

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO PEATONAL EN LA ROTONDA LOS
DELFINES**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Marco Antonio Saldaña Mocarro

ASESOR:

Ing. Félix Israel Cabrera Vega

Lima, octubre, 2020

RESUMEN

El presente trabajo de investigación surge por la necesidad de conocer cuáles son las deficiencias del sistema actual de transporte urbano que perjudican el desplazamiento de los peatones en especial el de los usuarios vulnerables. Para ello, se necesita conocer cuáles son sus características de desplazamiento y necesidades. El presente trabajo de tesis tuvo como objetivo conocer cuáles son las características del desplazamiento peatonal en la rotonda Los Delfines y analizar en qué medida se ve afectado por el tránsito vehicular.

El presente trabajo de estudio es de enfoque mixto ya que presenta variables cuantitativas y cualitativas. El diseño de investigación es el no experimental dado que se observó las variables de investigación en su contexto habitual sin ser manipuladas, este diseño se aplicó de manera transversal correlacional debido a que se obtuvo la información de campo de forma directa con los peatones que transitan en las rotondas y se buscó analizar la incidencia que tiene el tránsito vehicular sobre el peatonal.

Las listas de chequeo muestran que las principales dificultades que padecen los peatones para desplazarse están relacionadas al comportamiento temerario de los conductores, estacionamientos cercanos a los cruceros y paraderos informales. Se encontró que las líneas de deseo no se veían afectadas por la geometría de la rotonda y que los peatones buscan desplazarse por la ruta más corta. Respecto al desplazamiento peatonal se encontró que el comportamiento y las velocidades de los peatones no se veían afectados por el tránsito vehicular, sin embargo, los tiempos de cruce peatonal si presentaban alteraciones debido a ello.

El estudio permitió concluir que la rotonda presenta un diseño geométrico limitado, ya que presenta dimensiones adecuadas, sin embargo, también presenta deficiencias en relación a sus estacionamientos, paraderos informales y carece de un diseño universal para todo tipo de peatones. El tránsito vehicular y el comportamiento de los conductores son factores que inciden en los tiempos de cruce peatonal y en la percepción que tienen sobre la seguridad al cruzar



AGRADECIMIENTOS

*A Dios por haberme bendecido y darme fuerzas para no rendirme
y poder llegar hasta aquí.*

*A mis padres y mi hermana por el apoyo constante brindado
y por la confianza puesta en mí.*

*Al ingeniero Israel Cabrera por su guía, tiempo
y consejos brindados*

Índice

Capítulo I: Introducción	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Preguntas de investigación.....	2
1.2.1. Pregunta general.....	2
1.2.2. Preguntas específicas	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Hipótesis.....	2
1.4.1. Hipótesis general.....	2
1.4.2. Hipótesis específicas.....	3
1.5. Justificación y alcance.....	3
1.5.1. Justificación	3
1.5.2. Alcance y limitaciones	3
Capítulo II: Marco Teórico	4
2.1. Rotondas.....	4
2.1.1. Definición	4
2.1.2. Categorías de una rotonda.....	4
2.1.3. Geometría de una rotonda.....	6
2.1.4. Ventajas y desventajas del uso de rotondas	8
2.2. Características del desplazamiento peatonal	9
2.2.1. Definición de peatón	9
2.2.2. Tipos de peatones y sus características de desplazamiento	10
2.2.3. Comportamiento de peatones en una rotonda.....	17
2.2.4. Evaluación de comportamiento peatonal de rotondas en Perú	20
2.3. Diseño universal.....	21
2.3.1. Definición	21
2.3.2. Principios básicos.....	22
2.3.3. Parámetros de diseño	23
2.4. Seguridad vial.....	25
2.4.1. Tipos de seguridad vial	25
2.4.2. Accidentes de tránsito	26
2.5.1. El concepto de visión cero de Suecia.....	29
Capítulo III: Metodología de la Investigación	31
3.1. Diseño de la investigación.....	32
3.2. Enfoque de la investigación	32

