	4	130	14	6	3			7		18	4		8					
20:45:00	4	135	14	7	1			9		17			8					

ANEXO Nro.02

Conteo vehicular en la intersección de la Av. Giraldez y Jr. Omar Yali

INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

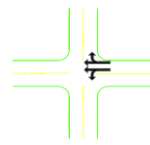
FECHA: 17/08/2018

CARRIL: 2

SENTI ESTE-OESTE

DÍA: VIERNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 10:00:00 a.m.



INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

FECHA: 17/08/2018

CARRIL: 2

SENTI OESTE-ESTE

DÍA: VIERNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 10:00:00 a.m.



INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

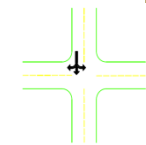
FECHA: 17/08/2018

CARRIL: 1

SENTI NORTE-SUR

DÍA: VIERNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 10:00:00 a.m.



INTERSECCIÓN AV. GIRÁLDEZ-JR. OM

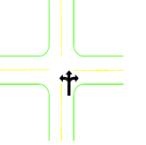
FECHA: 17/08/2018

CARRIL: 1

SENTI SUR-NORTE

DÍA: VIERNES

H. INIC 7:00:00 a.m.
H.FIN 10:00:00 a.m.



HORA	AUTOS			CAMIONETAS			MOTOS			COMBI			COASTER			VEH PESADO RIGIDO		
	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D	I	F	D
07:00:00																		
07:15:00	1	130	15	7			1			18	1		18				1	
07:30:00	1	182	13	5	2		2	1	1	17	2		19					
07:45:00	1	190	13	1	1	1	2	1	1	22	5		19					
08:00:00	3	205	12	2	3	2				11			19	1				
08:15:00	1	187	15	4						12	1		19					
08:30:00	1	200	15	5	3	1				16	4		21			1		
08:45:00	7	196	14	6	3					17	1		22	1	2			
09:00:00	4	225	17	1	4		4			18	2		22			3	1	
09:15:00	1	191	15	12						19			21					
09:30:00	1	189	16	13	2	1	2			2	15		11					
09:45:00	3	195	15	15	1	1				14			12			1		
10:00:00	2	194	16	1	14	1	5			1	19	3	20					
10:15:00	2	187	15	14						20	2		17			1		
10:30:00	3	185	16	15	1					24			17					
10:45:00	4	185	16	13		1	2			21	1		15			2		
11:00:00	4	191	17	12	2					2	23	1	15			3	1	
11:15:00	3	184	16	1	12		1			26	1		16			1		
11:30:00	5	186	15	14			1			20			16			1		
11:45:00	4	191	15	13	1					1	19	2	15					1
12:00:00	5	188	13	1	15		5			21	2		17					
12:15:00	4	189	14	14	2		2			1	26	3	14			2		
12:30:00	5	195	13	13		4				19			15			1		
12:45:00	4	191	14	15	1		5			19			15					
13:00:00	5	188	15	14						23			14					
13:15:00	3	181	15	10	1		2			28	3		13					
13:30:00	4	167	17	11	2	3				33	2		14					
13:45:00	2	200	17	5	1	9	1			27	2		12					
14:00:00	2	187	10	11	2	10	1			24	1		15				1	
14:15:00	1	176	17	7	1		4			20			16					
14:30:00	1	194	16	4	1		12	1		22	1		13				1	
14:45:00	1	181	15	9			3			21			10					
15:00:00	3	176	22	3	3		5			20			12			1		
15:15:00	1	179	14	6	1		1			13			6					
15:30:00	4	169	25	1	3		10	2		21			11			1		
15:45:00	1	127	16	7	2		2	2		17			7			1		
16:00:00	11	134	16	4	1		1			15			5					
16:15:00	6	140	17	8	1		5			18			8					
16:30:00	7	135	16	10	2	4	4			19			9					
16:45:00	7	166	18	12	3		3	1		20			11					
17:00:00	8	179	18	13	2			2		23			10					
17:15:00	4	191	22	18	1		2			28	3		13					
17:30:00	1	158	18	11	2	3				33	2		14					
17:45:00	1	211	17	5	1	9	1			27	2		12					
18:00:00	1	199	10	11	2	10	1			24	1		15				1	
18:15:00	2	215	17	7	1		4			20			16					
18:30:00	1	205	16	4	1		12	1		22	1		13				1	
18:45:00	4	171	15	9			3			21			10					
19:00:00	3	168	22	3	3		5			20			12			1		
19:15:00	6	177	14	6	1		1			13			6					
19:30:00	4	182	25	1	3		10	2		21			11			1		
19:45:00	4	133	16	7	2		2	2		17			7					
20:00:00	11	114	16	4	1		1			15			5					
20:15:00	10	120	17	5	2		2			16			6					
20:30:00	8	119	17	4	1	5	5			17	1		8			1		
20:45:00	9	125	17	5	2	2	3	1		14			8					
21:00:00	8	127	17	4	1		3			15			6					

ANEXO Nro.03

Bloqueos producidos por el transporte público



Figura 18. Bloque de un auto colectivo en la Av. Giráldez y Jr. Omar Yali.



Figura 19. Bloqueo de una combi en la Av. Paseo la Breña y Jr. Arequipa



Figura 20. Bloqueo de un coaster en la Av. Giráldez y Jr. Ancash