

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD E IMPACTO DEL TRÁNSITO EN
EL ÓVALO URETA UBICADO EN LA CIUDAD DE CHICLAYO –LAMBAYEQUE**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

**Ivan Joel Peredo Rodríguez
Adam Gilmar Panduro Agrada**

ASESOR:

Félix Israel Cabrera Vega

Lima, Agosto de 2023

Informe de Similitud

Yo,Félix Israel Cabrera Vega,
docente de la Facultad deCiencias e Ingeniería de la Pontificia
Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada
“Análisis de la Accesibilidad e Impacto del Tránsito en el Óvalo Ureta Ubicado en la Ciudad de
Chiclayo – Lambayeque”,
de los autores,
..... Ivan Joel Peredo Rodríguezy.....,
.....Adam Gilmar Panduro Agrada.....,
dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 10%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 05/08/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: ...Lima, 05 de agosto de 2023.....

Apellidos y nombres del asesor: <u>Cabrera Vega, Félix Israel</u>	
DNI: 22309049	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1917-9840	

RESUMEN

La ciudad de Chiclayo se ha visto envuelta por problemas de distinta índole que han afectado su desarrollo; sin embargo, es el sector de transporte donde particularmente tienen una deuda pendiente con la sociedad. El presente proyecto de investigación se caracteriza por tener un enfoque mixto; basada en una parte cualitativa y cuantitativa, el cual está orientado a estudiar los patrones de comportamiento y su interacción con el entorno, así como la estimación de los parámetros indicadores del tránsito vehicular y peatonal y obtener la percepción de la gente a cerca de la movilidad. Por lo que, en base a toda la información adquirida se busca plantear propuestas de solución que conlleven a la mejora de la situación actual.

En la metodología utilizada para esta investigación mixta se hizo uso en la parte cualitativa del método Design Thinking, el cual viene siendo aplicado en los últimos años con el fin de afiatar las preguntas a realizar en las encuestas y obtener resultados que sean los más convenientes para el trabajo realizado. Por otro lado, para la parte cuantitativa se hará uso del programa VISSIM para realizar la micro simulación de lo que actualmente se observa en el área de estudio, posteriormente a ello, tomando en cuenta las opiniones de las personas encuestadas, se presentaron las posibles soluciones que pueden satisfacer las necesidades del público.

En cuanto al análisis de los resultados se muestra que dentro de las conclusiones y recomendaciones del público en general existe una mayor tendencia a que se implementen semáforos, cruces peatonales y paraderos autorizados. Además, se comprueba que la calidad tanto peatonal como vehicular resultó deficiente.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Quiero dedicar esta tesis a mis padres don Fausto Peredo Silva y doña Ana Bertha Rodríguez Gonzales por siempre ser mi motor para seguir adelante, enseñarme el valor de la perseverancia y que todo siempre es posible con esfuerzo.

A MI HERMANA

Betsy Sanny Peredo Rodríguez agradeciéndole siempre por su paciencia y su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, los cuales me han ayudado a continuar en este camino hacia mi meta.

A MI FAMILIA

Dedicarle también este trabajo a mis tíos y tías, por parte de mi padre: Carlos, Antero, Narcisa Peredo Silva; por parte de mi madre: Maritza, Angelica, Cristina, Rosario Rodríguez Gonzales; a mis abuelos: José Rodríguez Incio, Ricardina Gonzales Gallegos de Rodríguez, Pablo Peredo Ramos, Orfelinda Silva Campos de Peredo; a mis tíos políticos: Bernardino

Retamozo Cuellar, Víctor Zegarra, José Ronda, Godofredo Carrillo; a mis primos: Margot, Pedro y Rocío Carrillo Peredo, Luis Miguel y Katherine Retamozo Rodríguez, Karol, Yamily y Angie Ronda Rodríguez, Leandro, Alejandra, Víctor Zegarra Rodríguez, a mi ahijada: Alessia Jarely Abigail Lezama Rodríguez por siempre estar apoyándome durante mis estudios tanto presencial como espiritualmente.

Ivan Joel Peredo Rodríguez



DEDICATORIA

A MIS PADRES

Quiero dedicar esta tesis a mi padre y madre, quienes admiro y amo profundamente, por ser mi principal motivo de superación e impulso para lograr mis objetivos, por su sacrificio y apoyo incondicional en este trayecto de aprendizaje.

A MI FAMILIA

A mis hermanas, tíos y primos, que me acompañaron en esta etapa importante y por sus mensajes de aliento que me brindaron constantemente

Adam Panduro Agrada

AGRADECIMIENTOS

A NUESTRO ASESOR:

Agradecer al ingeniero Félix Israel Cabrera Vega por brindarnos siempre parte de sus conocimientos, su tiempo y ayuda desinteresada para continuar con nuestro trabajo sin rendirnos y alcanzar nuestra meta profesional.

A NUESTROS COMPAÑEROS:

Jhayr Giraldo, Luis Ángel Calderón, Kevin García, Cesar Anaya, Diego Ramos y Jorge Ruitón por su ayuda en nuestra toma de datos para el presente trabajo y su amistad incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiv
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo General	1
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Alcances y limitaciones.....	3
CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Conceptos y terminología.....	6
2.2.1 Espacio público, congestión vehicular, accesibilidad universal y percepción sobre el tema de movilidad.....	6
2.2.2 Permeabilidad peatonal.....	9
2.2.3 Factores determinantes de la calidad peatonal	10
2.2.4 La rotonda.....	12
2.2.4.1 Diseño geométrico.....	13

2.2.4.2 Accesibilidad en rotondas	15
2.2.5 Elementos básicos del tránsito	16
2.2.5.1 Peatón.....	16
2.2.6 Modelos de simulación de tránsito.....	17
2.2.6.1 Macroscópico.....	17
2.2.6.2 Mesoscópicos.....	18
2.2.6.3 Microscópicos	18
2.2.7 Micro simulación peatonal y vehicular	18
2.2.7.1 Número de Semillas.....	18
2.2.7.2 Número de corridas.....	19
2.2.7.3 Tiempo de estabilidad.....	19
2.2.7.4 Velocidad de simulación.....	19
2.2.7.5 Modelo de seguimiento vehicular.....	20
2.2.8 Softwares de simulación: Modelo de microsimulación Vissim y Viswalk.....	20
2.2.9 Design Thinking	21
2.2.10 Learn startup.....	25
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	28
3.1 Enfoque Cualitativo: Design Thinking y Learn Starup.....	29
3.1.1 Comprensión	29
3.1.2 Observación.....	34

3.1.3 Definición del punto de vista	36
3.1.4 Formación de ideas.....	37
3.1.5 Construcción de prototipos.....	37
3.1.6 Prueba del Prototipo	39
3.2 Enfoque Cuantitativo.....	41
3.2.1 Recolección y procesamiento de datos	42
3.2.2 Desarrollo del modelo	45
3.2.3 Verificación de errores	50
3.2.4 Calibración del modelo	51
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	52
4.1 Aplicación del Design Thinking y Learn Startup	52
4.1.1 De la aplicación de encuestas:.....	53
4.2 Aplicación del VISSIM y VISWALK	61
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1 Conclusiones	81
5.2 Recomendaciones	83
REFERENCIAS.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del óvalo Ureta - Ciudad de Chiclayo	4
Figura 2. Análisis de Permeabilidad	10
Figura 3. Aspectos condicionantes en la movilidad peatonal	12
Figura 4. Componentes de una rotonda	13
Figura 5. Representación esquemática de los regímenes.....	20
Figura 6. El proceso del Design Thinking	24
Figura 7. El método Lean Startup.....	25
Figura 8. Entrevista a una joven	28
Figura 9. Entrevista a adulto	32
Figura 10. Entrevista a una señora de tercera edad.....	32
Figura 11. Personas transitando en la pista del óvalo	35
Figura 12. Observación flotante y conteo de personas realizada en la zona.....	36
Figura 13. Lugar desinado para realizar encuestas (Open Plaza)	37
Figura 14. Imágenes de la zona de estudio	43
Figura 15. Ubicación de la zona en estudio	46
Figura 16. Rutas a partir de la Av. Garcilaso De La Vega	48
Figura 17. Número de recorridos evaluados	49
<i>Figura 18.</i> Tipo de personas que transitan alrededor del centro comercial.....	52
<i>Figura 19.</i> Frecuencia de tránsito por la zona	54
<i>Figura 20.</i> Lugar de destino cerca de la zona.....	55
<i>Figura 21.</i> Medio de transporte utilizado por personas en la zona.....	55

Figura 22. Calificación del tráfico vehicular	56
Figura 23. Encuentro con alguna persona conocida (amigo o familiar) en porcentaje	57
Figura 24. Permanencia en la zona para entablar una conversación	58
Figura 25. Razones por las que visita la zona	58
Figura 26. Inseguridad por eventos irregulares	59
Figura 27. Propuestas de solución	60
Figura 28. Formación de colas por mala disposición	61
Figura 29. Cruce de peatones por el óvalo	62
Figura 30. Cruce de peatones por el óvalo en VISSIM	63
Figura 31. Cola de vehículos a lo largo de la Av. Garcilaso De La Vega	63
Figura 32. Modelo de cola de vehículos en la Av. Garcilaso De La Vega en VISSIM	64
Figura 33. Distribución de velocidades deseadas para los vehículos (Km/h)	66
Figura 34. Distribución de velocidades deseadas para los peatones (Km/h)	67
Figura 35. Prueba de aleatoriedad de velocidad para vehículos	69
Figura 36. Prueba de aleatoriedad de velocidades para peatones	69
Figura 37. Esquema de fase 1	72
Figura 38. Esquema de fase 2	72
Figura 39. Esquema de fase 3	72
Figura 40. Esquema de fase 4	73
Figura 41. Gráfica de ciclo de semáforo por ciclo	74
Figura 42. Esquema de fase 1	75
Figura 43. Esquema de fase 2	76
Figura 44. Ciclo y tiempo de semáforos	78

Figura 45. Vista en plata del óvalo con las modificaciones79

Figura 46. Vista en 3D del óvalo modificado79

Figura 47. Vista de los Giros en “U”80

Figura 48. Representación del nuevo modelo (con semáforos) para vehículos.....80



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los peatones	17
Tabla 2. Esquema de investigación mixta.....	28
Tabla 3. Conteo de personas que transitan por el centro comercial según género	33
Tabla 4. Conteo de personas según la edad	34
Tabla 5. Esquema de algunas preguntas propuestas	39
Tabla 6. Esquema de separación de respuestas.....	40
Tabla 7. Preguntas seleccionadas para la encuesta	40
Tabla 8. Conteo manual de vehículos	44
Tabla 9. Matriz de Origen - Destino para autos	45
Tabla 10. Aforo peatonal del recorrido 1	49
Tabla 11. <i>Aforo peatonal del recorrido 2</i>	49
Tabla 12. Aforo peatonal del recorrido 3.....	50
<i>Tabla 13. Aforo peatonal del recorrido 4</i>	50
Tabla 14. Tabla de velocidades para vehículos y peatones correspondientes	65
Tabla 15. <i>Cuadro de frecuencias de velocidades para los vehículos (Km/h)</i>	65
Tabla 16. <i>Cuadro de frecuencias de velocidades para los peatones (Km/h)</i>	66
Tabla 17. <i>Parámetros de control de semáforos N°1</i>	73
Tabla 18. <i>Estimación del tiempo del semáforo según la fase</i>	74
Tabla 19. <i>Parámetros de control de semáforos N°2</i>	77
Tabla 20. <i>Estimación del tiempo del semáforo según la fase</i>	78

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Actualmente, la ciudad de Chiclayo está obteniendo un gran avance en cuanto a modernización. Sin embargo, estos avances tienen un costo de oportunidad dado la presencia de ciertos factores que perjudican a la ciudad, tales como: el crecimiento acelerado del parque automotor, la implementación de nuevos carriles inconclusos por el gobierno a cargo, y que la autoridad posterior no asume, el alto índice de accidentes y la inexistente capacidad de los gobiernos locales de turno para poner en marcha acciones de implementación de las políticas públicas ya existentes en materia de urbanismo y mejoramiento de las ciudades que incluyan temas de movilidad en general. Los cuales pueden desencadenar consecuencias desfavorables que se podrían prevenir a través de un diagnóstico claro sobre la problemática del transporte público urbano, que conduzca a generar soluciones adecuadas a la realidad de esta ciudad.

Una de las áreas en la cual se manifiestan constantemente los problemas antes mencionados es el óvalo Ureta, lugar en el cual estará centrada la presente investigación, para ello se realizará un análisis microscópico, que permitirá crear un modelo a escala de la zona y servirá para evaluar las propuestas de mejora; asimismo, se llevarán a cabo entrevistas de opinión a la población para tener en cuenta los problemas que aquejan en la zona y adecuarlos a nuestras propuestas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Estudiar el efecto del flujo vehicular en el área de estudio, los patrones de comportamiento de los peatones, así como su interacción con el espacio público.

1.1.2 Objetivos Específicos

Determinar las características del tráfico vehicular y peatonal en la zona de estudio; así como plantear algunas propuestas de solución para mejorar los desplazamientos vehiculares y brindar seguridad a las personas que transitan por ella. Finalmente, explorar la percepción del público acerca del tema de movilidad.

1.2 Hipótesis

La circulación peatonal y vehicular, en los alrededores del lugar de estudio, presenta serios problemas que impiden el derecho a la seguridad y movilidad. Además, dentro de las mejoras que se proponen, se tiene como un punto importante que la implementación y modificación de los componentes que integran el espacio público, tales como semáforos, pasos peatonales, señales de tránsito, resulten más eficientes y económicos que la necesidad de rediseñar la infraestructura de la zona, como lo son la construcción de puentes peatonales o reducción del óvalo. Finalmente, las personas se inclinan más por medidas de gestión de tránsito vehicular en lugar de un cambio en la infraestructura.

1.3 Justificación

La presente investigación busca proporcionar posibles soluciones al problema de congestionamiento vehicular y peatonal que impide el tránsito normal hacia los diversos distritos que se conectan con el óvalo. Con la aplicación de dichas medidas se mejoraría el flujo de tránsito, lo que permitiría la disminución de accidentes de tránsito e inseguridad ciudadana, debido a que los embotellamientos detienen al transporte público y por ende se llevan a cabo robos al paso, los cuales día a día enfrenta la población que circula la zona; así también, se podrá observar una mejora en los horarios de llegada de los estudiantes y trabajadores que diariamente utilizan el transporte público. De no tomar las acciones

pertinentes, el aumento progresivo de la demanda peatonal y vehicular generará un incremento en los posibles accidentes y seguirá afectando de forma negativa el ritmo de vida de la población.

1.4 Alcances y limitaciones

El espacio público en el cual se desarrolló el trabajo de investigación fue el óvalo Ureta, que se conecta a la avenida Víctor Raúl Haya de la Torre, así como a la primera cuadra de la avenida Sáenz Peña, la cual interseca con la prolongación Bolognesi, que es una de las avenidas principales; asimismo, conecta con la avenida Garcilaso de la Vega y su prolongación. Dichas avenidas se ubican en la ciudad de Chiclayo provincia de Lambayeque, a 27 m.s.n.m al Norte de Lima, presenta un clima característico de la costa norte, teniendo en verano temperaturas que llegan a superar los 32°C y en invierno desciende a 16°C, dando aproximadamente una temperatura promedio anual de 22,3°C.

La recolección de datos se realizó en los meses del primer trimestre del año 2019, época de verano y por lo general existe mayor transitabilidad de personas y vehículos que circulan los alrededores del óvalo en estas fechas, debido a que se ha vuelto muy concurrido por la presencia de negocios y centros comerciales cercanos. Asimismo, en esta recolección se tuvo en cuenta la interacción con el público basados en la teoría del Design thinking, la misma que basa para el diseño de las calles en beneficio del peatón. Para el análisis de micro simulación se hizo uso de los programas Vissim 8 y Viswalk 8, con la finalidad de obtener una visión microscópica del área de trabajo, para posteriormente brindar las propuestas de solución.

Cabe resaltar que el trabajo realizado se encuentra limitado a la mejora del tránsito peatonal y vehicular en la zona del ovalo, tales como la implementación de señales de tránsito,

ampliación o reducción del óvalo o la construcción de puentes peatonales, verificando siempre que la propuesta elegida sea la más eficiente y económica; asimismo, las propuestas planteadas podrán ser de utilidad para todos aquellos proyectos que tengan como problemática el tránsito vehicular y peatonal en óvalos con las mismas características presentadas en este proyecto.

El tamaño de la muestra está dirigido hacia las personas jóvenes, adulto mayor y de tercera edad, asimismo el acceso de información de la región que dispone el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) no fue completa; se presentó otro inconveniente con la videograbación del flujo vehicular y peatonal dado a que no se encontró una posición desde un punto más alto que brindara una vista panorámica del óvalo y sus alrededores para cumplir el objetivo.



Figura 1. Ubicación del óvalo Ureta - Ciudad de Chiclayo

Fuente. La imagen fue obtenida de Google Earth (2019)

CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes

Durante las últimas décadas se ha experimentado un incremento del parque automotor a nivel mundial, predominando siempre en los países industrializados. Según el informe técnico número 3 del INEI, en marzo de 2018 se evidenció un incremento de 4.1% respecto al año anterior sobre la circulación de vehículos por unidades de peaje (INEI, 2018). El Perú es un país compuesto de ciudades que debido a la dinámica de desarrollo presentan un crecimiento poblacional representando un reto para la planificación territorial, tratando de hacer uso del suelo tomando en cuenta su potencial, por ello la geografía y la caracterización de las actividades económicas principales es relevante. Entre los problemas públicos con mayor impacto en el bienestar general, tomando en cuenta el enfoque de desarrollo es que las ciudades en el Perú carecen de un adecuado sistema de transporte que garantice el desplazamiento de la población con rapidez y seguridad, por ello esta es una problemática que se ha convertido en un común denominador en la mayoría de ciudades de nuestro país (CIES, 2016).

En la ciudad de Chiclayo del departamento de Lambayeque, que conforma el ámbito de estudio de la investigación, se apreció un aumento en el índice de desplazamiento vehicular de transporte ligero durante el mes de abril de 2017 a marzo de 2018, estos hechos se evidenciaron y se relacionaron como efectos del fenómeno del Niño Costero del 2017 (INEI, 2018). Esto muestra una idea de cómo va en aumento el congestionamiento vehicular, el cual se ha convertido en un problema que afecta las calles de la ciudad, debido a que existe una falta de estrategias y concientización en la población, las cuales son consecuencias de la informalidad, el inexistente mantenimiento de vías, y la deficiente y casi nula educación

vial, etc. (Incio, 2014).

Ante dicha situación, las entidades y autoridades responsables deberían alinear sus actividades e inversiones hacia el cumplimiento de las políticas vigentes en materia de transitabilidad y mejoras del transporte público, siendo necesario intervenir en mejorar las condiciones de la prestación del servicio de transitabilidad vehicular mediante la construcción de carreteras adecuadas para cada zona considerando las condiciones climáticas, así mismo mejorando la transitabilidad peatonal, aunque se debe tener en cuenta que dichas intervenciones de inversión mitigan parcialmente el problema, necesitándose medidas de mediano y largo plazo que solucionen en su totalidad el problema ya que no se toma en cuenta la complejidad sistémica del problema (Murga, 2005).