3.3.	Área de estudio.....	32
3.4.	Población, Muestra y Muestreo.....	33
3.4.1.	Población.....	33
3.4.2.	Muestra y Muestreo	33
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
3.5.1.	Lista de chequeo y características geométricas de la rotonda.....	35
3.5.2.	Características del desplazamiento peatonal.....	36
3.5.3.	Velocidades de desplazamiento vehicular	37
3.6.	Herramientas para el procesamiento de datos	38
Capítulo IV: Resultados		39
4.1.	Evaluación seguridad vial y caracterización geométrica de la rotonda	39
4.1.1.	Evaluación de la seguridad vial de la rotonda	39
4.1.2.	Características geométricas de la rotonda.....	40
4.2.	Desplazamiento peatonal.....	40
4.2.1.	Líneas de deseo	43
4.2.2.	Tiempos de cruce peatonales	47
4.2.2.1.	Tiempos de cruce según el carril de inicio del desplazamiento.....	47
4.2.2.2.	Tiempos de cruce según el tipo de peatón	48
4.2.3.	Velocidades de desplazamiento	53
4.2.3.1.	Velocidades según el carril de inicio de desplazamiento.....	53
4.2.3.2.	Velocidades de desplazamiento según el tipo de peatón	56
4.2.4.	Tiempos de cruce y velocidades de desplazamiento de casos particulares	59
4.2.5.	Comportamiento peatonal.....	61
4.3.	Velocidad de vehículos	64
Capítulo V: Conclusiones Y Recomendaciones.....		71
5.1.	Conclusiones	71
5.2.	Recomendaciones.....	72
Bibliografía.....		74

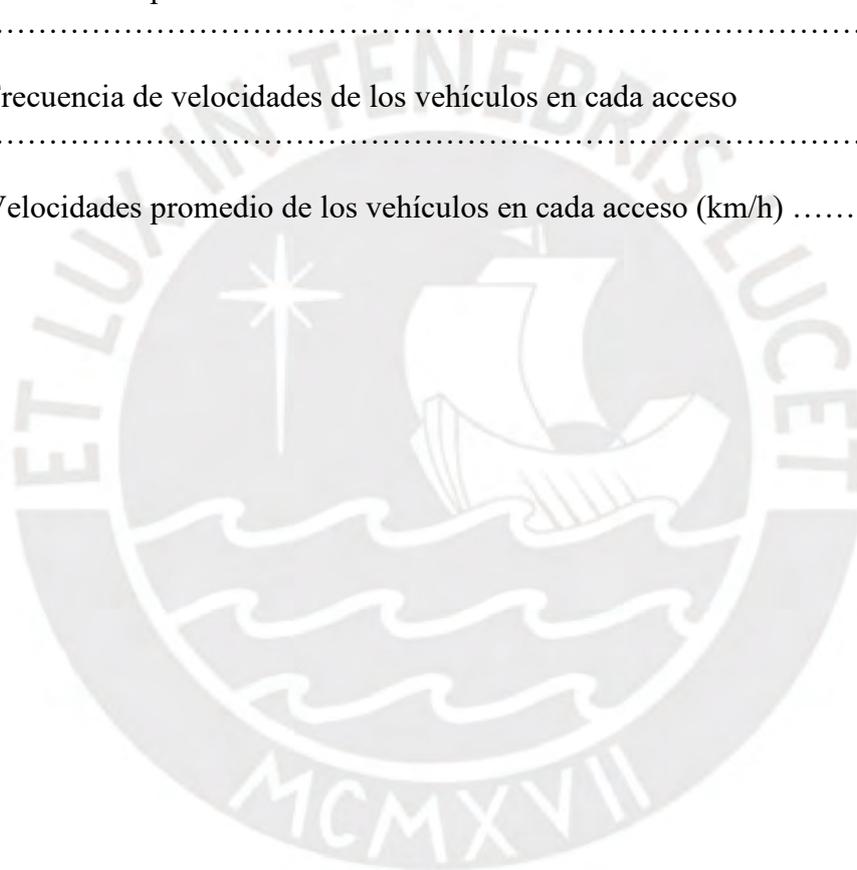
Lista de Figuras

Figura 01: minirotonda típica.....	5
Figura 02: Diseño de una rotonda compacta y una rotonda rural.....	6
Figura 03: Partes de una rotonda.....	7
Figura 04: Parámetros de básicos para diseño de una rotonda.....	8
Figura 05: Clasificación de peatones11.....	11
Figura 06: Comparación campo visual de un peatón adulto y un niño.....	11
Figura 08: Población de Perú según segmentos de edad.....	12
Figura 09: Población estimada de Lima según segmentos de edad.....	12
Figura 10: Porcentajes de la población de Lima según segmentos de edad.....	14
Figura 11: Porcentaje de la población censada con alguna discapacidad Perú año 2017.....	15
Figura 12: Porcentaje de la población censada con alguna discapacidad Lima año 2017.....	16
Figura 13: Porcentaje de la población censada con alguna discapacidad Lima año 2017.....	16
Figura 14: Rutas de inicio del desplazamiento peatonal en una rotonda.....	17
Figura 15: Comportamiento peatonal con interacción vehicular en una rotonda – ruta 1.....	18
Figura 16: Comportamiento peatonal con interacción vehicular en una rotonda – ruta 2.....	19
Figura 17: Rutas de inicio del desplazamiento peatonal en una rotonda20.....	20
Figura 18: deferencia de conceptos entre el diseño accesible y diseño universal.....	22
Figura 19: dimensiones requeridas por persona en muletas y persona ciega.....	24
Figura 20: Relación entre percepción de seguridad y seguridad sustantiva.....	26
Figura 21: Causas de accidentes de tránsito en el departamento de Lima.....	28

Figura 22: Tipos de accidentes de tránsito en el Perú.....	28
Figura 23: Carreteras 2+1.....	30
Figura 24: Descripción de los objetivos de investigación.....	31
Figura 25: Rotonda Los Delfines.....	33
Figura 26: Dimensiones de los ramales de estudio rotonda Los Delfines.....	37
Figura 27: Distancia de recorrido para medición de las velocidades vehicular.....	38
Figura 28: Cantidad de peatones observados de acuerdo al género y al acceso.....	41
Figura 29: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad en la intersección...	41
Figura 30: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad – acceso 1..	42
Figura 31: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad – acceso 2.....	42
Figura 32: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad - acceso 3.....	43
Figura 33: Líneas de deseo acceso 1, peatones inician su desplazamiento por el carril de salida	44
Figura 34: Líneas de deseo acceso 1, peatones inician su desplazamiento por el carril de entrada.....	44
Figura 36: Líneas de deseo acceso 2, peatones inician su desplazamiento por el carril de salida	45
Figura 35: Líneas de deseo acceso 2, peatones inician su desplazamiento por el carril de entrada	45
45.....	
...	
Figura 37: Líneas de deseo acceso 3, peatones inician su desplazamiento por el carril de salida	46
Figura 38: Líneas de deseo acceso 3, peatones inician su desplazamiento por el carril de entrada	46
46.....	
.....	
Figura 39: Tiempos de cruce peatonales según el lugar donde inician el desplazamiento (seg)	47
Figura 40: Tiempos de cruce peatonales según el acceso de análisis (seg)	48

Figura 41: Tiempos de cruce peatonales según su rango de edad - carriles de entrada (seg)	49
Figura 42: Tiempos de cruce peatonales según su rango de edad - carriles de salida (seg)	49
Figura 43: Tiempos de cruce peatonales según Tipo de peatón – acceso 1 (seg).....	51
Figura 44: Tiempos de cruce peatonales según Tipo de peatón – acceso 2 (seg).....	52
Figura 45: Tiempos de cruce peatonales según Tipo de peatón – acceso 3 (seg).....	53
Figura 46: Velocidad de los peatones respecto a su lugar de inicio de desplazamiento (m/s)	54
.....	
Figura 47: velocidades peatonales según el acceso y su lugar de inicio de desplazamiento (m/s)	55
Figura 48: velocidades de los peatones por carril según el acceso de análisis.....	55
Figura 49: velocidades de los peatones en los carriles de entrada a la rotonda (m/s).....	56
Figura 50: velocidades de los peatones en los carriles de salida de la rotonda (m/s).....	57
Figura 51: velocidades por tipo de peatón – acceso 1 (m/s).....	58
Figura 52: velocidades por tipo de peatón – acceso 2 (m/s)	58
Figura 53: velocidades por tipo de peatón – acceso 3 (m/s)	59
Figura 54: Cantidad de peatones observados - mujer embarazada, niños acompañados y mujer con coche de bebé.....	60
Figura 55: Tiempos de cruce - mujer embarazada, niño acompañado y mujer con coche de bebé (seg)	60
Figura 42: Velocidades promedio - mujer embarazada, niño acompañado y mujer con coche de bebé (m/s).....	60
Figura 56: Velocidades promedio - mujer embarazada, niño acompañado y mujer con coche de bebé (seg).....	60
Figura 57: Comportamiento de los peatones en el carril de entrada a la rotonda.....	61
Figura 58: Comportamiento de los peatones en el carril de salida de la rotonda.....	62
Figura 59: Comportamiento de los peatones según el acceso y el carril de cruce.....	63