2.2 Conceptos y terminología

2.2.1 Espacio público, congestión vehicular, accesibilidad universal y percepción sobre el tema de movilidad

▪ Espacio público

El espacio público es un lugar de uso colectivo que tiene aspectos funcionales como un elemento ordenador de los componentes construidos en su entorno, además articula las diferentes partes de la ciudad de manera que representa una base donde los distintos actores se relacionan y pueden concebir su ciudadanía a través de un conjunto de actividades, funciones o servicios como los sistemas de transporte, áreas comerciales, plazas, monumentos y lugares de encuentro social (Borja, 2003).

También se puede indicar, que el espacio público es un elemento importante para el desarrollo de la vida social de los ciudadanos dado que permite la conectividad y el fortalecimiento de la identidad cultural, que en esencia son la naturaleza de la ciudad. Desde

una óptica normativa o legal, los ciudadanos tienen derecho al disfrute de los espacios públicos sin distinción (Segovia, 2007); los espacios públicos favorecen al desarrollo de las relaciones sociales (Borja, 2003).

- **Congestión vehicular**

“La congestión del tráfico refleja las condiciones de velocidades de conducción más bajas, tiempos de viaje más largos, y/o volúmenes de tráfico pesado y crea impactos negativos en la calidad de vida y recursos energéticos limitados” (Jungwook, 2009). Con el transcurso de los años se ha manifestado un incremento desmedido del mismo alrededor del planeta, si considerar o discriminar por el nivel o grado de desarrollo del país, y todo apunta a que este problema seguirá agravándose convirtiéndose en un peligro sobre la vida humana (Bull, 2003). Según investigaciones realizadas, el problema del transporte en nuestra ciudad es complejo y atenta contra nuestra salud mental, generando problemas como: ansiedad, enojo, frustración, miedo, los cuales a su vez también pueden vincular a enfermedades físicas como hipertensión arterial, asma, entre otros (Dora et al, 2011).

Por lo general, esta situación se presenta en las denominadas horas punta, en las cuales la mayoría de personas se transportan hacia sus destinos, por esta razón se debe tener un control con el fin de combatir este problema lo cual involucra en primer lugar identificar los costos inmersos ocasionados por este problema, de esta forma se cuantifican dichos costos y se determina cuales deben ser asumidos por entidades estatales responsables de la prestación del servicio, y sobre los otros costos son asumidos por los ciudadanos que se desplaza en vehículos privados (Bull, 2003).

- **Accesibilidad universal**

Hoy en día, la palabra universal ha adquirido gran importancia al ser asociado con la idea de

accesibilidad. Este término hace referencia a un concepto integral que alude a la accesibilidad, donde se establece una relación entre las directrices para disminuir las barreras y garantizar la accesibilidad para todos.

Para garantizar la accesibilidad, es necesario lograr que los ciudadanos se involucren en los procesos de planeamiento, evidenciando sus necesidades reales, de tal forma que tengan mismas oportunidades (Alonso, 2007).

En otras palabras, se puede expresar como la condición esencial que un entorno urbano, edificación, medio de comunicación, producto o servicio debe disponer con el propósito de que todas las personas involucradas, incluso aquellas con diferentes capacidades motrices o sensoriales, puedan utilizarlo plenamente garantizando el cumplimiento de ciertas condiciones como comodidad, seguridad, igualdad y autonomía (Prett, 2014).

▪ **Percepción sobre la movilidad**

Uno de los temas que ha captado mayor interés por parte del público y las instituciones es la movilidad urbana. Parte de los estudios se ha enfocado en el análisis de movilidad eficiente, calidad de medio ambiente y propuestas para mejorar los sistemas de movilidad urbana. En ese sentido, la percepción de la ciudadanía permite identificar las principales dificultades a solucionar frente a la movilidad urbana, para así tener en cuenta las medidas correctivas propuestas por los ciudadanos y ser empleados como argumentos justificados para posteriores participaciones que permitan el tránsito fluido, la efectividad del sistema de transporte público, las alternativas de movilidad y la educación vial (Chará, 2017).

A medida que transcurren los años, la situación se ha tornado más delicado debido a la falta de acción e indiferencia por las autoridades. Como consecuencia, las quejas de ciertos

grupos de personas no tardaron en llegar, principalmente los residentes de la zona, por la percepción de los problemas asociados a la movilidad.

2.2.2 Permeabilidad peatonal

La permeabilidad peatonal comprende diferentes conceptos que dependen del lugar en estudio y la perspectiva del análisis. Por un lado, se refiere a la facilidad que una persona dispone para desplazarse en un ambiente, lo cual depende principalmente de los caminos y objetos que pertenecen al espacio urbano; asimismo, elimina los obstáculos y barreras que impiden la mejora del ámbito urbano (Argueta, 2017). Por otro lado, se define como la condición que un área urbana permite el desplazamiento de los peatones, ya sea caminando o utilizando la bicicleta entre dos posiciones (NTA, 2015). El criterio de análisis toma en consideración 5 aspectos básicos de permeabilidad, para las cuales se han establecido tres rangos de calificación: alta, media y baja (Vitoria-Gasteiz, 2007).

En primer lugar, la continuidad se refiere al trazado del recorrido y la manera en que se lleva a cabo el cruce. Se debe garantizar la seguridad del peatón y la ruta más directa que comunique dos puntos opuestos de la vía. En segundo lugar, la conexión se define como la existencia o falta de conexión entre dos lados opuestos de una intersección a lo largo del recorrido del eje peatonal o de bicicleta. En caso de cruces con autopistas, carreteras, o avenidas de gran circulación puede resultar desfavorable. En tercer lugar, el tipo de conexión se determina mediante la coexistencia de ciertos elementos reguladores de tráfico (semáforos) con la red de tránsito. Asimismo, la accesibilidad para personas con movilidad reducida se entiende como las condiciones físicas que ofrece un cruce para la circulación de personas que padecen de alguna discapacidad. Por último, la seguridad debe asegurar el

cumplimiento dos aspectos fundamentalmente: la iluminación y la actividad en el lugar por las noches.

Análisis de Permeabilidad Peatonal			
CONTINUIDAD		Alta	El cruce para pasar de un lado a otro es directo y corto.
		Moderada	El cruce no es directo sin embargo cuenta con pasos peatonales.
		Baja	Existen barreras arquitectónicas que impiden pasar de un lado a otro y/o no es posible pasar sin realizar un largo recorrido.
CONEXIÓN		Alta	Existe más de un paso para poder cruzar.
		Moderada	Existe un paso único para cruzar.
		Baja	No existen pasos de conexión para el peatón
TIPO DE CONEXIÓN		Buena	La conexión está regulada por semáforo con tiempo suficiente para cruzar desde 3 km/h
			La conexión se realiza a través de un paso elevado o inferior.
			Calle para peatones o carril bici segregado (ramblas, calles residenciales..)
		Regular	La conexión está regulada por semáforo con tiempo insuficiente para cruzar a 3 km/h
		Insuficiente	Pasos cebra con semáforos intermitentes o sin conexión alguna.
ACCESIBILIDAD PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA Y BICICLETA		Alta	Cruces sin desniveles ni pendientes fuertes. Aceras rebajadas, rampas accesibles, escaleras mecánicas o ascensores. Con divisores centrales que facilitan el cruce.
		Moderada	Pendiente moderada (7% - 8%). Con divisores centrales que facilitan el cruce para el peatón. Pendiente moderada (4% - 8%). Con divisores centrales que facilitan el cruce para la bicicleta.
		Baja	Fuerte pendiente (> 8%), escaleras o aceras no rebajadas. No hay divisores centrales que faciliten el cruce.
SEGURIDAD		Alta	Buena iluminación durante la noche. Existe una actividad alta.
		Moderada	Alta o media iluminación toda la noche. Actividad económica baja.
		Baja	Sin iluminación y/o actividad económica muy baja.

Figura 2. Análisis de Permeabilidad

Fuente: Vitoria-Gasteiz (2007)

2.2.3 Factores determinantes de la calidad peatonal

Las valoraciones de la calidad del peatón se basan en varios aspectos agrupados en bloques: accesibilidad, seguridad, comodidad y atractivo. Así, cuando se cumplen estas condiciones, la calidad del entorno peatonal es óptima para el movimiento peatonal y tiene un impacto

significativo en el nivel de servicio peatonal en los espacios urbanos (Talavera, 2012).

En primer lugar, la accesibilidad como aspecto importante y elemento organizativo tiene características físicas que se refieren a los componentes más importantes relacionados con la existencia de infraestructura peatonal, tales como pendientes, anchos y materiales utilizados en la construcción. Cierta evidencia indica una relación entre el tamaño de la acera y la velocidad de los peatones. Por ejemplo, si la acera tiene menos de 2 metros de ancho, frenar o bloquear la calzada puede dificultar el encuentro con los peatones.

En segundo lugar, la seguridad es la siguiente prioridad en el movimiento de peatones. Este aspecto se introduce en la planificación urbana a través de la aplicación de diversas medidas encaminadas a reducir las brechas conflictivas entre modos de transporte. Estos incluyen, entre otros, silenciar el tráfico, reducir velocidades o compartir el medio ambiente, con efectos positivos en la fuerza y diversidad de las funciones urbanas (Sanz, 2008).

En tercer lugar, el confort en los aspectos mencionados anteriormente es un determinante de la movilidad peatonal, y su evaluación puede acarrear mayores dificultades en diferentes aspectos. Los análisis de la comodidad como determinante de la locomoción peatonal se pueden categorizar en tres tipos: física, psicológica y fisiológica (Sarkar, 2003). Y en general, en cada uno de ellos es posible distinguir entre un gran número de variables relacionadas con el confort y contrastar con todas las variables climáticas.

Finalmente, se encuentra la atracción que está orientado a la presencia de los paisajes urbanos que forman parte de recorridos atractivos para las personas que transitan por la zona. Desde este punto de vista, las personas que se desplazan a pie juegan un papel trascendental. Debido a que su movilidad permite sólidas interacciones entre las personas, también forman parte del acontecer comercial y cultural de las calles. El uso comercial en particular está

diseñado para atraer espectadores que interactúan con otros dentro de la instalación. Además, existe una buena relación entre el diseño de calles y el uso comercial, y la cooperación entre varias instituciones facilita el comercio y lo hace aún más atractivo. Por ello, una calle comercial con una variada oferta de productos es fundamental para atraer al gran público.

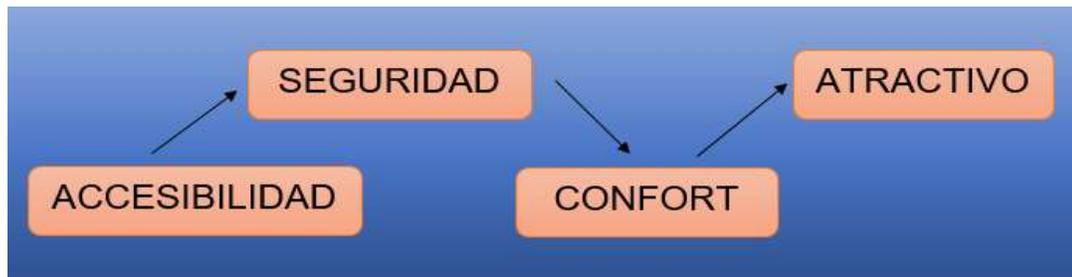


Figura 3. Aspectos condicionantes en la movilidad peatonal

Fuente: Adaptado de Talavera (2012)

2.2.4 La rotonda

Una rotonda, conocida también como óvalo o glorieta, es un tipo de intersección donde todas las vías que concurren en ella están conectadas entre sí mediante un anillo que obliga a los vehículos circular en una sola dirección alrededor de su centro. Hoy en día, las rotondas se están volviendo más populares en base a las múltiples ventajas de seguridad, operación y estética; además cuenta con características específicas de diseño y control de tráfico, las cuales incluyen el control del rendimiento del flujo vehicular entrante, los accesos canalizados y la curvatura geométrica, así como características que permiten inducir velocidades vehiculares deseables (NCHRP 672,2010).

A continuación, se muestra una imagen con los elementos básicos que conforman una rotonda:

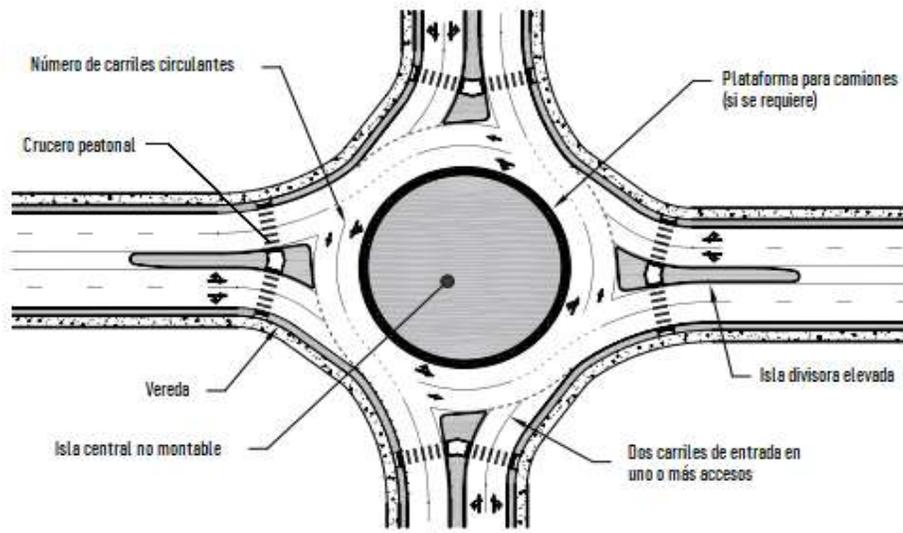


Figura 4. Componentes de una rotonda

Fuente: Adaptado de NCHRP 672 (2010)

2.2.4.1 Diseño geométrico

Las rotondas funcionan de manera eficiente cuando su geometría permite que el tráfico ingrese y circule a bajas velocidades. Sin embargo, las rotondas mal formadas afectan la selección de carriles y el comportamiento del conductor en las rotondas, lo que afecta las maniobras en las rotondas. La mayoría de los parámetros geométricos están determinados por las características de conducción del vehículo de diseño. Por lo tanto, el diseño de rotondas es el proceso de determinar el equilibrio óptimo entre las normas de seguridad, el rendimiento operativo y el diseño de contención del vehículo (NCHRP 672,2010).

Para lograr un diseño correcto, es necesario tener en observación ciertas consideraciones como el control de la velocidad, disposición de los carriles, alineación apropiada del trayecto, vehículo de diseño, usuarios no motorizados y distancia de visión y visibilidad (NCHRP 672,2010). A continuación, se explica cada una de ellas:

- **Control de velocidad**

Este es un punto importante en términos de lograr una velocidad adecuada al entrar y salir de las rotondas, ya que tiene un impacto significativo en la seguridad de todos los usuarios. También tiene un efecto positivo en el acceso a las rotondas y la comodidad de los peatones y ciclistas. Una rotonda bien diseñada requiere que los vehículos circulen por las curvas y atraviesen la rotonda, reduciendo así la velocidad del vehículo al entrar y manteniendo una velocidad relativa uniforme entre las velocidades del tráfico en conflicto.

- **Disposición de los carriles**

El recorrido permitido asignado a cada carril de aproximación es clave para controlar el diseño general. En algunos casos, las rotondas diseñadas para acomodar el tráfico en el año de diseño, que generalmente se estima dentro de 20 años, tienen los siguientes resultados: Esto abarca una gran cantidad de carriles de entrada, salida y carriles, y puede considerarse más alto que el número de carriles realmente requerido en ese momento del día. operación a corto plazo.

- **Alineación apropiada del trayecto**

El curso natural de cada carril no debe ser obstruido por otros carriles. De lo contrario, la rotonda no funcionará de manera segura y eficiente. El radio de salida también afecta el curso de cada carril. Una salida bien diseñada mantiene al vehículo en su propio carril.

- **Vehículo de diseño**

Otro factor importante en el diseño de rotondas es el uso del vehículo más grande. En base a esto, se determinan las dimensiones de la rotonda. La selección del vehículo de diseño depende del tipo de carretera utilizada y de las características del uso del suelo circundante.

- **Usuarios no motorizados**

Hay dos problemas de diseño comunes asociados con los usuarios no motorizados (peatones, ciclistas, patinadores y usuarios de sillas de ruedas). Primero, la baja velocidad de los autos hace que las rotondas sean seguras y fáciles de usar. Por lo tanto, se recomiendan velocidades de diseño más bajas en áreas donde los peatones y ciclistas transitan con frecuencia. Finalmente, las rotondas de un solo carril son más fáciles y seguras que las rotondas de varios carriles para usuarios que no usan vehículos. Por lo tanto, se debe tener cuidado de no diseñar una rotonda de varios carriles cuando una rotonda de un solo carril sería suficiente.

- **Distancia de visión y visibilidad**

Se requieren dos tipos de distancias de observación: distancia de observación del freno y distancia de observación de la intersección. Por un lado, hay que analizar la visibilidad en frenada para asegurar una visibilidad discreta al entrar, circular y salir del óvalo. Por otro lado, en cada rotonda, se debe verificar la línea de visión hacia la intersección para garantizar que los conductores tengan suficiente distancia para reconocer y reaccionar ante la presencia de vehículos, peatones y ciclistas.

2.2.4.2 Accesibilidad en rotondas

La zona de estudio, en particular carece de elementos de señalización que dificultan el libre y seguro desplazamiento de los peatones. Las rotondas que cuentan con un carril se distinguen por representar una problemática de menor grado. En este tipo, la accesibilidad está vinculada a velocidades bajas del vehículo en los cruces, predisposición de la mayoría de los conductores dar paso a los peatones, advertencias perceptibles instaladas de forma correcta, entrenamiento de orientación y movilidad personalizado para rotondas:

geometría, patrones de tráfico, entre otras (NCHRP 674,2010).

Sin embargo, aumentar el número de carriles dificulta aún más el cruce para los peatones y puede imposibilitar el cruce para los peatones con problemas de visión. En tales situaciones, las señales de cruce de peatones son uno de los medios posibles para que el desempeño del conductor sea más consistente y para que todos los peatones, especialmente aquellos con discapacidades visuales, sean conscientes de que pueden cruzar con seguridad.

2.2.5 Elementos básicos del tránsito

2.2.5.1 Peatón

Los peatones son las personas que se desplazan a pie y utilizan una zona de la vía, ya sea esta en un área urbana o rural. También son considerados peatones aquellos que empujan otros vehículos sin motor de pequeñas dimensiones o personas las cuales se desplacen en sillas de ruedas con o sin motor (DGTE y MIE, 2014). Asimismo, forman parte de uno de los componentes de mayor importancia tanto en el tránsito y la seguridad vial, así como también representan los elementos más vulnerables o frágiles en esta situación vial (Kisters y Montes, 2010).

Se pueden clasificar según sus propiedades de desplazamiento y los límites que presentan. Los peatones se dividen así en tres categorías: a pie, sobre ruedas pequeñas y con movilidad reducida (LTNZ, 2006).