Figura 60: Uso de los cruceros peatonales según el lugar donde inician su desplazamiento.....	64
Figura 61: Cantidad de vehículos evaluados en la rotonda.....	64
Figura 62: Cantidad de vehículos evaluados en los carriles de entrada según cada acceso.....	65
Figura 63: Cantidad de vehículos evaluados en los carriles de salida según cada acceso.....	65
65	
Figura 64: Velocidades promedio de los vehículos en los carriles de ingreso (km/h).....	66
Figura 65: Velocidades promedio de los vehículos en los carriles de salida (km/h).....	67
Figura 66: Frecuencia de velocidades de los vehículos en cada acceso (km/h).....	69
Figura 67: Velocidades promedio de los vehículos en cada acceso (km/h)	70



Lista de Tablas

Tabla 01: Ventajas y desventajas del empleo de rotondas en una intersección.....	9
Tabla 02: Tipos de peatones según su movilidad.	10
Tabla 03: Velocidades de desplazamiento según su condición de peatón.....	14



Capítulo I: Introducción

1.1. Descripción del problema

En la actualidad, la mayoría de ciudades que presentan una gran densidad demográfica tienen consigo un alto nivel de congestión vehicular a determinadas horas del día. Este congestionamiento es conocido como “hora punta” y trasladarse durante este periodo de tiempo es una tarea tediosa.

En el Perú, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), la ciudad de Lima presenta una alta densidad demográfica de 9 millones 320 mil habitantes lo cual representa el 30% de la población total de peruanos aproximadamente, en donde todos los ciudadanos buscan la mejor manera de desplazarse desde su hogar hasta sus centros de estudios, centros de trabajo, etc. La centralización de Lima hace que las personas se desplacen mayores distancias generando que la mejor forma de transportarse sea en automóvil particular o en transporte público, lo cual provoca la saturación vehicular de las vías en la hora punta. Esto genera que la construcción de la infraestructura vial se vea orientado a evitar el congestionamiento vehicular dejando de lado en el diseño al desplazamiento peatonal.

El diseño de cualquier vía debe realizarse considerando los diferentes tipos de desplazamiento de peatones, el cual varía en función a sus capacidades y necesidades físicas. Según la Dirección General de Tráfico del Ministerio del interior de Madrid (2011) los peatones son vulnerables frente a los medios de transporte a motor (automóviles privados, transporte público, etc.) y más aún si pertenecen al grupo de movilidad reducida – personas que se desplazan en silla de ruedas, ancianos, niños, etc. Debido a ello, surge la necesidad de identificar las deficiencias del sistema actual, que perjudican a los usuarios vulnerables, para lograr una mejora en las características de desplazamiento de estos usuarios y, en general, en la calidad de vida de todos los ciudadanos.

1.2. Preguntas de investigación

1.2.1. Pregunta general

¿En qué medida el tránsito vehicular en la rotonda Los Delfines afecta al desplazamiento peatonal?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuáles son las dificultades relacionadas a la seguridad vial que padecen los peatones al desplazarse en la rotonda?
- ¿Cuáles son las líneas de deseo de los peatones y cuáles son las características del diseño geométrico de la rotonda que influyen al desplazamiento peatonal?
- ¿Cómo influye el tránsito vehicular en el comportamiento de los peatones, sus tiempos de espera y sus velocidades de desplazamiento?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar cómo se ve afectado el desplazamiento peatonal en la rotonda Los Delfines debido al tránsito vehicular.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las dificultades relacionadas a la seguridad vial que padecen los peatones para desplazarse en la rotonda.
- Determinar si las características geométricas de la rotonda afectan a las líneas de deseo peatonales.
- Explorar si el comportamiento, los tiempos de espera y velocidades de los peatones se ven afectados debido al tránsito vehicular en la rotonda.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El desplazamiento peatonal en la rotonda Los Delfines se ve afectado debido al tránsito vehicular.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las principales dificultades que presentan los peatones para desplazarse en la rotonda están asociadas a la seguridad vial.
- Las líneas de deseo peatonales indican la inconformidad al desplazarse en la rotonda debido a que sus características geométricas son inadecuadas y dificultan el desplazamiento del peatón.
- La velocidad, el tamaño y la cantidad de los vehículos que transitan por la rotonda impide un cruce seguro y rápido del peatón.

1.5. Justificación y alcance

1.5.1. Justificación

La importancia de este estudio radica en determinar en qué medida el desplazamiento de los peatones en una rotonda se ve afectado debido al tránsito vehicular, lo cual permitirá proponer recomendaciones complementarias al diseño para mejorar las características del desplazamiento peatonal en la rotonda sin afectar el tránsito vehicular. Asimismo, se pretende promover el desarrollo del concepto de diseño universal en el país.

1.5.2. Alcance y limitaciones

En la presente investigación de tesis se desarrolla el análisis de desplazamiento de los peatones en la rotonda Los Delfines teniendo en cuenta las condiciones del entorno de la zona como centros de estudios, paraderos de transporte público, educación de los conductores y peatones, etc. El análisis de desplazamiento vehicular y el diseño de la rotonda no se desarrollará debido a la amplitud del tema y al corto plazo de desarrollo de la tesis. Cabe resaltar que el desarrollo de la tesis se dio durante la pandemia mundial del COVID-19 lo cual generó limitaciones en la recolección de datos.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Rotondas

2.1.1. Definición

De acuerdo con Bie, Lo, & wong (2010), la rotonda se podría definir como un cruce de calles, avenidas o carreteras donde las señales de tráfico son reemplazadas por las reglas de prioridad por medio de la asignación de derechos de paso entre los diferentes flujos de tráfico que se presenta durante la circulación de la rotonda. Los mismos autores indican que a diferencia de una intersección común donde la entrada de vehículos al cruce es controlada por señalización (semáforos), en una rotonda los vehículos que entran al cruce deben dar el derecho de paso a los vehículos que ya están circulando en la rotonda.

Una rotonda también se podría definir como la intersección giratoria de ramales que presenta una isleta central por la cual se desplazan los vehículos en sentido antihorario, teniendo prioridad de paso aquellos vehículos que circulan dentro de ella. Este tipo de intersección aparece a principios del siglo XX como un intento de remediar los problemas de congestión y accidentabilidad en las intersecciones de calles de la ciudad. La propuesta fue realizada por el ingeniero William Eno y el arquitecto Eugene Hérnard, la cual tenía como idea principal “obligar a los vehículos a rodear un obstáculo, describiendo trayectorias casi concéntricas que se corten bajo ángulos muy pequeños” (Bañon & Beviá, 2000, p.119).

2.1.2. Categorías de una rotonda

La clasificación de las rotondas se puede hacer de distintas maneras, según FHWA (2000) una forma de categorizarlas es según su tamaño, el entorno y el número de carriles, con este criterio de categorización se obtienen seis categorías y son las siguientes: minirotondas, rotondas compactas, rotondas urbanas de un solo carril, rotondas urbanas de doble carril, rotondas rurales de un solo carril y rotondas rurales de doble carril. De acuerdo a FHWA (2010), se clasifica a las rotondas según su tamaño y número de carriles en 3 categorías: minirotondas, rotondas de un solo carril y rotondas de varios carriles.

Según FHWA (2000), las minirotondas son pequeñas rotondas utilizadas en áreas urbanas de baja velocidad. Para este tipo de rotondas la velocidad máxima de diseño de ingreso recomendada es de 25 km/h. El uso de esta categoría de rotondas es en zonas donde no hay suficiente derecho de paso para rotondas de mayores dimensiones. El beneficio de estas rotondas es que son amigables para los peatones debido a las distancias cortas de cruce y a las

bajas velocidades de los vehículos. Acorde con Bañón & Beviá (2000), otras ventajas del uso de las minirotondas es la facilidad de su construcción, su costo relativamente económico, etc. Además, una de las principales ventajas de las minirotondas es que debido a su reducido tamaño es una buena solución para zonas urbanas que tienen gran densidad vehicular, frecuentemente se usa en intersecciones preexistentes que han quedado saturadas. Sin embargo, una desventaja de este tipo de rotondas es que la isleta central suele ser montable, eso quiere decir que los vehículos pueden invadirlo con relativa facilidad, esto se debe a que los vehículos largos de mayor radio de giro no pueden maniobrar fácilmente en un espacio tan reducido y por ende invaden la isleta central.