Tabla 1. *Clasificación de los peatones*

Tipo de peatón	Subgrupo
A pie	Peatón común Corredor Peatón adulto Peatón joven Peatón con discapacidad Peatón anciano Peatón con perro guía Peatón con discapacidad sensorial Peatón con bastón
En ruedas pequeñas	Patines en línea Patines de ruedas Skateboards Peatón con coche de niño
Con movilidad reducida	Scooter de movilidad Silla de ruedas (manual) Silla de ruedas (eléctrica) Peatón con andador

Fuente: Adaptado de LTNZ (2006)

2.2.6 Modelos de simulación de tránsito

La existencia de modelos matemáticos capaces de evaluar el estudio de fenómenos a partir de características generales del sistema es un requerimiento fundamental para el análisis del área en estudio. Para ello, existen distintos enfoques para la simulación del tráfico que se pueden dividir en tres grandes ramas:

2.2.6.1 Macroscópico

Es una herramienta para simular el comportamiento del transporte público y privado en redes de tráfico vehicular a nivel macroscópico. Un enfoque analítico utiliza valores promedio de velocidad, tiempo de viaje, caudal y densidad (Valladares, 2016). Por lo tanto, este modelo es adecuado para su uso en análisis a gran escala, como los estudios de planificación del

transporte urbano. La variable examinada es la variable media. Por ejemplo, observamos que la velocidad media de un vehículo en un momento dado es de 20 km/h. Observar que la velocidad de un vehículo en particular en ese momento era de 20 km/h no lo detiene. Se ha observado que describir modelos macroscópicos requiere apoyarse en modelos microscópicos para encontrar valores medios de variables.

2.2.6.2 Mesoscópicos

Un modelo mesoscópico se define como un sistema híbrido entre modelos microscópicos y macroscópicos, ya que combina los conceptos y herramientas de ambos modelos al realizar un análisis del comportamiento grupal de los conductores (Papageorgiou, 2003). Estos modelos se diferencian de los modelos microscópicos principalmente en el seguimiento del vehículo y la cantidad de información sobre cada vehículo, ya que las interacciones se determinan en función del comportamiento del conductor en su conjunto.

2.2.6.3 Microscópicos

Los modelos microscópicos relacionan el comportamiento microscópico con los fenómenos macroscópicos. En otras palabras, el tráfico puede examinarse en función de aspectos del comportamiento individual. Esto requiere una descripción detallada del entorno simulado (escenarios a simular) y el comportamiento del vehículo en diferentes situaciones. En tales modelos, los peatones son vistos como partículas individuales que interactúan a través de reglas físicas y sociales. Los principales tipos de modelos microscópicos incluyen modelos de fuerza social, autómatas celulares y modelos de cola (Dridi, 2015).

2.2.7 Micro simulación peatonal y vehicular

2.2.7.1 Número de Semillas

Mediante el uso del número de semillas, se pueden reproducir diferentes resultados para un

mismo modelo con los mismos datos de entrada; asimismo se recomienda que el número de semillas a utilizar para un modelo a escala reducida oscile entre los 40 y 43, para obtener resultados acordes a la realidad (Cabrera, 2018)

2.2.7.2 Número de corridas

El número de corridas hace referencia al número de evaluaciones que el programa realizara en cuanto a nuestro modelo de simulación. Para un modelo como el que se investigará, es recomendable una cantidad de aproximadamente 15 veces para diferentes números de semillas, cabe resaltar que, a mayor número de corridas, se obtendrán mejores resultados; instituciones dedicadas al uso de este tipo de programas, tales como TfL, recomiendan que el número de corridas mínimo sea de 5 pero en realidad sus resultados podrían ser muy cuestionables (Cabrera, 2018). Finalmente, se tiene en cuenta que este proceso es un método probabilístico, el cual debe representar de la manera más creíble a la población en estudio, sin tener ninguna preferencia hacia alguna parte de los involucrados en este proceso.

2.2.7.3 Tiempo de estabilidad

El tiempo de estabilidad o también llamado warm- up, es el tiempo necesario para se estabilice la cantidad de vehículos dentro del sistema (Cabrera, 2018). Asimismo, se recomienda considerar un lapso de evaluación de 10 a 15 minutos para la obtención de resultados, caso contrario el análisis de datos podría distorsionarse.

2.2.7.4 Velocidad de simulación

Para nuestro caso es importante llevar un registro de la velocidad de simulación, el cual es importante y necesario ya que el programa avanzara de manera lenta o rápida según este dato. Para el caso analizado se necesita que la velocidad de simulación no sea igual al tiempo real, pero a su vez debe ser apreciable el flujo de vehículos y peatones, lo cual no sucede

cuando se emplea la opción de “Quick Mode”, por ende, la velocidad a utilizar será la velocidad máxima proporcionada por el programa (Cabrera, 2018)

2.2.7.5 Modelo de seguimiento vehicular

- Modelo de Wiedemann

Este modelo de seguimiento vehicular considera tanto el entorno del tráfico como los puntos de acción. Define los límites de percepción de los conductores y las consecuencias de esos límites. Este modelo describe los aspectos psicofisiológicos del comportamiento de la conducción en términos de cuatro regímenes de conducción discreta: el flujo sin interrupción, la proximidad de vehículos más lentos, vehículos que siguen cerca del equilibrio de estado estacionario, y situaciones críticas que requieran una acción de frenado más fuerte (Trieber, 2013).

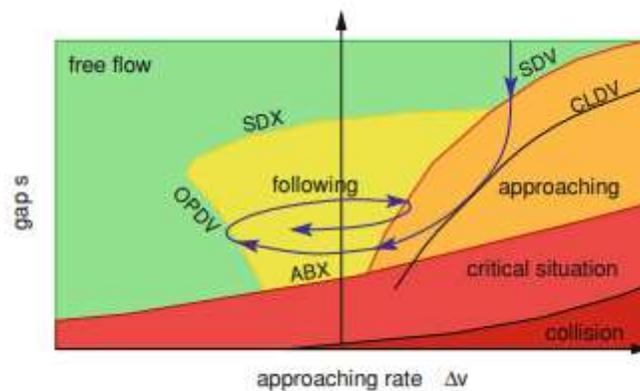


Figura 5. Representación esquemática de los regímenes

Fuente: Trieber (2013)

2.2.8 Softwares de simulación: Modelo de microsimulación Vissim y Viswalk

VISSIM, por otro lado, es un software de microsimulación multimodal desarrollado por Planung Transport Verkehr (PTV) e implementado en 1979. Con la ayuda de modelos se puede representar a todos los usuarios que intervienen en la vía pública y estudiar sus interacciones de manera realista para facilitar diferentes alternativas en función del diseño

y planificación del transporte y el transporte, puede ser una herramienta muy útil para la evaluación de propuestas (TVP, 2015).

Viswalk, por otro lado, es una herramienta de simulación microscópica que puede modelar el comportamiento de los peatones en espacios abiertos, dentro de edificios o en entornos concurridos. De esta manera, se convierte en un poderoso software que se puede utilizar para la optimización del espacio y la planificación de la capacidad para garantizar un flujo de peatones óptimo, análisis de rutas y colas, análisis de evacuación, análisis del tiempo de permanencia (PTV, 2015).

2.2.9 Design Thinking

La elaboración de un nuevo proyecto normalmente es percibida como peligrosa, debido a que en cierto modo no se tiene un conocimiento total de sus resultados y es por ello que surgen las oposiciones o las paralizaciones de proyectos. Debido a ello, surge la importancia de obtener conocimientos previos sobre la población, sus intereses, temores, entre otros, para que, de esta forma, se pueda elaborar información con temas relevantes y diseñar una estrategia de comunicación adecuada (Gallegos, 2015). Dicho esto, se tiene como nueva propuesta para la investigación el uso del modelo denominado *Design Thinking*.

El modelo del Design thinking es una nueva herramienta que viene siendo utilizada en muchos trabajos de investigación, debido a que este método combina las perspectivas del usuario, así como la viabilidad y visión innovadora de negocio, las cuales van más allá de la expectativa típica (Pattner, 2015). Asimismo, este modelo promueve el reforzamiento del uso de la creatividad y la innovación en las personas (Steinbeck, 2011), ya que permite que los usuarios puedan ser partícipes de la solución al problema suscitado, teniendo en

consideración sus respuestas y mejorando la situación de su mismo entorno; dicho de otro modo, el Design thinking es el uso de la innovación teniendo como centro principal o núcleo al individuo (Manchego, 2018).

Con la participación del usuario se busca aumentar la proporción de soluciones a las cuales no se podría llegar desde la perspectiva solo del investigador, sino que busca que este también forme parte del campo de desarrollo y pueda desenvolverse en el mismo medio, sintiendo los mismos malestares y molestias que aquejan al objeto de estudio y así lograr una mejor comprensión del entorno y que sus soluciones sean las más adecuadas y eficaces para la comunidad afectada.

El modelo Design thinking se encuentra enfocado más a la parte de diseño que al producto final por entregar e implementa conocimientos técnicos del diseño, las ciencias sociales, la ingeniería y la empresa (Steinbeck, 2011). Asimismo, cuenta con un proceso de 6 etapas, las cuales no necesariamente siguen un orden secuencial, debido a que pueden surgir nuevas preguntas de investigación o preguntas más concisas respecto al tema tratado. Estas se describen a continuación:

- **Comprensión**

Esta etapa es muy importante en cuanto al método, puesto que se busca la adquisición de los conocimientos básicos en relación a los usuarios que intervienen en el sector estudiado y también con respecto al problema en general (Steinbeck, 2011). El investigador debe ser capaz de ponerse en el lugar de la persona en estudio para que de esta manera pueda obtener una percepción más profunda del entorno estudiado (Rodríguez, 2012). Con los datos recopilados y la información necesaria se puede comenzar y seguir con las siguientes etapas del método.

- **Observación**

En esta etapa se trata de obtener una empatía en relación al investigador con la persona que forma parte del campo de observación mirándolos de cerca (Steinbeck, 2011). En esta etapa se concentra un poco más la observación del investigador con relación al comportamiento de su objeto de estudio, analizando a detalle su desenvolvimiento con el entorno y tratando de obtener información sobre los problemas que lo afectan.

- **Definición el punto de vista**

Esta parte tiene como objetivo crear un usuario típico para quien se desarrolla la solución o producto (Steinbeck, 2011). Esta etapa también es importante porque define el problema y luego se utiliza para buscar posibles soluciones (Brown, 2010). Una vez definida, el investigador tiene una idea más clara y concisa de en qué puntos se apoyará su teoría, y de esta manera se puede obtener una aproximación más cercana, más ajustada, al espacio general objeto de estudio. fue el comienzo.

- **Formación de ideas**

Este enfoque tiene como objetivo generar todas las ideas posibles (Steinbeck, 2011). En esta etapa, se trata de obtener múltiples soluciones que pueda usar en su investigación y mapas mentales (Watson, 2015). El objetivo principal de esta fase es generar múltiples ideas. Cada idea tiene su propio enfoque de punto de vista, que debe respetarse, por lo que puede elegir entre diferentes ideas sin discriminar entre sí.

- **Construcción del prototipo**

El concepto principal es construir un prototipo real basado en algunas de las ideas más prometedoras (Steinbeck, 2011). La creación de prototipos requiere solo el tiempo, el

esfuerzo y la inversión necesarios para generar “retroalimentación” útil y generar ideas (Brown, 2018).

En esta etapa, se consideran prototipos de las mejores ideas revisadas por los investigadores. Con la ayuda de estos prototipos, intenta encontrar posibles soluciones en su investigación y formula nuevas preguntas cuando es necesario. Enfocado a espacios más pequeños. Tenga en cuenta que la idea en la creación de prototipos no es finalizar el proyecto, sino identificar las fortalezas y debilidades de la idea e identificar nuevas direcciones que pueden tomar otros prototipos (Brown, 2018).

- **Prueba del prototipo**

Después de construir un prototipo, pasamos a esta fase y tratamos de aprender de las reacciones de los usuarios expuestos a las posibilidades de estas nuevas soluciones (Steinbeck, 2011). Esta fase es la última y más importante. Esto se debe a que aquí se verifica que el prototipo efectivamente cumple con las expectativas y necesidades del usuario (Cadenas, 2015).

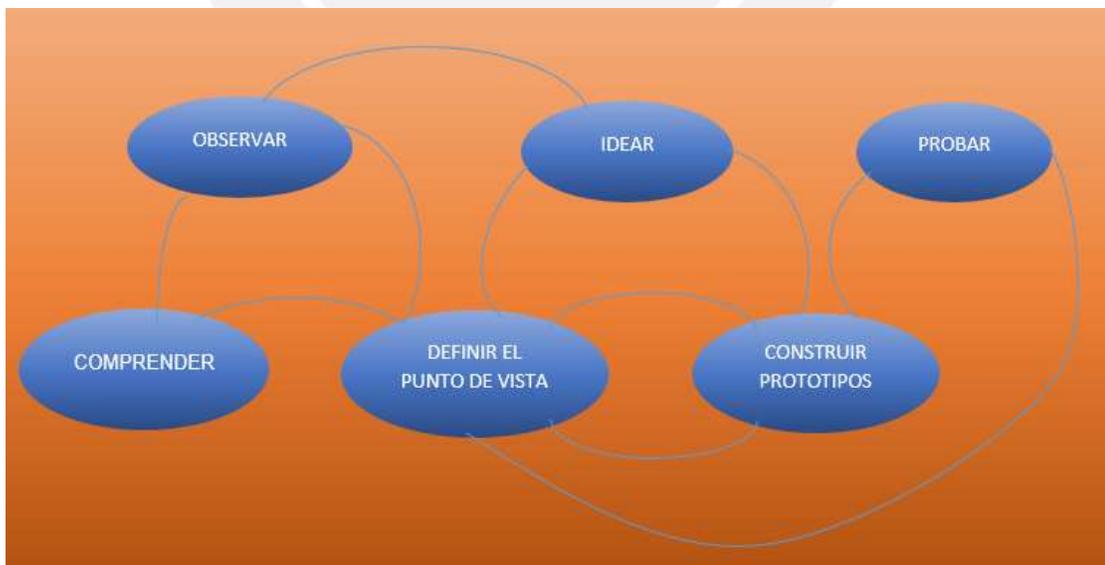


Figura 6. El proceso del Design Thinking

Fuente: Adaptado de Steinbeck. (2011)

2.2.10 Learn startup

Esta metodología será utilizada como refuerzo de las fases de construcción de prototipos y las de pruebas del proceso del Design thinking, puesto que ofrece una mayor precisión en cuanto al diseño de un nuevo producto o servicio debido a que funciona bajo condiciones de incertidumbre extrema (Ries, 2012). Este método ayuda a incrementar el porcentaje de éxito de las nuevas propuestas planteadas; asimismo, ayuda a decidir si es necesario cambiar el planteamiento inicial o si debemos seguir perseverando con el mismo.

El método Learn Startup tiene como objetivo enseñar cómo liderar un startup cuyo objetivo es crear una empresa exitosa que cambie el mundo a través de la experimentación, de la misma manera que el pensamiento de diseño (Ries, 2012). Esta descripción se encuentra en etapa experimental, pero las necesidades de los usuarios son las siguientes: Crear – Medir – Aprender



Figura 7. El método Lean Startup

Fuente: Ries (2012)

Del esquema presentado sobre el método Lean Startup, se define cada proceso:

- **Crear**

Esta etapa es una parte importante debido a que se busca tener un conocimiento, en primera instancia básico, sobre nuestro objeto de estudio en cuanto a sus necesidades y problemas. De esta forma, se creará lo que denominaremos como **producto mínimo viable** (Ries, 2012), el cual parte de tener una idea básica sobre el usuario y con ello se crearan nuevos arquetipos que servirán de guía esencial para la creación del producto y se asegurara la priorización de decisiones o cambios que debe tener el mismo, con la finalidad de atraer al cliente u objeto de investigación.

- **Medir**

Esta parte describe un enfoque disciplinado y sistemático para determinar si realmente estamos progresando y si nuestro aprendizaje es efectivo. Este sistema se denomina contabilidad de la innovación (Ries, 2012). Aquí es donde se establece un punto de partida, se avanza y se hacen los cambios necesarios en base a los aprendizajes, y finalmente se llega a una conclusión sobre si es necesario o no. Decide si quieres continuar con el modelo o cambiar de modelo.

- **Aprender**

En esta etapa se hace la pregunta más importante: ¿estamos haciendo progresos suficientes o es necesario que cambiemos nuestro producto?, de ser el caso que se genere un cambio se le denomina **pivote** (Ries, 2012). Esta es la fase final en la cual luego de haber aprendido, en base a los errores de la fase anterior, el investigador puede verificar y concluir si será necesario cambiar su idea o producto inicial, ya que ahora es más consciente y capaz de tomar mejores decisiones en beneficio de su estudio. Asimismo, el investigador estará en

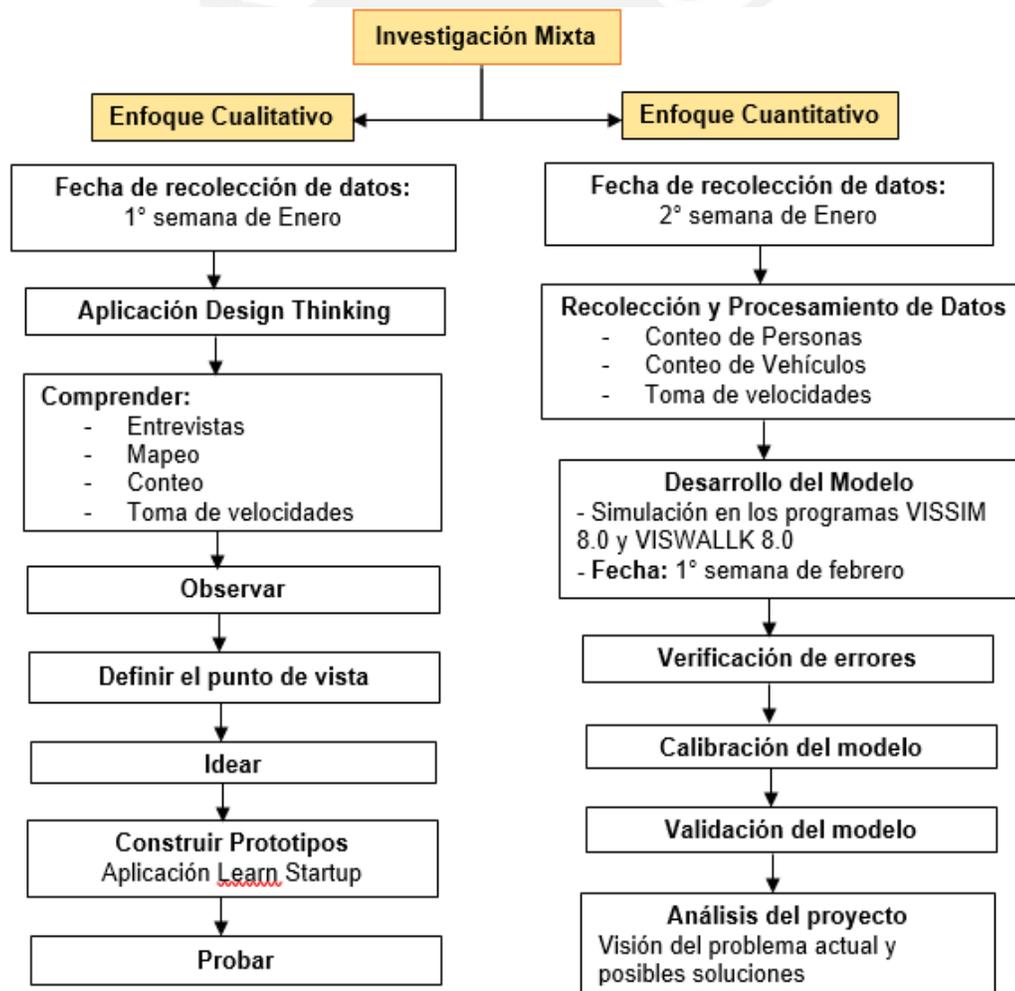
la capacidad de evitar la decisión de perseverar en caso el proyecto no genere mejores resultados que el expuesto anteriormente.



CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

Para recurrir al estudio de investigación, se debe tener en cuenta que esta se inicia a partir de la formulación de ideas, independiente del paradigma que fundamente nuestro estudio, las cuales constituyen un acercamiento ya sea con la realidad objetiva (perspectiva cuantitativa), subjetiva (perspectiva cualitativa) o intersubjetiva (perceptiva mixta) (Hernández et al., 2014). Dicho esto, el propósito del presente estudio está orientado a examinar el impacto que tiene el tránsito sobre los ciudadanos considerando un enfoque mixto, es decir, se tendrá una parte cualitativa y otra cuantitativa.

Tabla 2. Esquema de investigación mixta



Fuente: Elaboración propia

3.1 Enfoque Cualitativo: Design Thinking y Learn Starup

Este enfoque estudia la realidad en un contexto propio natural, en la cual se sustrae e interpreta fenómenos relacionados con los participantes implicados. Este análisis está enfocado en la interacción con personas y sus críticas acerca del tránsito vehicular, respetando siempre sus opiniones, en otras palabras, este estudio estará basado en la metodología de resolución de problemas denominada Design thinking, la cual servirá de guía para la elaboración de preguntas a realizar dentro de la sociedad en estudio. Todo esto contribuye a una gama más rica de objetivos de investigación gracias a una amplia gama de ideas e interpretaciones. De esta manera, se intenta comprender fenómenos sociales complejos más allá de la medición y evaluación de variables (Hernández et al., 2014).

En el mes de enero del presente año se realizó el viaje al óvalo Ureta ubicado en la ciudad de Chiclayo – Lambayeque, dicho óvalo se encuentra rodeado de un centro comercial muy transitado; asimismo, las calles que intersecan están conectadas con calles principales de la ciudad. Como se mencionó anteriormente, se hará uso del Design Thinking y Learn startup como base primordial de esta investigación cualitativa. Este método está basado en la aplicación de encuestas hacia el público que transita la zona de estudio, es por ello que siempre se mantuvo un respeto en relación a las opiniones brindadas. Cabe resaltar que para lograr obtener éxito en las respuestas que se obtendrían, primero se tuvo que elaborar un esquema de preguntas y posteriormente escoger cuales serían las más indicadas para nuestra investigación, este proceso se presenta en los siguientes puntos.

3.1.1 Comprensión

Esta etapa buscó la empatización con el sujeto en estudio, para que, de esta forma, se logre obtener confianza y este pueda expresar sus ideas con respecto al problema que observa

diariamente en el área de estudio de acuerdo a su percepción. Para un mejor entendimiento de esto, se hizo uso de un método de inmersión, el cual constó de diferentes fases presentadas a continuación:

- **Entrevistas**

En esta etapa se tuvo en cuenta las entrevistas a realizar, las cuales fueron elaboradas a fin de obtener ideas más concretas sobre los problemas que actualmente aquejan a la población que transita la zona de estudio, asimismo se consideraron las opiniones brindadas en cuanto a posibles soluciones, puesto a que la investigación de este proyecto también busca el bienestar de la sociedad en base a sus necesidades. Para llevar a cabo lo antes mencionado, se hizo una reducción en cuanto al universo que conforma el área de estudio, con la finalidad de identificar cual es el sector de personas que actualmente se encuentra más afectado (trabajadores, estudiantes, personas con discapacidad, entre otras).

Para realizar esta investigación se tuvo en cuenta un número de personas a las cuales se debió entrevistar en base a los rangos de edades y en nuestro caso también se hizo énfasis en las personas con discapacidad, ciclistas y conductores. Para esto, se tomó en consideración los estudios de investigadores sobre este tipo de entrevistas, la cual informa que se debe tener en cuenta que existe un rango luego del cual la información procesada vuelve a repetirse; es decir, hay un punto de saturación, ese rango es de 12 personas (Guest et al., 2006), para nuestra investigación se hicieron entrevistas a 12 personas con discapacidad, 12 adultos (18 a 60 años), 12 ancianos (60 a 90 años), 12 personas adolescentes (12 a 17 años) y 12 ciclistas(en caso transitaran la zona), lo cual nos proporciona un total de 60 personas entrevistadas, de manera tal que esta fue nuestra área de muestreo. Toda esta parte se comprendió en 2 etapas:

- **Empatización General**

En esta etapa lo que se busca es que el investigador se relacione con diferentes tipos de personas (niños, adolescentes, adultos) brindando un ambiente de confianza, con la finalidad de escucharlos y conocer el problema (Cadenas, 2012). En esta fase se da inicio a la delimitación del espacio de estudio.

- **Empatización Profunda**

Luego de la delimitación del área de trabajo, se procedió a hacer un estudio a profundidad del espacio identificado, con la finalidad de encontrar las percepciones presentes en ellos (Cadenas, 2012). En esta parte es donde surgieron nuevas propuestas y cuestiones en un enfoque más reducido pero que a su vez acabará beneficiando a todos los individuos del entorno, puesto que estas relaciones son comunes al público general, pero afectan en mayor proporción al área delimitada.

Vargas (2012) indica que para una entrevista en la investigación cualitativa existen 3 tipos: entrevistas estructuradas, semiestructuradas y no estructuradas. Esta investigación estuvo centrada en la entrevista semiestructurada la cual fomenta la interacción entre el investigador y el entrevistado, las preguntas realizadas fueron abiertas, con la finalidad de que el entrevistado pueda expresarse en su respuesta; así también, cada investigador estuvo muy atento a las respuestas que el entrevistado brindaba y cada una fue grabada con ayuda de dispositivos de grabación de audio. Finalmente, antes de realizar cada entrevista siempre se hizo la pregunta con respecto al consentimiento de las personas para ser entrevistadas y para este caso cada afirmación a la entrevista fue grabado antes de comenzar con la encuesta.



Figura 8. Entrevista a una joven

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Entrevista a adulto

Fuente: Elaboración Propia



Figura 10. Entrevista a una señora de tercera edad

Fuente: Elaboración propia

▪ **Mapeo**

El estudio del mapeo permite identificar el uso que se le puede brindar al espacio de trabajo (Brown y Raymond, 2007). Con la aplicación de esta actividad se logró identificar las zonas de afluencia de personas en diversas horas del día; con ello, se buscó que el investigador pueda tener en cuenta cuales son las zonas más afectadas del lugar de estudio, los

momentos en que existe mayor afluencia y los momentos en que no hay movimiento, teniendo en cuentas las horas punta, los cuales son considerados como horarios críticos.

- **Conteo**

Esta parte estuvo dedicada al conteo de personas, la cual admite una clasificación por género, rango de edad o nivel de movilidad. Así también, esta actividad fue realizada en conjunto con los investigadores y sus ayudantes en la zona de estudio, haciendo un conteo simple con el fin de lograr un sondeo sobre la cantidad de individuos involucrados en el área de trabajo, para luego pasar los datos a un programa, cabe resaltar que el conteo se realizó en diversas horas a fin de encontrar el horario con mayor afluencia de público, contabilizando también los días que son más transcurridos.

Tabla 3. *Conteo de personas que transitan por el centro comercial según género*

Cantidad total de personas según el género					
Horario	6:00pm	6:15pm	6:30pm	6:45pm	Promedio en 1 hora
Hombres	50	40	44	52	47
Mujeres	56	66	57	65	61
	106	106	101	117	108

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. *Conteo de personas según la edad*

Tipo de personas según la edad					
Horario	6:00pm	6:15pm	6:30pm	6:45pm	Promedio en 1 hora
Niños (0 - 12años)	22	18	18	25	21
Jovenes (12 - 18años)	29	27	30	27	28
Adultos (18 - 55años)	18	21	20	24	21
Ancianos(55 - 85 años)	13	15	12	16	14
Personas con discapacidad móvil	5	4	4	4	4
Ciclistas	2	3	1	2	2
Conductores	17	18	16	19	18
	106	106	101	117	108

Fuente: Elaboración Propia

- **Toma de velocidades**

Con la toma de velocidades se podrá determinar los tiempos de interacción de las personas con el espacio. Para lograr dicha acción, lo que se hizo fue tomar tiempos y distancias en las que los vehículos e individuos hicieron sobre un tramo determinado por el investigador, para posteriormente por cálculos matemáticos obtener las velocidades promedio de cada uno, las cuales sirvieron para realizar un sondeo del tiempo de permanencia del individuo en la zona, así como para posteriores actividades.

3.1.2 Observación

En esta fase se dedicó tiempo a la observación del espacio público, indagando sobre los problemas que podrían aquejar al entorno y buscando las opciones de solución que podrían ser aplicadas al prototipo. Para un mejor desenvolvimiento, el investigador formó parte de 2 diferentes tipos de observación, los que serán descritos a continuación:

- **Observación Flotante**

Para esta etapa de la investigación el investigador y su equipo dedicaron tiempo a observar el espacio de manera general, analizando todo tipo de características que pudieran ser notables en el público en estudio. Esto fue realizado a fin de tener los primeros indicios de lo que ocurre actualmente con el espacio público y comenzar a obtener las primeras ideas generales sobre las preguntas que podrían ser relevantes para nuestra encuesta.

- **Observación Participante**

Con relación a esta parte, el personal a cargo de la investigación formó parte del entorno estudiado, para que, de esta manera, pueda ser capaz de experimentar el problema por sí mismo y lograr un enfoque más centrado de las cuestiones a realizar en las encuestas, con el propósito de obtener información de carácter positivista que permitirá dar respuesta al objetivo principal.



Figura 11. Personas transitando en la pista del óvalo

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Observación flotante y conteo de personas realizada en la zona

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Definición del punto de vista

Luego de realizar las observaciones correspondientes para la elaboración de preguntas a utilizar en la encuesta, se analizó el espacio de trabajo en el cual se llevarán a cabo. De acuerdo a lo observado en la zona, se concluyó que el área idónea para realizar las encuestas a los peatones sería en la explanada que se encuentra en las afueras del Open Plaza, delimitado entre el Ovalo Ureta y el Hipermercado Tottus. Asimismo, se identificó cuáles serían los parámetros peatonales de mayor afectación, a fin de priorizar las necesidades de estos.

Por ejemplo, en el caso de los cruces peatonales, los ciudadanos más afectados fueron los ancianos, niños y personas con movilidad reducida, ya que tienen un rango mayor de espera al momento de cruzar; esto a su vez engloba a todo el espacio público, debido a que, si la propuesta de solución elaborada tiene éxito para este grupo, funcionará con mayor efectividad en las personas que no presentan estas cualidades.



Figura 13. Lugar destinado para realizar encuestas (Open Plaza)

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Formación de ideas

Posteriormente a la investigación realizada en campo y de acuerdo a la experiencia vivida, se procedió con la lluvia de ideas que fueron necesarias para las encuestas a realizar. Asimismo, para este enfoque se tuvo en cuenta la opinión del sujeto, puesto que el beneficio será a favor de ellos, y la del investigador de acuerdo a la percepción adquirida. En esta etapa se seleccionaron las preguntas que se consideraron como las más relevantes para la creación del prototipo.

3.1.5 Construcción de prototipos

Luego de obtener las ideas, se procedió a seleccionar las más relevantes que podrían ser incluidas al trabajo; para ello, se dedicó tiempo a elaborar un esquema en base a las preguntas que el investigador podría utilizar en sus encuestas, para luego realizar una selección final de estas, las cuales serán aplicadas en campo. Asimismo, una vez seleccionadas las preguntas a aplicar, se hizo una simulación sobre las posibles respuestas brindadas con la finalidad de identificar si es importante la pregunta y que posibilidades tiene de que nos lleve a una mejora del problema en estudio. Para esta fase se hizo uso de

la metodología denominada Learn startup, la cual gira en base a 3 fases: Crear – medir – aprender.

- **Creación del prototipo**

Se crea el prototipo en base a las definiciones obtenidas anteriormente y se proponen preguntas que son consideradas como importantes y atractivas para ser aplicadas al sujeto de estudio.

- **Medición de confiabilidad de preguntas**

Una vez creada las preguntas a aplicar se debe tener en consideración si en realidad estas preguntas nos llevaran a la solución del problema o si solamente es un ente distractor que no apoya ni brinda soluciones. Esto nos llevara a decidir si el prototipo de pregunta es adecuado o si debe cambiarse.

- **Aprendizaje en base al análisis**

Luego de la selección y formulación de la pregunta, el investigador debe hacerse el siguiente autoanálisis: ¿Esta pregunta realizada me brindara los resultados que espero?; con ello, se busca que el investigador sea capaz de escoger sus preguntas en beneficio de su teoría y que brinde las mejores soluciones. Asimismo, con el aprendizaje recibido el investigador estará en la facultad de aceptar si su pregunta debe ser cambiada en su totalidad o solamente modificada. En caso de optar por la opción del cambio de pregunta, se deberá volver hacer el análisis del Learn startup en cada una de sus fases hasta obtener un prototipo que satisfaga las expectativas del investigador.

Tabla 5. Esquema de algunas preguntas propuestas

Posibles ideas
¿Es posible transitar la zona?
¿Es de suma importancia que transite por esta zona?
¿La localidad de donde proviene se encuentra lejos de esta zona?
¿Por el lugar que frecuenta no encuentra los mismos productos de esta zona o solo viene por la necesidad de salir de casa?
¿Con que frecuencia transita la zona?
¿Le gusta venir con amigos?
¿Cómo percibe el tránsito en la zona?
¿Le gustaría que mejorara el tránsito?

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6 Prueba del Prototipo

En esta etapa se puso a prueba el prototipo de encuesta realizada por el investigador hacia los ciudadanos, con las preguntas que han sido seleccionadas y que tienen por finalidad obtener una respuesta que satisfaga las necesidades de la sociedad. Asimismo, como esta fase es aplicada en el público que ha sido escogido durante el proceso, se realizara una separación en cuanto a las respuestas positivas, negativas y las propuestas a considerar que se puedan obtener, para que de esta manera se pueda tener un orden y así observar si solo existen problemas o si también existen consideraciones positivas en el área de estudio.

Tabla 6. *Esquema de separación de respuestas*

Esquemas de Respuestas	
Cosas que no son necesarias mejorar	Cosas que son necesarias mejorar
Propuestas a considerar	

Fuente: Elaboración Propia

Una vez entendido el procedimiento a realizar, se hizo una selección del total de ideas parciales, a fin de escoger solo aquellas preguntas que fueran relevantes para la lista final, las cuales posteriormente pasaran a ser aplicadas en el modelo final de encuestas, las que tendrán como finalidad obtener una información necesaria para esta investigación.

Tabla 7. *Preguntas seleccionadas para la encuesta*

Preguntas propuestas
1.- ¿En qué distrito reside?
2.- ¿Cuándo fue la última vez que transito esta zona y cuáles fueron los motivos? ¿Se movilizó a pie o bicicleta?, ¿Usó taxi, transporte público o auto propio?
3.- ¿Con qué frecuencia transita la zona? ¿Consideras que es seguro el tránsito por allí o no? ¿Alguna vez has presenciado algo irregular (robo al paso o mano armada) o algún accidente?
4.- ¿Usted cree que se genera demasiado tráfico en este lugar? ¿Qué propones para mejorar este problema?
5.- ¿En el tiempo que ha visitado el lugar se ha encontrado con personas conocidas?, De ser así ¿Se detuvo a conversar con ella?
6.- ¿Opina que existen espacios seguros en donde las personas pueden conversar?

7.- ¿Qué opina del tránsito actual en la zona? ¿Cree que es seguro o peligroso? ¿Existen zonas de cruce peatonal? ¿Hay una correcta señalización?

8.- ¿Si pudiera mejorar algo en esta zona qué sería?

Fuente: Elaboración propia

3.2 Enfoque Cuantitativo

Este enfoque determina predicciones y patrones de comportamiento que plantean problemas a partir de un análisis de la realidad objetiva a través de mediciones numéricas y análisis estadístico. También utilizamos la recopilación de datos para probar hipótesis (Hernández et al., 2014). Esta investigación se realiza mediante la recopilación de información como, entre otras, mediciones de la velocidad media de un determinado número representativo de peatones y vehículos que circulan por los espacios públicos.

Asimismo, se estudiará el comportamiento de los peatones en el entorno, y todo ello será útil en la definición de parámetros para elaborar el modelo de micro simulación a través del uso del Vissim y Viswalk (Ishpaque y Noland, 2009), también se debe mantener una concordancia con estudios realizados anteriormente en la zona de trabajo, como es el caso del Diagnostico Urbano en el Proyecto “Modernización de la gestión del desarrollo urbano de la provincia de Chiclayo” (MGDUPC).

Teniendo en cuenta la aplicación del programa VISSIM 8.0, se realizó una visita de campo a la zona de estudio en el Óvalo Ureta. Este evento se llevó a cabo durante un horario crítico; instante en la cual se presenta una mayor aglomeración de peatones y automóviles; todo ello fue posible gracias a la colaboración de un personal de apoyo y materiales necesarios que permitieron la recolección de datos que serán descritos en lo que sigue del presente, así como

la aplicación de los métodos utilizados para el modelamiento en el programa.

3.2.1 Recolección y procesamiento de datos

Esta etapa fue ejecutada durante el mes de enero y el equipo de trabajo para registrar la información necesaria en campo estará conformada por un grupo de 12 personas, que se dividirán las tareas en grupo pequeños de 2 personas. Para la recopilación de datos se realizarán tomas en intervalos de tiempos de 15 minutos durante una hora y media aproximadamente. Asimismo, estos datos serán recolectados en horarios críticos o denominados “horas punta”, donde existe mayor afluencia vehicular. Se emplearán los siguientes equipos: **Pistola de Velocidades**, utilizada para la medición de velocidades de vehículos; **Conteo simple**, el cual se realizará en base a los vehículos, peatones y ciclistas que transitan la zona y estará a cargo de un grupo que se encargara cada uno de 1 carril, dependiendo del número de carriles existentes y serán registradas de manera simultánea.

▪ Distribución para toma de datos:

En esta etapa el personal de apoyo recolectó la información mediante un conteo simple o manual, cabe resaltar que el enfoque utilizado de **observación** fue la **flotante**. Para ello hubo una división del personal, los cuales fueron ubicados en cada avenida para realizar un conteo más personalizado de cada una, las cuales llevaron la siguiente descripción:

- Personal 1 y 2: Entrada y salida de la Avenida Sáenz Peña
- Personal 3 y 4: Entrada y salida de la Avenida Víctor Raúl Haya de la Torre
- Personal 5 y 6: Entrada y salida de la Avenida Garcilaso de la Vega (Costado del Tottus)
- Personal 7 y 8: Entrada y Salida de la Avenida Garcilaso de la Vega (Frente al Tottus)

Simultáneamente, se efectuó una grabación de video de la circulación de vehículos y personas en cada punto antes mencionado. Esto fue hecho con la finalidad de lograr una

mejor apreciación de los elementos y en base a los datos obtenidos formar la matriz que será empleada en el programa de micro simulación. Para la realización de este proceso, se tomó en cuenta las horas punta comprendidas entre 6 y 8 ya sea en la mañana o en la noche. Asimismo, los datos fueron extraídos en intervalos de 15 minutos en el transcurso de una hora, dicha información fue corroborada según el estudio previo hecho mediante la **observación flotante** de la zona.



Figura 14. Imágenes de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

- **Procesamiento de datos**

Con base en la información obtenida en campo, los datos fueron trasladados a un programa de Excel con el fin de organizar todos los valores obtenidos y modelar el programa. La elaboración de los datos se dividió en dos partes, una utilizando los datos de campo obtenidos por conteo simple y la otra utilizando los datos obtenidos de las grabaciones de video para crear la matriz del programa y la mayor Precisión alcanzada. Evita errores que pueden ocurrir durante el modelado. La primera parte contiene el conteo manual de automóviles realizado en campo agrupados por entradas y salidas al óvalo en cada calle, tales como:

- Entrada y salida de vehículos en la Avenida Garcilaso de la Vega (frente a Tottus)
- Entrada y salida de vehículos en la Avenida Garcilaso de la Vega (costado del Tottus)
- Entrada y salida de vehículos en la Avenida Sáenz Peña
- Entrada y salida de vehículos en la Avenida Víctor Raúl Haya de la Torre

Tabla 8. *Conteo manual de vehículos*

Conteo de vehículos						
Avenida Garcilazo de la Vega (frente al tottus)						
	Sale del óvalo		Ingresa al óvalo			
6:00 - 6:15 p.m	C1	C2	C3	C4	C5	
Autos	50	70	43	45	20	
Combi/cúster			7	18	4	
Bus interprovincial						
Moto lineal	14	38	13	26	11	
Camión de carga				1		
6:15 - 6:30 p.m	C1	C2	C3	C4	C5	
Autos	54	85	47	75	12	
Combi/cúster			2	17	2	
Bus interprovincial						
Moto lineal	15	48	18	19	16	
Camión de carga						
6:30 - 6:45 p.m	C1	C2	C3	C4	C5	
Autos	57	90	42	75	18	
Combi/cúster			1	20	1	
Bus interprovincial						
Moto lineal	20	50	9	19	9	
Camión de carga						
6:45 - 7:00 p.m	C1	C2	C3	C4	C5	
Autos	53	68	38	80	22	
Combi/cúster				27	1	
Bus interprovincial						
Moto lineal	20	55	17	28	10	
Camión de carga			2	1		

Fuente: Elaboración Propia

La segunda parte fue elaborada con los datos obtenidos del primer Excel y con las grabaciones de video, en este caso se realizó el desarrollo de la matriz a utilizar en el programa VISSIM en relación al flujo vehicular, ya que estos datos son de importancia para obtener la simulación del tránsito en el programa. Estas matrices fueron elaboradas en relación al origen y destino de los vehículos que transitaban por las calles que interceptan al óvalo en estudio. Estas matrices fueron realizadas por cada Avenida de la cual entran al óvalo (Origen) con cada Avenida hacia la que se dirijan los vehículos (Destino). Con estos datos ya obtenidos y colocados, se procedió a obtener el flujo vehicular en cada calle y posteriormente proporcionarlos al programa de micro simulación VISSIM 8.0.

Tabla 9. Matriz de Origen - Destino para autos

Av. Garcilazo de la Vega (Frente al Tottus)(ORIGEN) vs Víctor Raul Haya de la Torre (Costado del Tottus)(DESTINO)

AUTOS

Horario de 6:00pm - 6:15pm

Destino (Filas) Origen (Columnas)	C1	C2	C3	C4
C10	0	10	8	5
C11	2	16	18	4
C12	0	0	0	0
	2	26	26	9

Horario de 6:15pm - 6:30pm

Destino (Filas) Origen (Columnas)	C1	C2	C3	C4
C10	0	12	11	7
C11	1	20	16	7
C12	0	0	0	0
	1	32	27	14

Destino (Filas) Origen (Columnas)	C1	C2	C3	C4
C10	2	10	9	5
C11	2	16	17	6
C12	0	0	0	0
	4	26	27	11

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Desarrollo del modelo

En esta parte, se debe emplear los softwares Vissim 8.0 y Viswalk 8.0 para la realizar la micro simulación por lo que se definieron dos diferentes etapas que serán descritas a continuación:

- Desarrollo de la base vehicular:

Se debe ingresar los datos geométricos de la zona en estudio, lo cual será una importación del dibujo de la zona desarrollada en AUTOCAD. Asimismo, se trazarán las vías indicando el ancho de los carriles. Definidos estos parámetros se procederá a introducir el número de vehículos y ciclistas que fueron recolectados durante el trabajo de campo. Para realizar la introducción de datos se debe tener en cuenta la cantidad de vehículos, el tipo de vehículo

En el contexto del área de trabajo, se determinó el diseño del área del vehículo y la ubicación de los obstáculos en ambas carreteras. En cuanto al diseño, tuve que ingresar muchos datos. B. Número de carriles, longitud del camino, ancho del carril.

De la misma manera, se repite el mismo procedimiento para crear otros tramos. Asimismo, se selecciona el tramo y luego clic derecho se crea unos puntos que permite darle flexibilidad al tramo o curvatura. Luego de definidos los tramos que se necesiten, se proceden a crear los conectores.

Rutas y flujos vehiculares

Después de delinear las áreas de vehículos y los obstáculos dentro de VISSIM, se asignaron las áreas de entrada y salida de vehículos. Estos se determinaron utilizando la información recopilada por una cámara de video, que permitió registrar la ruta del vehículo dentro y fuera del área de estudio a través de puntos fijos en intervalos de 15 minutos. Estas rutas contienen 4 caminos que se analizan para darle una idea de los patrones de viaje del vehículo.

Las rutas se estimaron mediante conteo de video realizado para cada entrada y verificación mediante conteo manual en campo. Medimos la cantidad de vehículos que ingresaban a cada área de límite y el tiempo que le tomó a cada vehículo moverse desde el área de entrada hasta el área de salida.



Figura 16. Rutas a partir de la Av. Garcilaso De La Vega

Fuente: Elaboración propia

Reglas de prioridad en la red

Las reglas que se establecen sirven para determinar la prioridad en los pasos de vía, ya sea entre los mismos vehículos, entre vehículos y peatones, entre vehículos y ciclistas o entre ciclistas y peatones. El comando que determina la prioridad es el comando *Priority Rules*, el cual señala quien tiene prioridad frente al otro que debe esperar; en este caso la prioridad gira en torno al peatón. Asimismo, se usó el comando *conflict Area*, el cual tiene la misma finalidad que el comando *Priority rules*, pero este comando analiza más las áreas en conflicto tanto de vehículos como peatones.

- Desarrollo de modelo peatonal

Se debe identificar y crear pequeñas áreas en los que los peatones se desplazarán dentro del programa. De la misma forma que en la parte anterior, los datos a introducir serán en base a lo recolectado en campo: la cantidad de personas (personas con alguna discapacidad, ciclistas, público en general) durante los diversos intervalos de tiempo, y el flujo peatonal que se registró durante el trabajo de campo.



Figura 17. Número de recorridos evaluados

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Aforo peatonal del recorrido 1

Avenida Garcilazo De La Vega (frente al Tottus)	Ida	Vuelta
6:00 - 6:15 p.m	43	36
6:15 - 6:30 p.m	30	77
6:30 - 6:45 p.m	70	55
6:45 - 7:00 p.m	50	80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Aforo peatonal del recorrido 2

Avenida Sáenz Peña	Ida	Vuelta
6:00 - 6:15 p.m	31	55
6:15 - 6:30 p.m	37	34
6:30 - 6:45 p.m	31	47
6:45 - 7:00 p.m	42	37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. *Aforo peatonal del recorrido 3*

Avenida Garcilazo de la Vega (costado de Tottus)	Ida	Vuelta
6:00 - 6:15 p.m	174	167
6:15 - 6:30 p.m	203	194
6:30 - 6:45 p.m	196	175
6:45 - 7:00 p.m	147	172

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. *Aforo peatonal del recorrido 4*

Av. Víctor Raúl Haya de la Torre	Ida	Vuelta
6:00 - 6:15 p.m	138	155
6:15 - 6:30 p.m	145	163
6:30 - 6:45 p.m	169	186
6:45 - 7:00 p.m	157	181

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Verificación de errores

Detectar la existencia de errores para evitar resultados distorsionados con la realidad, puesto que estos datos serán la base sobre la que se desea representar, por medio del programa. Cabe resaltar que los datos obtenidos no pueden ser alterados, ya que cualquier modificación puede afectar la realidad y veracidad del trabajo a entregar, en caso no hubiera una concordancia en el trabajo realizado, se debe volver a realizar la toma de datos, hasta lograr un flujo acorde al campo de trabajo y que nuestros resultados finales sean lo más acorde a la realidad.

3.2.4 Calibración del modelo

En esta etapa, se busca ajustar los resultados del modelo computacional y comprobar que se asemeje a los valores tomados en campo. En otras palabras, se tiene que correr el modelo una determinada cantidad de veces que sea necesaria, para luego comparar con los datos obtenidos. Previamente se eligen los parámetros a evaluar, en este caso de estudio serán las velocidades promedio peatonal y vehicular adquiridas.

3.2.5 Validación del modelo

Evaluar el modelo a partir de información distinta a los datos de entrada que se ingresaron; para ello, se introducen nuevos valores sin alterar la infraestructura de la intersección. Una vez hecho esto, se corre el modelo y finalmente se comprueban los parámetros de calibración. La validación es definitiva si se obtienen resultados similares. Si sucede lo contrario, debe verificar si hay errores y repetir la fase de calibración hasta que se logre la similitud de validación.

3.2.6 Análisis del proyecto

Examinar los resultados hallados mediante la micro simulación, corriendo el programa para observar los problemas que se presentan actualmente y posteriormente plantear las posibles propuestas de mejora. Estas propuestas deben ser modificadas en el programa de simulación, para verificar si realmente generará mejoras en el entorno o si no es posible aplicarla. Finalmente se deberá presentar un video sobre el problema actual y otro sobre la posible solución, justificando que los cambios realizados se pueden ejecutar.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Aplicación del Design Thinking y Learn Startup:

En el viaje realizado a Chiclayo durante el mes de Enero, previo a la aplicación de las encuestas finales (véase tabla 7) se realizó un sondeo sobre la cantidad de personas que transitan por el centro comercial Tottus, el cual colinda con el óvalo en estudio, en relación al tipo de género y otro en base a las edades (niños, jóvenes, adultos, ancianos), así como ciclistas, automovilistas y personas con discapacidad, con la finalidad de estimar el tipo de personas a entrevistar dentro del área de trabajo, de acuerdo a los pasos anteriormente mostrados en la parte de metodología. Para la realización de este sondeo se procedió con el conteo de personas en intervalos de quince minutos durante una hora, teniendo en cuenta el tiempo donde existe una mayor afluencia de público, el cual fue alrededor de las seis de la tarde. Según los datos obtenidos se tuvo que el 43% eran hombres y el 57% mujeres, luego de ello se obtuvo el volumen de personas a encuestar en base al tipo de personas.

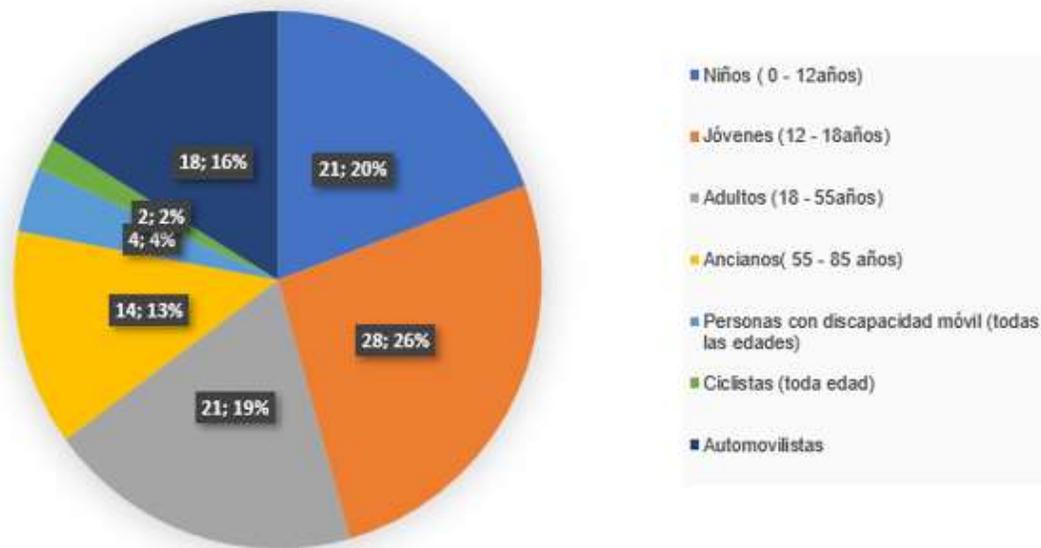


Figura 18. Tipo de personas que transitan alrededor del centro comercial

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente al sondeo y armada la encuesta final a aplicar con la ayuda de las metodologías Design Thinking y Learn Startup, se procedió a realizar las encuestas a las personas que transitan por el óvalo en la explanada que se encuentra al exterior del centro comercial Tottus.

4.1.1 De la aplicación de encuestas:

Antes de comenzar a realizar cada encuesta, la persona asignada trató de obtener la confianza del público expresando que las preguntas a realizar serían en beneficio de ellos, ya que esta investigación tiene como fin ser presentada a la municipalidad del Distrito y que puedan aplicarse las mejoras; así también, cada investigador presentó su carné de la universidad para que las personas lograran obtener confianza al momento de la entrevista. Cabe mencionar que se tuvo la aprobación de grabar al usuario durante la entrevista, las cuales tuvieron una duración aproximada de veinte a veinticinco minutos por persona y en algunos casos hubo una elongación de tiempo debido a que algunos percibían como buenos los motivos de la investigación e intentaban conocer más sobre el trabajo que se encontraba en proceso. Los siguientes datos a presentar en este punto expresan los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a un total de sesenta personas, en la cual se manifiesta el sentir de los pobladores en relación a lo que ocurre actualmente en el área de trabajo, presentando en cada caso las respuestas obtenidas de una persona escogida al azar y ; asimismo, se presentan los cuadros de comparación de cada pregunta planteada, tomando como referencia las preguntas de la tabla 7 presentado en el capítulo 3.

De acuerdo a la frecuencia con la que transitan por el óvalo en estudio, se logró divisar que existía una gran afluencia de peatones debido a que la mayoría de ellos visitaba el centro comercial ya sea por placer, por llegar a comprar algunos productos o porque era necesario

pasar por allí para ir a su centro de labor o estudios. De acuerdo a los datos estadísticos obtenidos, se apreció que la gente particularmente transitaba la zona para llegar a su centro de labores o centro de estudios. Alejandra de 15 años de edad comentó lo siguiente:

“Todos los días debo pasar por aquí debido a que la combi sólo llega a este punto, yo vengo desde Zaña y mi colegio queda por aquí cerca.”

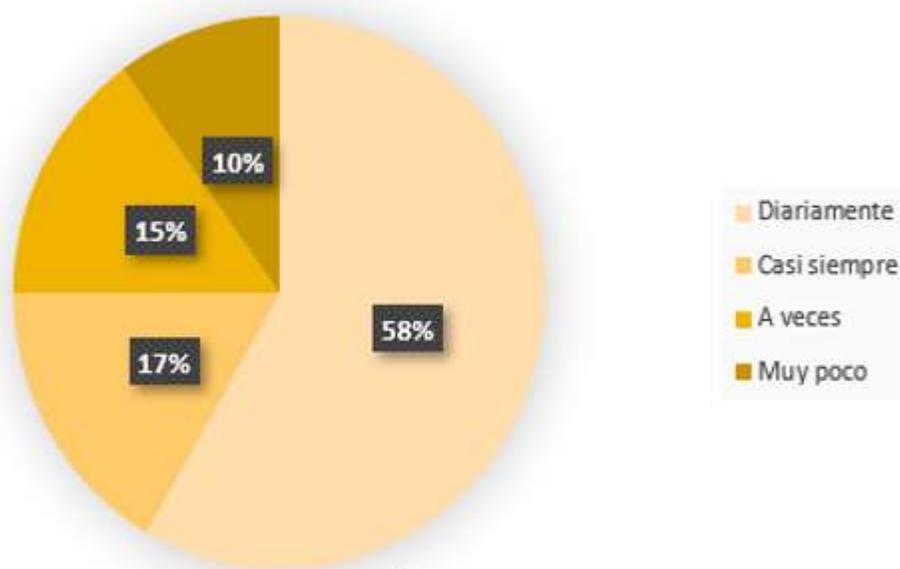


Figura 19. Frecuencia de tránsito por la zona
Fuente: Elaboración propia

Continuando con lo recopilado también se pudo observar que las personas en su mayoría se trasladaban en transporte público, taxis y algunos utilizaban mototaxi, auto propio o caminando, cabe mencionar que necesitaban pasar por el centro comercial ya que muchos de los vehículos en los cuales se movilizaban hacia sus hogares se detenían en esa zona, a pesar de que no existía un paradero autorizado. Jorge de 28 años comentaba:

“Bueno yo transito la zona con frecuencia porque en la esquina se detiene la coaster que me

lleva a Eten, aunque hoy vine de compras, pero diariamente paso por aquí para regresar a mi casa, debería ir hasta el paradero que se encuentra más abajo pero como el carro se detiene por aquí, lo espero y me voy en él para no caminar mucho o sino, si estoy apurado, tomo un taxi que se cuadra en esta esquina”

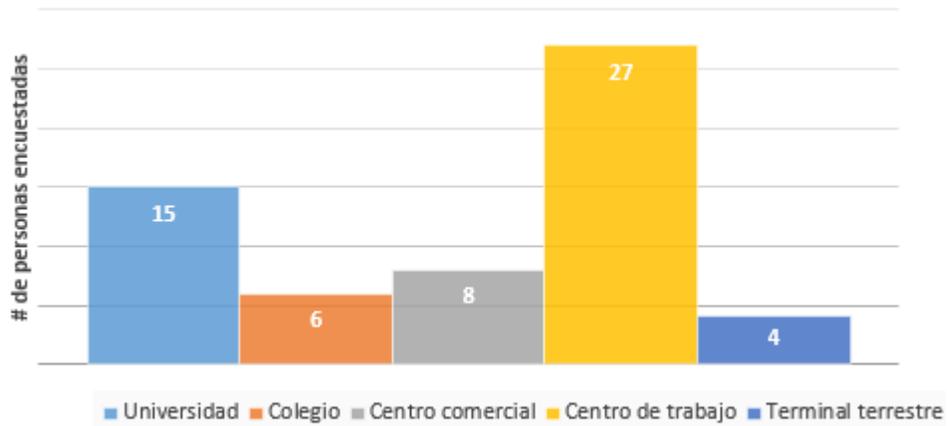


Figura 20. Lugar de destino cerca de la zona

Fuente: Elaboración propia

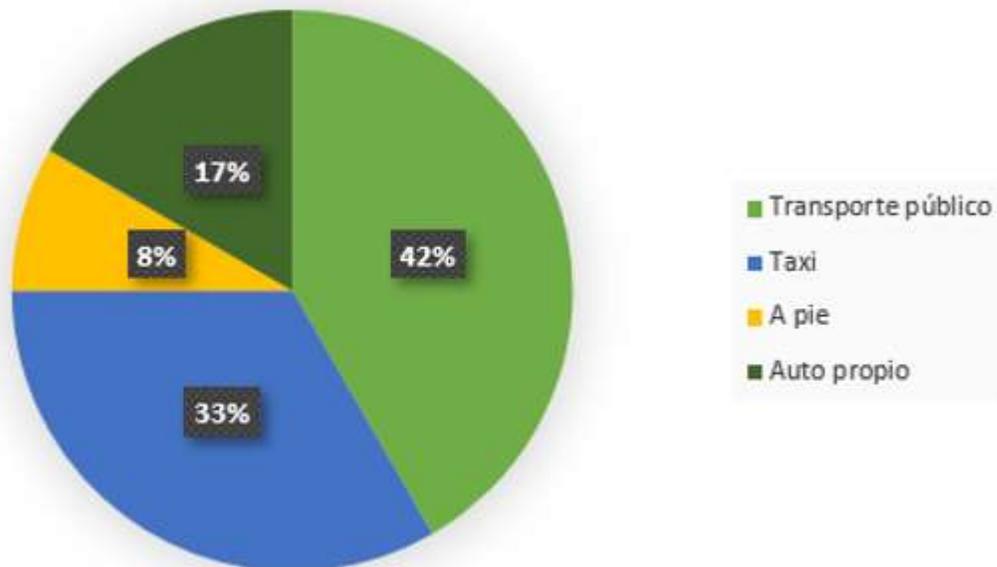


Figura 21. Medio de transporte utilizado por personas en la zona

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al tráfico de la zona, existía mucho desorden peatonal y vehicular, las personas cruzaban en cualquier momento a través de las intersecciones del óvalo y por cualquier sitio,

lo que nos dio a entender que dentro de esta área existía un inminente peligro en las calles. Este pensamiento fue corroborado por la mayoría de las personas que se entrevistaron e indicaban la necesidad de colocar señales de tránsito como semáforos o pasos peatonales.