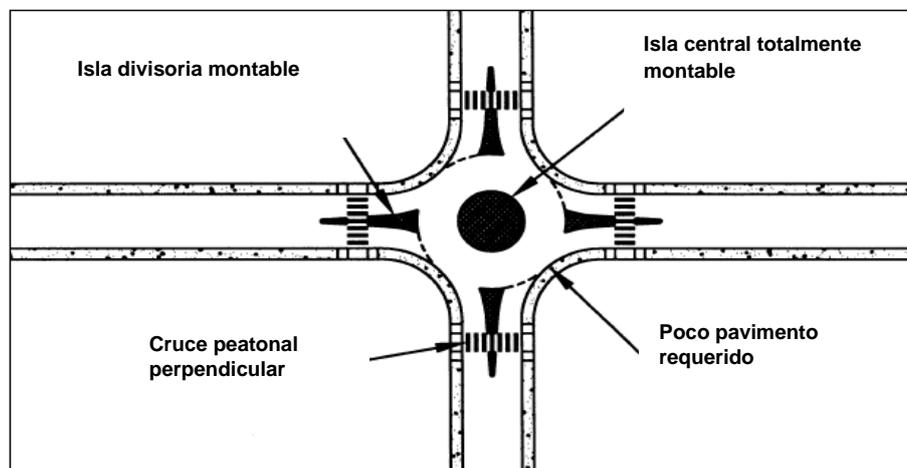


Figura 01: minirotonda típica.

Fuente: Adaptado de FHWA (2000)

Las rotondas compactas, al igual que las miniglorietas se caracteriza por ser amigable con los peatones y los ciclistas debido a que sus ramales de aproximación son perpendiculares a la isleta central lo cual genera que los vehículos reduzcan considerablemente su velocidad para ingresar a la rotonda. La capacidad vehicular de este tipo de rotondas es mayor al de las miniglorietas debido a su mayor tamaño (FHWA, 2000). De acuerdo a DMRB (2019), su diseño geométrico presenta islas divisorias elevadas, ramales de un solo carril en entrada y salida, no presentan ramales acampanados, etc. (figura 2, parte a). Las rotondas urbanas, presentan mayor capacidad vehicular que las rotondas compactas dado que sus diámetros del círculo circunscritos de su diseño son mayores y sus carriles de entrada-salida son más

tangenciales a la isleta central. Además, su diseño permite velocidades ligeramente más elevadas en la entrada, circulación y en la salida de la rotonda.

Las rotondas rurales, se caracterizan por tener un alto promedio de velocidades de aproximación, 80 a 100 km/h. Se necesitan dispositivos de control de tráfico para alentar al conductor a reducir la velocidad antes de ingresar a la rotonda. Otra característica importante es que presentan diámetros mayores que las rotondas urbanas y por ende este tipo de rotondas se usa en zonas donde no se espere gran cantidad de tránsito peatonal (FHWA, 2000). De acuerdo a DMRB (2019), este tipo de rotondas presenta ramales acampanados y esto se debe a que admite mayores velocidades de entrada generando que sus carriles sean más tangenciales a la isleta central tal como se muestra en la figura 2b.

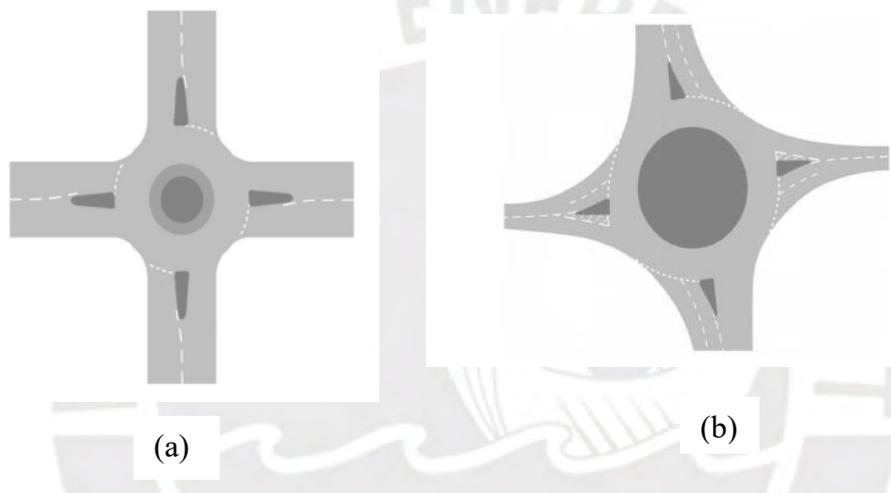


Figura 02: Diseño de una rotonda compacta y una rotonda rural

Fuente: DMRB (2019)