Como ejemplo se puede apreciar el comentario de la señora Carolina de 45 años:

“El tránsito del lugar es inseguro y desordenado dado a que los automóviles circulan sin respetar el paso de los peatones cuando cruzan las avenidas, a ello se suma que la mayoría maneja de manera imprudente realizando movimientos peligrosos, no hay semáforos y la policía ocasionalmente interviene.”

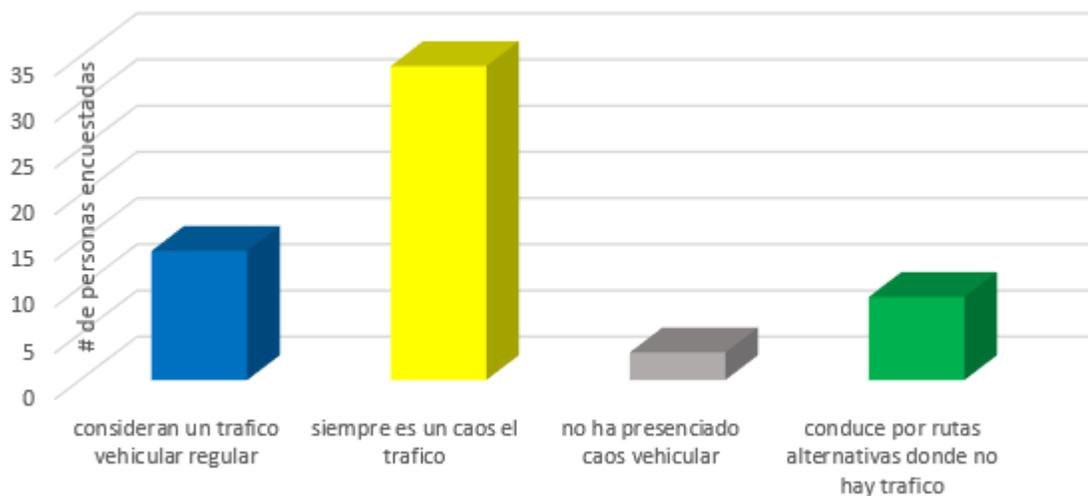


Figura 22. Calificación del tráfico vehicular

Fuente: Elaboración propia

Otra de las preguntas que se realizaron era si se habían reunido con algún conocido o familiar por esta área y con qué frecuencia lo hacían, considerado también si en ese momento se quedaban a conversar o si solo pasaban y nunca conversaban, de acuerdo a los datos recolectados se logró obtener que muchas personas se encontraban con compañeros casi con frecuencia y además como era un punto concurrido se quedaban a conversar en los momentos de ocio, ya sea en el mismo centro comercial o en el parque que se encontraba al frente del

mismo. Mateo Chiroque de 33 años expuso:

“Normalmente me encuentro con mis compañeros del barrio, algunos trabajan cerca de aquí y otros llegan hasta acá para tomar la combi, algunas veces me quedo a conversar con ellos y en otras ocasiones vamos conversando en el carro, a veces es bueno saber lo que ocurre en la calle (sonrisa pícaro), yo converso sobre ello porque no tengo tiempo de salir, solo voy del trabajo a la casa y viceversa.”

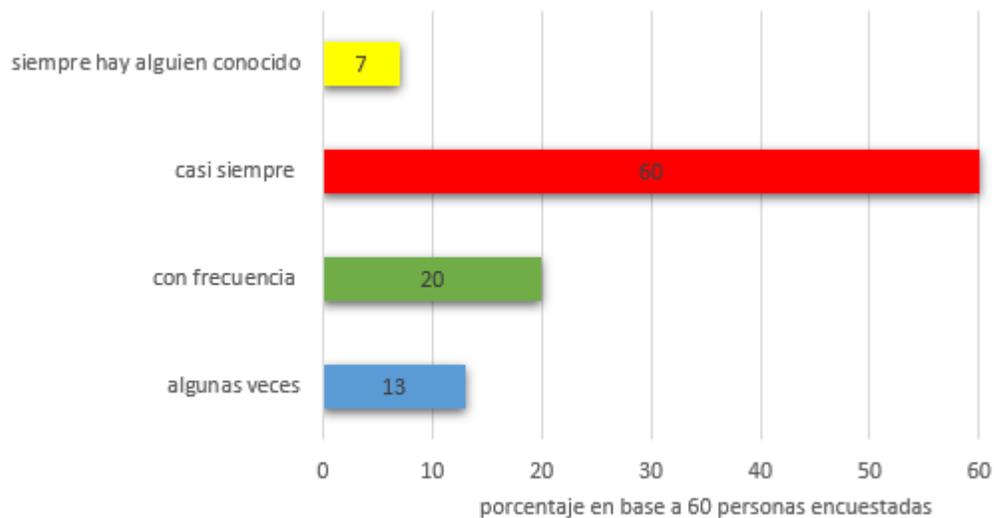


Figura 23. Encuentro con alguna persona conocida (amigo o familiar) en porcentaje

Fuente: Elaboración Propia

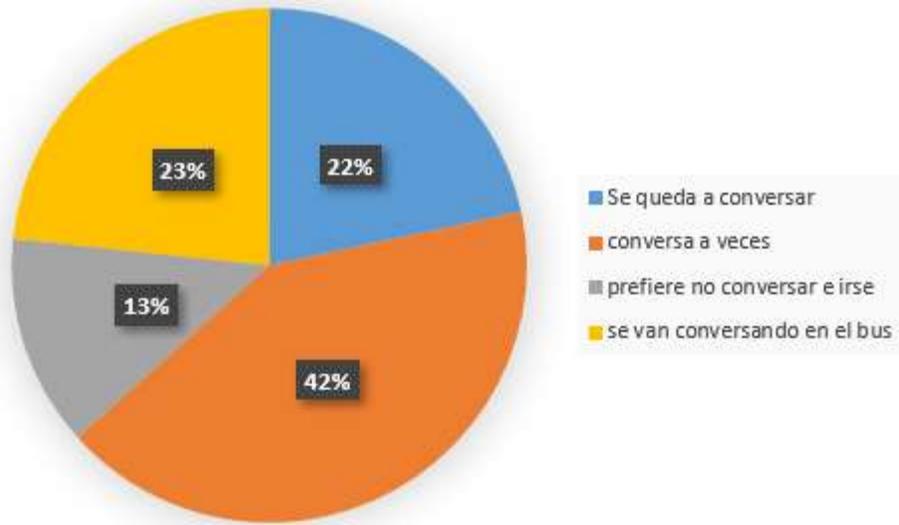


Figura 24. Permanencia en la zona para entablar una conversación

Fuente: Elaboración Propia

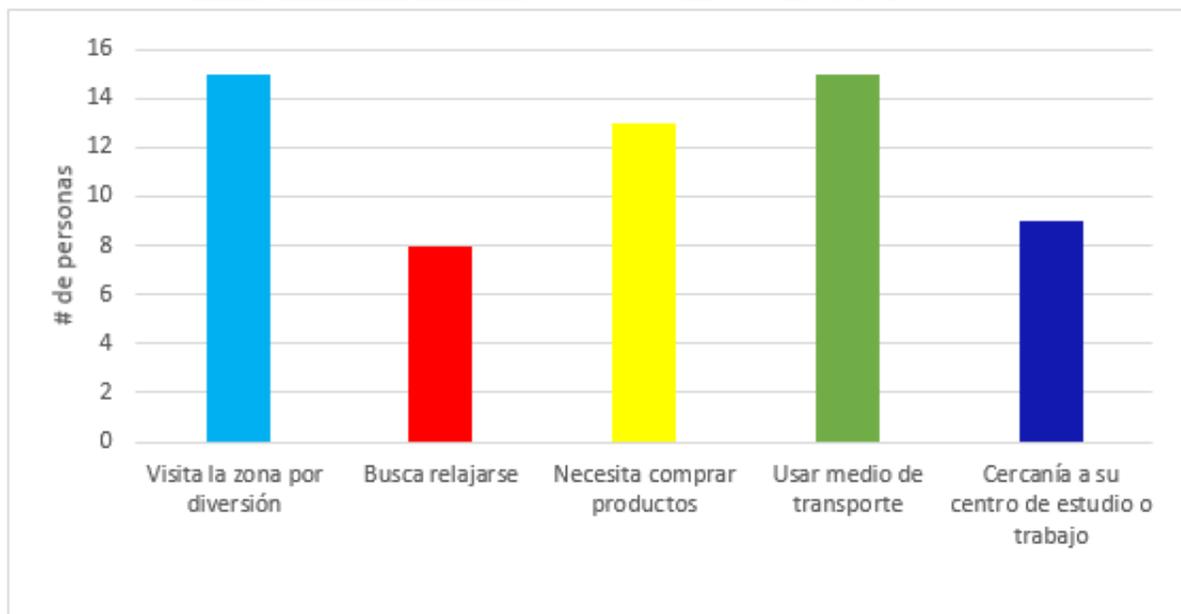


Figura 25. Razones por las que visita la zona

Fuente: Elaboración Propia

Un punto importante fue que muchas personas coincidieron en que existía inseguridad ciudadana debido a que al aumentar la afluencia de público en la zona y con el tráfico vehicular, en algunas ocasiones se presenciaban robos al paso o accidentes de tránsito, ya que todos se pegaban para cruzar a través del óvalo y el espacio de separación era muy pequeño en algunas ocasiones. Raúl Chafloque de 63 años comenta:

“Esta zona siempre ha sido transitada, debido a que la gente toma sus carros por aquí para dirigirse al sur, además cerca de aquí está ubicado el terminal terrestre y los buses causan mucho tráfico cuando giran por el óvalo, aunque ahora como han aumentado los vehículos, se producen mayores embotellamientos y todo es un caos. La presencia policial está por gusto, muchas veces los delincuentes cometen su delito robándose las pertenencias de la gente. Debería haber mayor seguridad que garantice el bienestar de la persona”



Figura 26. Inseguridad por eventos irregulares

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se realizaron preguntas sobre qué podrían mejorar en el ambiente actual, a lo que muchos consideraron el hecho de implementar señales de tránsito, tales como cruces peatonales visibles, puesto que los actuales se encontraban despintados, semaforización y en algunos casos se pedía una reestructuración del ovalo, de las cuales, estos datos fueron tomados en consideración en base a la mayoría de opiniones para la propuesta aplicada en el programa VISSIM. Manuel Chumioque de 35 años de edad opinaba:

“Si tuviera que proponer alguna mejora para esta zona, sería que coloquen semáforos, porque mucha gente cruza sin cuidado debido a que no hay presencia de ellos, eso en algún momento puede causar accidentes, incluso la policía que se encuentra cerca no hace nada, a veces por presión intervienen, con mis hijos debo cruzar con cuidado. Sobre todo, los que no respetan mucho y se meten por donde sea son los mototaxistas, hay todo tipo de peligros por aquí”

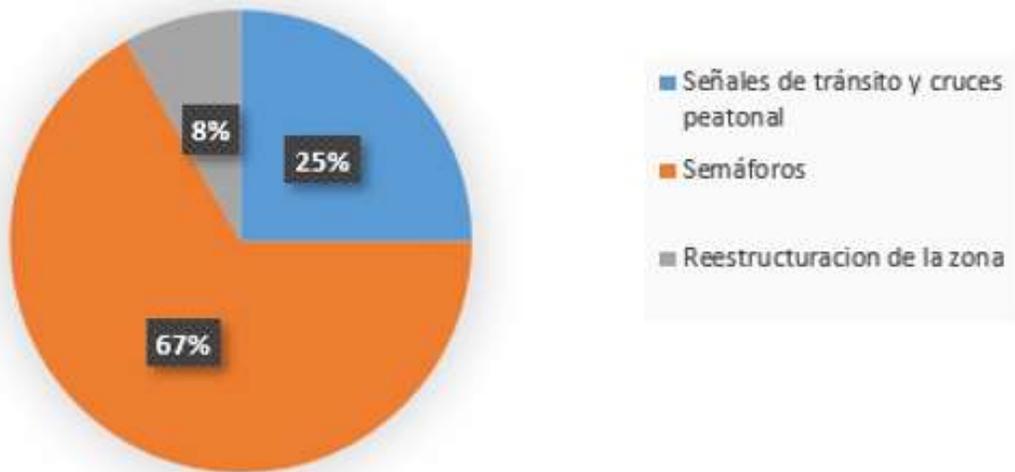


Figura 27. Propuestas de solución

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Aplicación del VISSIM y VISWALK

Con los pasos indicados en la parte de metodología se procedió con la elaboración del modelo de micro simulación peatonal de acuerdo a la recopilación de datos obtenidos en campo. Dentro del proceso de modelamiento existieron algunos problemas al momento de correr por primera vez el programa, puesto que existían muchas áreas de conflicto, unas 194 para autos y 94 para peatones; asimismo, cada una debía tener una asignación con la finalidad de que se asemeje al problema real que actualmente padece la zona de estudio, este paso fue uno de los más difíciles de implantar, debido a que el programa asimila que los autos se movilizan en los lugares designados por el comando “vehicle rutes” y se dispersan a través de ellos. Sin embargo, si no se le coloca prioridad pueden chocar en cualquier momento, lo mismo ocurre al pasar los peatones; así también, la mala designación de prioridades puede ocasionar que se formen colas aún más grandes de las que en realidad se intentan mostrar de acuerdo a lo observado en la investigación de campo.

La siguiente imagen muestra los primeros conflictos que se generaron al realizar la simulación en el programa VISSIM:

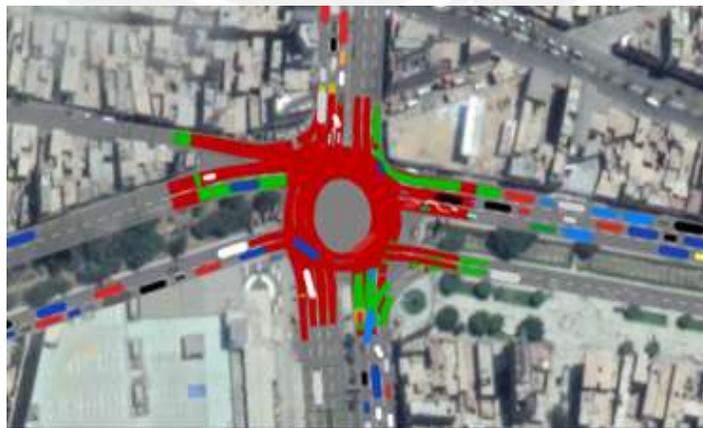


Figura 28. Formación de colas por mala disposición

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente a los problemas presentados, se logró modificar las áreas de conflicto, de

manera tal que al realizar la simulación se asemejara a lo que actualmente ocurre; como lo son la formación de colas a lo largo del tiempo, así como cruces imprudentes del peatón, ya que según lo observado en el campo no había un respeto este en las zonas donde existían cruces peatonales que eran poco visibles debido al desgaste de la pintura, los datos de calibración fueron asignados de acuerdo a lo recopilado para posteriormente ser evaluados con el nuevo modelo a presentar e indicar las mejoras.

Con el objetivo de que se observe una similitud entre el modelo realizado en el software con la versión real, es preciso que se muestren imágenes que asemejen lo visualizado durante la investigación a fin de corroborar la veracidad de la misma.



Figura 29. Cruce de peatones por el óvalo

Fuente: Elaboración Propia



Figura 30. Cruce de peatones por el óvalo en VISSIM

Fuente: Elaboración Propia



Figura 31. Cola de vehículos a lo largo de la Av. Garcilaso De La Vega

Fuente: Elaboración Propia



Figura 32. Modelo de cola de vehículos en la Av. Garcilaso De La Vega en VISSIM

Fuente: Elaboración Propia

Distribución de velocidades deseadas

El procedimiento para determinar el espaciamiento de frecuencias es conocer las variables específicas de la muestra. B. Valores máximos y mínimos. Media muestral y volumen de datos. Estos valores, la diferencia entre los valores máximo y mínimo y el número de intervalos de frecuencia se pueden encontrar mediante la ecuación de la ley de Sturges, que permite calcular la amplitud de cada intervalo. De esta forma, podemos construir el intervalo de frecuencia de velocidad deseado para vehículos y peatones de la siguiente manera:

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}$$

Regla de Sturges: $K = 1 + 3.322 * \text{Log}(n)$

Amplitud de intervalos: $A_i = R/K$

Anteriormente, tenía que recopilar información para una muestra de 20 artículos y registrar la distancia y el tiempo correspondientes. De esta forma se calcularon las velocidades de las carreteras

y con la ayuda del análisis de frecuencia se determinaron las características de frecuencia absoluta de cada carretera.

Tabla 14. Tabla de velocidades para vehículos y peatones correspondientes

N°	V(Km/h)	N°	V(Km/h)
1	25	1	2
2	26.42	2	2.41
3	21.17	3	3.25
4	24.32	4	2.78
5	28.46	5	4.13
6	27.54	6	4.27
7	22.33	7	4.9
8	21.94	8	3.76
9	23.4	9	3.19
10	27.17	10	4.05
11	29.22	11	2.93
12	28.1	12	3.02
13	25.75	13	2.5
14	24.8	14	3.54
15	29.12	15	3.81
16	22.15	16	3.66
17	26.22	17	4.33
18	24.12	18	3.95
19	25.17	19	3.6
20	23.14	20	4.79

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Cuadro de frecuencias de velocidades para los vehículos (Km/h)

Intervalo		\bar{X}	f	hi	F	Hi
Límite inferior	Límite superior					
21.17	22.78	21.98	4	0.2	4	0.2
22.78	24.39	23.59	4	0.2	8	0.4
24.39	26	25.2	3	0.15	11	0.55
26	27.61	26.81	5	0.25	16	0.8
27.61	29.22	28.42	4	0.2	20	1
			20	1		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Cuadro de frecuencias de velocidades para los peatones (Km/h)

Intervalo		\bar{X}	f	hi	F	Hi
Límite inferior	Límite superior					
2	2.58	2.29	3	0.15	3	0.15
2.58	3.16	2.87	2	0.1	5	0.25
3.16	3.74	3.45	6	0.3	11	0.55
3.74	4.32	4.03	6	0.3	17	0.85
4.32	4.9	4.61	3	0.15	20	1
			20	1		

Fuente: Elaboración propia

Desde los diagramas de frecuencia absoluta, ingrese cada diagrama de frecuencia absoluta como el parámetro de "distribución de velocidad deseada" para cada calle en el VIS Walk.

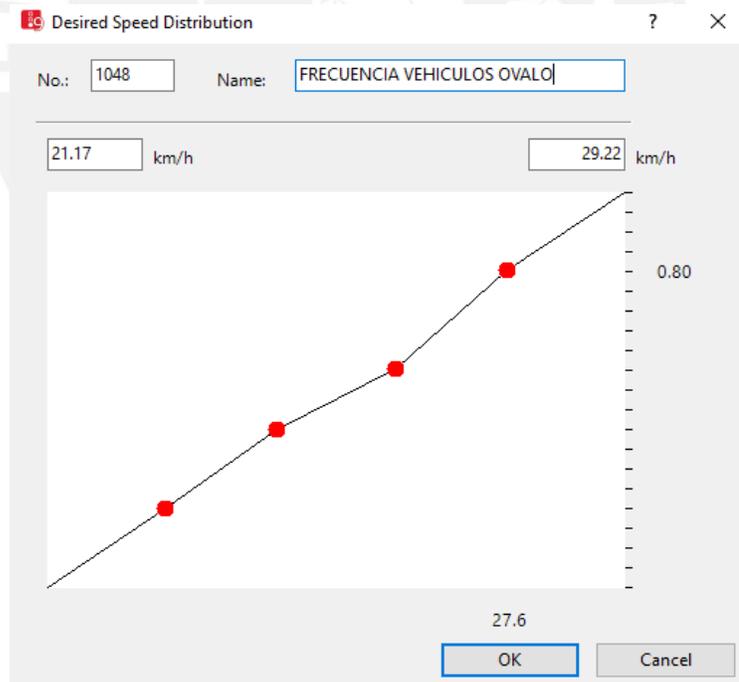


Figura 33. Distribución de velocidades deseadas para los vehículos (Km/h)

Fuente: Elaboración propia

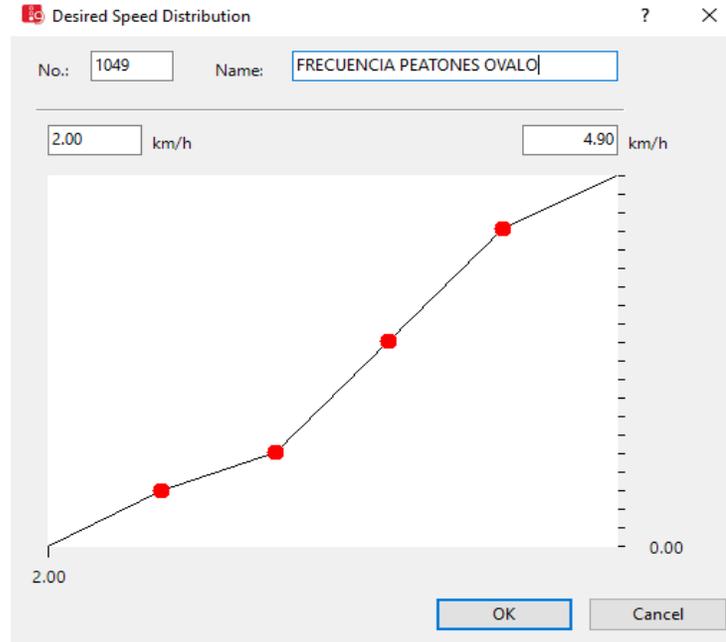


Figura 34. Distribución de velocidades deseadas para los peatones (Km/h)

Fuente: Elaboración propia

El número mínimo de corridas se determina mediante la siguiente fórmula:

$$n_{min} = (t_{\alpha/2} * s / e)^2$$

Donde:

n_{min} : Número mínimo de corridas.

t_{α/2} : Valor de t-student obtenido de tabla según la cantidad de datos.

S : Desviación estándar de la muestra de campo.

e : Error esperado igual al 10% de la media obtenida del software.

De la tabla correspondiente a las velocidades vehiculares obtenidas en campo, se obtuvo:

Número de datos	20
Promedio	25.277
Desv.estándar	2.477974767
V.media (Vissim)	25.23

El valor de $t_{\alpha/2}$ se calcula con la distribución de t-student:

Para una confiabilidad de 95% y n=20 es igual a 2.086

Además: $e=0.1*V_{media} = 0.253$

De la expresión anterior, se obtiene:

$$n_{min} = (2.086 * \frac{2.478}{0.253})^2 = 4.20$$

De la misma manera se calculó para la tabla de velocidades peatonales:

Número de datos	20
Promedio	3.499
Desv. estándar	0.652895575
Vmedia(Viswalk8)	3.13

$$n_{min} = (2.086 * \frac{0.653}{0.313})^2 = 18.93$$

El número mínimo de ejecuciones determinado en cada caso es inferior al número de ejecuciones utilizadas, de lo que podemos concluir que el número de ejecuciones utilizadas para el proceso de calibración es correcto.

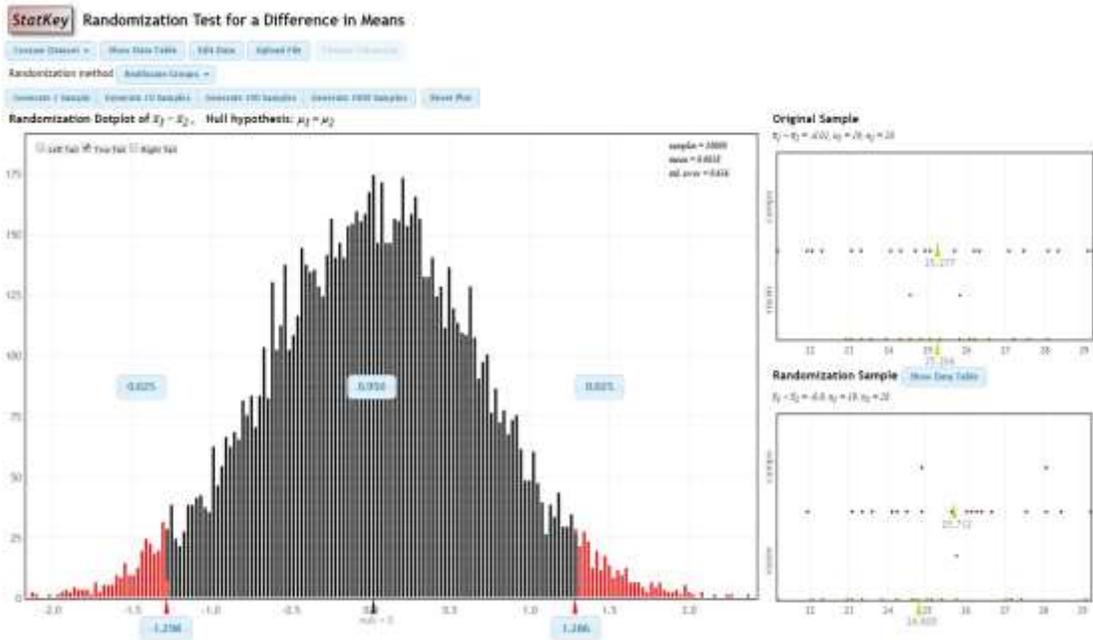


Figura 35. Prueba de aleatoriedad de velocidad para vehículos
Fuente: Adaptado de Statkey

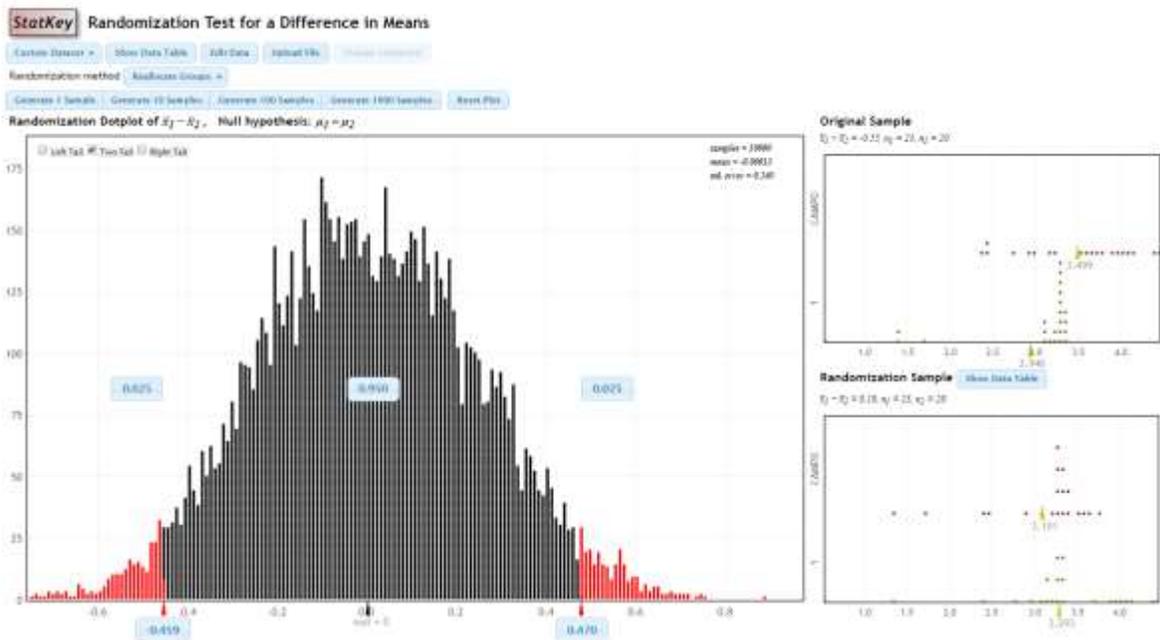


Figura 36. Prueba de aleatoriedad de velocidades para peatones
Fuente: Adaptado de Statkey

De acuerdo al sondeo de encuestas realizadas en la parte cualitativa de esta investigación y tomando en cuenta las respuestas de las personas entrevistadas, se concluyó que para una mejor opción de solución es viable la implementación de señales de tránsito, paraderos autorizados para el transporte público y semaforización del óvalo estudiado. De esta forma, a través de la implementación de estos nuevos datos en el programa VISSIM y VISWALK se pretende mejorar el tránsito vehicular y peatonal, tomando en cuenta los resultados que el programa nos proporcione para corroborar con la veracidad de este; así también, se tiene conocimiento por informes financieros de otras remodelaciones aplicadas en óvalos, que este proceso es económicamente más viable en comparación a un rediseño del mismo óvalo o colocación de un bypass, esto último no es aplicable debido a que el óvalo en estudio no cuenta con las dimensiones requeridas. Antes de continuar con la presentación de resultados es necesario presentar una breve teoría sobre el proceso de elaboración de un semáforo, la cual se presentará a continuación.

Cálculo de los tiempos de semáforo

Lo primero que debe hacer es definir fases que contengan tantas operaciones simultáneas como sea posible para minimizar la latencia. De esta manera, se aumenta la capacidad de vehículos que ingresan a la intersección. En general, el número de fases diferentes debe mantenerse al mínimo por razones de seguridad y eficiencia. Los movimientos elegidos dentro de cada fase deben reducir la continuidad y severidad de los conflictos (Carrasco, 2012).

Siguiendo la metodología de Webster basada en observaciones de campo y simulaciones de varias condiciones de tráfico, descubrió que el tiempo de demora mínimo para los vehículos que viajan en una intersección señalizada se puede determinar como la duración óptima del

ciclo.

$$Tco = \frac{1.5L+5}{1-\sum_{i=1}^{\phi} Y_i}$$

Donde:

Tco = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i

ϕ = número de fases

El total de tiempo verde disponible GT disponible por ciclo para todas las aproximaciones transversales viene dado por:

$$G_t = Tco - L$$

Donde:

G_t = tiempo verde total por ciclo disponible para todos los accesos

Tco = tiempo óptimo de ciclo (s)

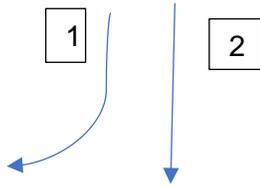
L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Para minimizar el retraso total en las intersecciones, el tiempo de verde efectivo total GT debe distribuirse entre las diversas fases en proporción a los valores de Y_i .

$$G_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Y_i} * G_{t0}$$

Continuando con la solución a presentar, se optó en primera instancia el colocar semáforos en base a 4 fases, sin necesidad de cambiar las rutas de los vehículos implantados en el programa, pero al realizar esta operación con los datos poseídos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Av. Sáenz Peña



Av. Víctor Raúl Haya De La Torre

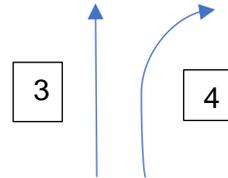
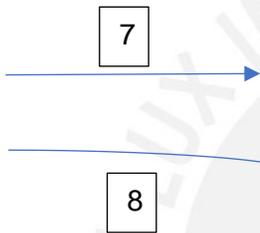


Figura 37. Esquema de fase 1

Fuente: Elaboración propia

Av. Garcilaso De La Vega

(Costado de Tottus)



Av. Garcilaso De La Vega

(Frente de Tottus)

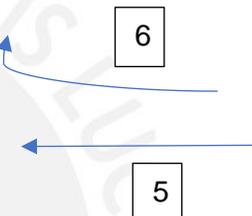
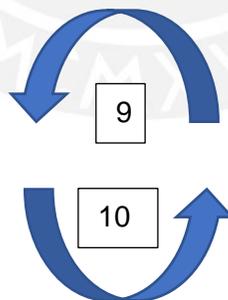


Figura 38. Esquema de fase 2

Fuente: Elaboración Propia

Giro en Av. Víctor Raúl Haya de la Torre



Giro en Av. Sáenz Peña

Figura 39. Esquema de fase 3

Fuente: Elaboración propia

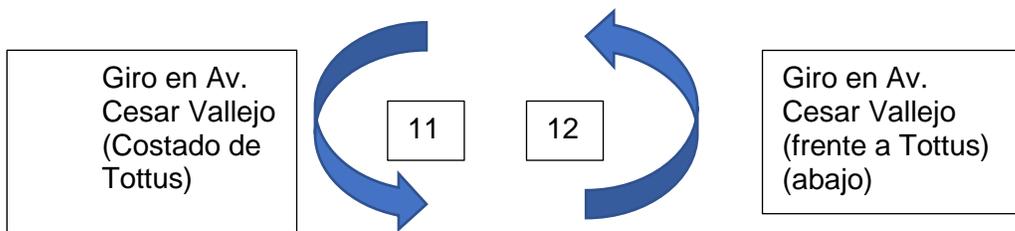


Figura 40. Esquema de fase 4

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidas las fases, se procedió a elaborar el semáforo que sería utilizado para el primer modelo de solución; sin embargo, al realizar esta operación con los datos poseídos, se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17. Parámetros de control de semáforos N°1

FASE	MOVIMIENTO	I (Intensidad)	n (carriles)	feq (factor de equivalencia)	(I x feq)/n	Yi (flujo saturación)			
1	1	685	3	1	228.33	0.127	0.396	Y1	
	2	403	1	1.2	483.60	0.269			
	3	345	3	1	115.00	0.064	0.163		
	4	148	1	1.2	177.60	0.099			
2	5	186	3	1	62.00	0.034	0.215		
	6	271	1	1.2	325.20	0.181			
	7	487	3	1	162.33	0.090	0.300	Y2	
	8	315	1	1.2	378.00	0.210			
3	9	255	1	1.2	306.00	0.170	0.170		
	10	739	1	1.2	886.80	0.493	0.493	Y3	
4	11	415	1	1.2	498.00	0.277	0.277		
	12	513	1	1.2	615.60	0.342	0.342	Y4	
Y =						1.530			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las fórmulas descritas en la parte anterior:

$$P = \text{número fases} * 4 = 16$$

$$Y = Y1 + Y2 + Y3 + Y4 = 0.396 + 0.3 + 0.493 + 0.342 = 1.530$$

$$T_{CO} = \frac{1.5 * 16}{|1 - 1.530|} = 55$$

Tiempo efectivo de verde:

$$G_t = 55 - 16 = 39 \text{ s}$$

$$G_1 = 10 \text{ s}$$

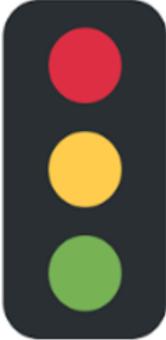
$$G_2 = 8 \text{ s}$$

$$G_3 = 13 \text{ s}$$

$$G_4 = 9 \text{ s}$$

Finalmente:

Tabla 18. *Estimación del tiempo del semáforo según la fase*



	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
ROJO	42	44	39	43
AMBAR	3	3	3	3
VERDE	10	8	13	9
TC	55	55	55	55

Fuente: Elaboración Propia

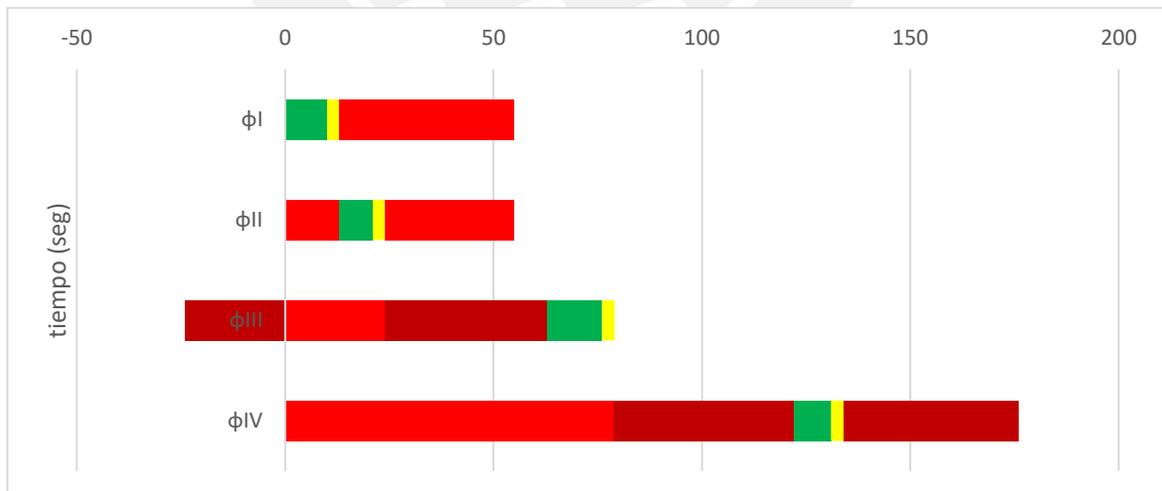


Figura 41. Gráfica de ciclo de semáforo por fase

Fuente: Elaboración Propia

Como se logra observar estos resultados eran muy incoherentes para el presente problema, puesto que se obtenía un tiempo de luz verde de que variaba de 8 a 13 segundos dependiendo de la fase que se había designado y un tiempo negativo de todo rojo de más de 40 segundos lo que obviamente no era lo que se busca en esta investigación, ya que, en lugar de lograr un avance, solo se obtendría un problema aún peor y mucho más conflictivo, por lo que no se consideró como viable esta solución.

Como segunda propuesta de solución, considerando el uso de semáforos, se tomó la decisión de eliminar los giros de vehículos hacia la izquierda, esto es debido a que la geometría del ovalo que se investiga no permite una circulación fluida produciendo una gran congestión en la zona. De esta manera todos los vehículos irán de frente o realizarán giros hacia la derecha y que, en lugar de realizar giros hacia la izquierda, se establezcan lugares de vueltas en “U” para que ellos puedan retornar y así eliminar las colas que se generan actualmente en el ovalo. Llevando a cabo esta aplicación solo necesitarían de 2 fases para la nueva colocación de semáforos, descartando 2 de las anteriores antes mostradas, por lo que quedaría de la siguiente manera:

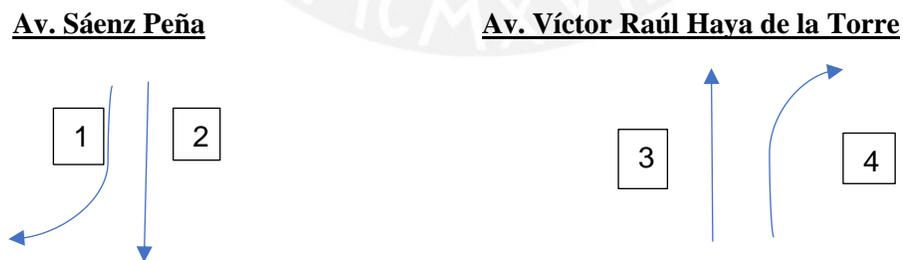
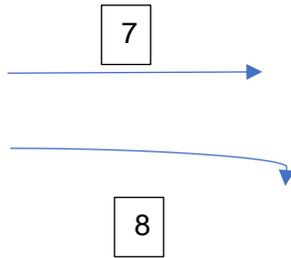


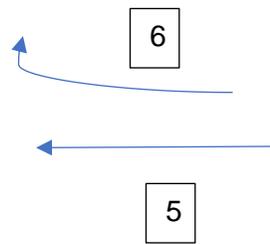
Figura 42. Esquema de fase 1

Fuente: Elaboración propia

Av. Garcilaso De La Vega
(Costado de Tottus)



Av. Garcilaso De La Vega
(Frente de Tottus)



*Figura 43.*Esquema de fase 2

Fuente: Elaboración Propia

Con esta nueva reformulación de las fases, se puede obtener un nuevo tiempo para los semáforos, el cual se espera que sea el más óptimo para la investigación en curso. Este proceso fue realizado continuando el mismo procedimiento.

Intersección con 2 ciclos de semáforo y restricción de giro a la izquierda

Esta alternativa es la más conveniente frente a otras donde no se garantiza un nivel de servicio satisfactorio. Esto se manifiesta como un giro a la izquierda cancelado, lo que requiere que la persona que previamente hizo el giro a la izquierda cruce en línea recta y luego haga un giro en U para completar la trayectoria.

Tabla 19. *Parámetros de control de semáforos N°2*

FASE	MOVIMIENTO	I (Intensidad)	n (carriles)	feq (factor de equivalencia)	q=(I x feq)/n	Yi (flujo saturación)		
1	1	941	3	1	313.67	0.174	0.443	Y1
	2	403	1	1.2	483.60	0.269		
	3	1084	3	1	361.33	0.201	0.299	
	4	148	1	1.2	177.60	0.099		
2	5	602	3	1	200.67	0.111	0.292	
	6	271	1	1.2	325.20	0.181		
	7	1000	3	1	333.33	0.185	0.396	Y2
	8	316	1	1.2	379.20	0.211		

Y =	0.839
-----	-------

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, se repitió el procedimiento anterior en este caso:

$$P = \text{número fases} * 2 = 8$$

$$Y = Y1 + Y2 = 0.443 + 0.396 = 0.839$$

$$T_{CO} = \frac{1.5 * 8}{|1 - 0.839|} = 105$$

Tiempo efectivo de verde:

$$G_t = 105 - 8 = 97 \text{ s}$$

$$G_1 = 51 \text{ s}$$

$$G_2 = 46 \text{ s}$$

Finalmente:

Tabla 20. Estimación del tiempo del semáforo según la fase

	FASE 1	FASE 2
ROJO	50	55
AMBAR	4	4
VERDE	51	46
TC	105	105

Fuente: Elaboración propia

Haciendo la comparación de análisis de los tiempos efectivos de verde entre la solución inicial y final se llega a la conclusión de que la última es la más efectiva, puesto que presenta un tiempo en verde aceptable a comparación del anterior, lo que probablemente logre eliminar las colas generadas actualmente y brinde una mejor calidad de tránsito peatonal, eliminando las colas y brindando seguridad al cruzar las calles que colindan con el óvalo en estudio. Con los resultados obtenidos del semáforo se procede a colocar, en el programa VISSIM a fin de comprobar nuestra teoría.

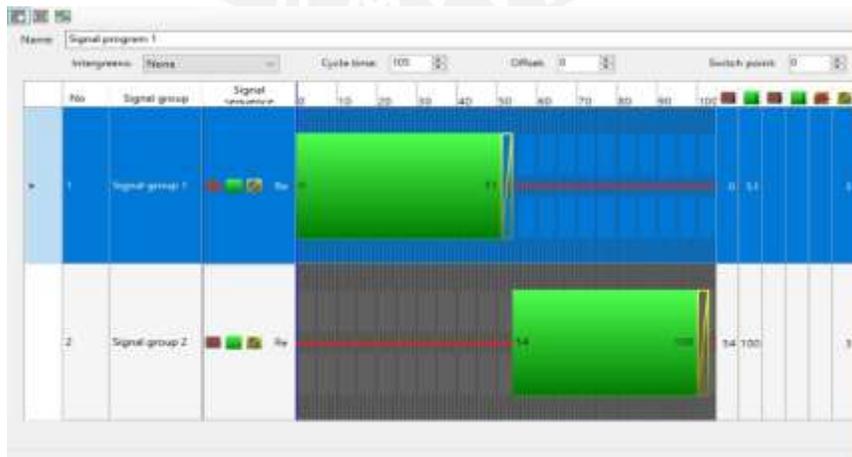


Figura 44. Ciclo y tiempo de semáforos

Fuente: Adaptado del PTV Vissim 8



Figura 45. Vista en planta del óvalo con las modificaciones

Fuente: Adaptado del PTV Vissim 8



Figura 46. Vista en 3D del óvalo modificado

Fuente: Adaptado del PTV Vissim 8



Figura 47. Vista de los Giros en “U”

Fuente: Elaboración Propia

Los datos del programa Vissim, que realizó 20 experimentos, confirmaron que la confiabilidad del nuevo modelo cumplió con los criterios de mejora esperados en este estudio. De igual manera, considerando las condiciones ambientales, se observó una reducción de las colas, la circulación de vehículos y peatones se volvió más fluida y segura, y aplicar estos cambios a la situación actual mejoraría positivamente la zona.

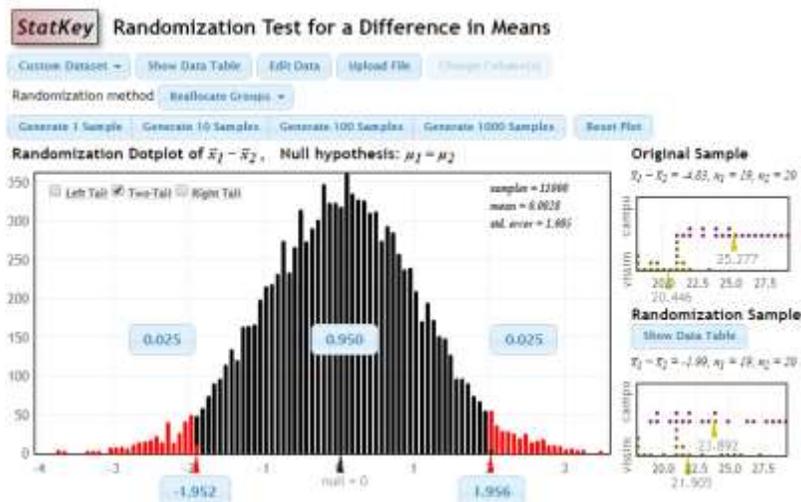


Figura 48. Representación del nuevo modelo (con semáforos) para vehículos

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En esta parte final del estudio, se comentan las conclusiones de cada una de las hipótesis planteadas inicialmente, a partir de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. Además, se hacen una serie de recomendaciones para futuras investigaciones de similar alcance, enfocándose en estudios de la vida urbana en el área de estudio.

Hipótesis: “La circulación peatonal y vehicular, en los alrededores del lugar de estudio, presenta serios problemas que impiden el derecho a la seguridad y movilidad”

Las condiciones iniciales del entorno no fueron las adecuadas dado a que presentaban una serie de deficiencias que se reflejaba claramente en el constante desorden vehicular y el inminente riesgo al cual los peatones estaban expuestos cuando cruzaban las avenidas de la intersección, que se caracterizaban por la falta de señalización y ausencia de semáforos, de tal manera que al realizar la simulación en los peatones se consideró un tau (τ) de 0.80 s y un lambda (λ) de 0.70, estos son índices de comportamiento peatonal, donde el primer parámetro define la repulsión entre peatones y lambda corresponde la eficiencia. Sin embargo, con el nuevo modelo implementando la semaforización se observó que ya no existía ese caos y que por otro lado la zona se había convertido en un lugar más cómodo para transitar, aumentando la eficiencia del lambda a 0.95 y reduciéndose el tau a 0.65, lo que era un factor de indicación de mejora. Cabe resaltar, que gracias a la propuesta de crear una intersección semaforizada restringiendo giros hacia la izquierda se apreció una reducción de las colas de vehículos que se generan en la actualidad, de la misma manera las velocidades de los peatones también disminuyeron mejorando las condiciones de seguridad.

Hipótesis: “Dentro de las mejoras que se proponen, se tiene como un punto importante que la implementación y modificación de los componentes que integran el espacio público, tales como semáforos, pasos peatonales, señales de tránsito, resulten más eficientes y económicos que la necesidad de rediseñar la infraestructura de la zona, como lo son la construcción de puentes peatonales o reducción del óvalo”

Las rotondas o glorietas se caracterizan básicamente por ser autorreguladas sin necesidad de instalar semáforos en cada punto de ingreso ni detenerse frente a una señal, pero si sus flujos de tráfico se encuentran desequilibrados se producen demoras y colas de vehículos muy extensas en algunas entradas, generando malestar en los conductores. Ante esta problemática, se plantean soluciones como la ampliación de la rotonda y su número de carriles, implementar semáforos dosificadores para regular el orden, convertir la glorieta en una intersección o incluso crear enlaces a distinto nivel. Sin embargo, aunque cada una de estas propuestas podrían ser medidas constructivas existen limitaciones a nivel económico y medioambiental que impiden que puedan llevarse a cabo.

Hipótesis: “Las personas se inclinan más por medidas de gestión de tránsito vehicular en lugar de un cambio en la infraestructura”

Dar mayor prioridad y espacio al transporte público y no motorizado, incluyendo la aplicación de diversas medidas básicas como la apertura del acceso peatonal al transporte público que cumpla con los requisitos de seguridad y eficiencia, y alentar a las autoridades competentes a hacerlo. Cree un espacio libre de obstrucciones y fuera del alcance del tráfico de vehículos. Políticas de estacionamiento para evitar el uso excesivo de automóviles en los centros de las ciudades. También existen regulaciones para evitar el estacionamiento en aceras e intersecciones, lo que puede afectar negativamente la calidad del tráfico e incluso

detener el estacionamiento.

Fomentar la implementación de programas de educación vial en los centros educativos y comunitarios locales para alentar a los niños y jóvenes a comportarse bien en todas las situaciones. También promueve los beneficios de practicar métodos de comunicación efectivos. También serían recomendables campañas de sensibilización dirigidas a adultos generalmente indiferentes a estos temas.

5.2 Recomendaciones

- Siempre se debe considerar el bienestar general de la población destinada a pasar por esta área de estudio. Por ello, también se recomienda tener en cuenta la Norma Técnica A.120 “Accesibilidad General de los Edificios” del Código de Edificación del Estado. Se refiere a la inclusión de las personas con discapacidad ya que también tienen derecho a servicios de conducción segura por la calle.

REFERENCIAS

- Alonso, F. (2007). *Algo más que suprimir barreras: conceptos y argumentos para una accesibilidad universal*. Recuperado de http://www.trans.uma.es/pdf/Trans_11/T.15-30.FernandoAlonso.pdf
- Borja, J. y Muxí, Z. (2003). *El espacio público, ciudad y ciudadanía*. Barcelona: Electa.
- Brown, G. & Raymond, C. (2007). The relationship between place attachment and landscape values: Toward mapping place attachment. *Applied Geography*, 89–111. Recuperado: https://www.academia.edu/13930948/The_relationship_between_place_attachment_and_landscape_values_Toward_mapping_place_attachment
- Bull, A. (2003). Congestión de Tránsito: El problema y cómo Enfrentarlo. *Cepal*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/6/S0301049_es.pdf
- Brown, T. y Wyatt, J. (2010). Design Thinking for Social Innovation. *Stanford Social Innovation Review*, 31 – 35. Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/cursodmni/wp-content/uploads/sites/802/2015/08/DMNI-DMG-S01-Design-Thinkng-for-Social-Innovation-.pdf>
- Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review América Latina*. Recuperado de https://emprendedoresupa.files.wordpress.com/2010/08/p02_brown-design-thinking.pdf
- Cabrera, F. (2018). *Gestión del Tránsito*. PUCP. Recuperado de <https://paideia.pucp.edu.pe/cursos/course/view.php?id=44272>

- Cadenas, J., Valdivieso, A. y Vicente, G. (2015). *Propuesta Tecnológica para promover la lectura en niños y niñas del nivel primario bajo el modelo del Design Thinking*. (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima.
- Carlos Dora, Jamie Hosking, Pierpaolo Mudu, Elaine Ruth Fletcher (2011). Transporte Urbano y Salud. Recuperado de https://www.who.int/hia/green_economy/giz_transport_sp.pdf?ua=1
- Carrasco, J. y Clavijo, G. (2012). Diseño de la red semafórica de la Calle Mariscal Lamar desde la calle Manuel Vega hasta la calle Tarqui. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Consorcio de Investigación Económica y Social [CIES]. (2016). *Transporte urbano: ¿Cómo resolver la movilidad en Lima y Callao?*. Lima, Perú: Autor.
- Dirección General del Trafico de España (DGTE) y Ministerio del interior de España (MIE). (2014). *Los peatones*. Recuperado de http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/peatones.pdf
- Dridi, M. (2015). *Simulation of High-Density Pedestrian Flow: Microscopic Model*. arXiv preprint arXiv:1501.06496.
- Gallegos, G. (2015). *Estrategias de Relacionamiento Comunitario Urbano*. (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed. --)*. México D.F.: McGraw-Hill.

- Incio Zapata, D. (2014). *Evaluación del congestionamiento vehicular en la ciudad de Chiclayo y propuestas de mejora*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), Lambayeque.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). *Flujo vehicular por unidades de peaje*. INEI. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03_flujo-vehicular-ene2018.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). *Tránsito de vehículos a nivel nacional aumentó 15,5%*. INEI. Recuperado de <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/transito-de-vehiculos-a-nivel-nacional-aumento-155-10745/>.
- Ishaque M. y Noland R., 2009. “*Pedestrian and Vehicle Flow Calibration in Multimodal Traffic Microsimulation*”.
- Jungwook J. and In-Kyu L. (2009). *Potential Freeway Congestion Severity Measure: Impact of Continuous Congestion Patterns*.
- Kisters, C. y Montes, M. (2010). *Peatones y vehículos, una coexistencia necesaria. Accesibilidad y modalidades de coexistencia de peatones y vehículos*. En M. d. Vivienda, Accesibilidad en los espacios públicos urbanizados.
- Manchego, X. (2017). *Calles para vivir: Design thinking aplicado en las calles para recuperar su valor como espacios públicos*. (Tesis de pregrado) PUCP, Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú (MTCP). (sin fecha). *Guía del Conductor*. Recuperado de <http://www.drctsanmartin.gob.pe/normas.php>

- Municipalidad de Chiclayo. *Diagnóstico Urbano: Modernización de la gestión del desarrollo urbano de la provincia de Chiclayo*”. Recuperado de https://www.munichiclayo.gob.pe/Documentos/PDF_PDUA/PDUA_CAP_III
- Murga Elexpuru M. (2005). Movilidad personal y pública de Infraestructuras en la comunidad autónoma del país vasco: aprendiendo del pasado para diseñar el futuro. *Ekonomiaz* N° 63. España.
- NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (NCHRP) (2010). *NCHRP REPORT 672: Roundabouts: An Informational Guide*. Second Edition Washington D.C. Transportation Research Board.
- NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (NCHRP) (2010). *NCHRP REPORT 674: Crossing Solutions at Roundabouts and Channelized Turn Lanes for Pedestrians with Vision Disabilities*
- Papageorgiou, M. (2003). *Review of road traffic control strategies*.
- PTV (2015). *PTV Vissim User Manual*.
- Ries, E. (2012) *El método Lean startup: cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua*. Barcelona: Deusto.
- Rodríguez, E., Carreras, I. & Sureda, M. (2012). *Innovar para el cambio social: de la idea a la acción*. Barcelona: Esade Instituto de Innovación Social.
- Sanz, A. (2008). *Calmar el tráfico: Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Sarkar, S. (2003). «*Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers*». *Transportation Quarterly*, 57, 39-59.

- Steinbeck, R. (2011). *El "design thinking" como estrategia de creatividad en la distancia*. Recuperado de <https://www.revistacomunicar.com/verpdf.php?numero=37&articulo=37-2011-04>
- Talavera-García, S., Soria-Lara, J., Valenzuela-Montes, L. (2012). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/record/116163>
- Vargas I. (2012). La entrevista en la investigación cualitativa: Nuevas tendencias y Retos. Revista Calidad en la Educación Superior. Recuperado de http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/COLECCION_UNPAN/BOL_DICIEMBRE_2013_69/UNED/2012/investigacion_cualitativa.pdf
- Watson, A. (2015). Design thinking for life. Art Education (Pag 12-18). Recuperado de: http://www.academia.edu/12139850/Design_Thinking_for_Life