2.1.3. Geometría de una rotonda

A continuación, en la figura 3 se muestra las partes generales por las cuales está conformada una rotonda típica. La isla central es el área central de una rotonda alrededor de la cual circula el tráfico. Las islas divisorias cumplen la función de separar la entrada y la salida del tráfico, proporcionar espacio de almacenamiento para que crucen los peatones, etc. La calzada de circulación es el camino circulatorio curvo utilizado por los vehículos para circular en sentido anti-horario alrededor de la isla central.

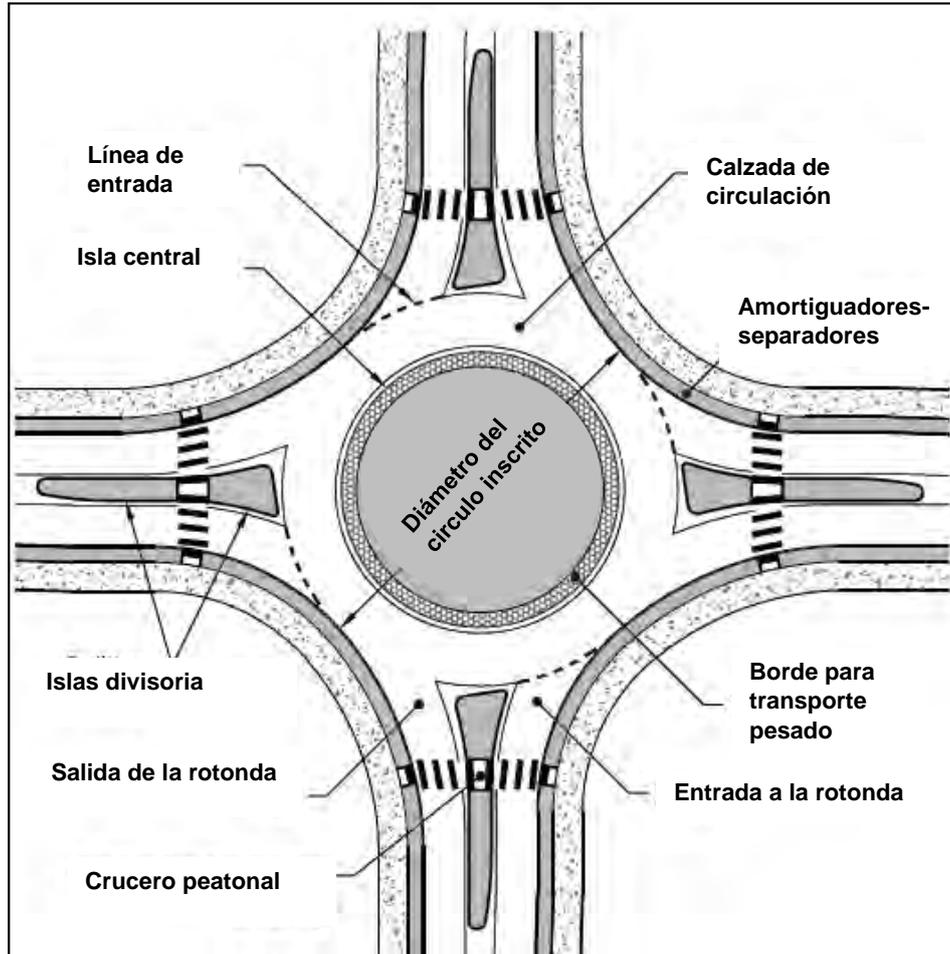


Figura 03: Partes de una rotonda

Fuente: Adaptado de FHWA (2010)

El borde de transporte pesado es una porción montable de la isla central adyacente a la calzada circulatoria que se coloca en rotondas pequeñas para que los vehículos largos puedan girar sin problemas. La Línea de entrada es una marca de pavimento que se usa para marcar el punto de entrada a la calzada circular de la rotonda. El cruceo peatonal corta las islas divisorias para permitir el paso de los peatones, personas en silla de ruedas, ciclistas, etc. Finalmente, los amortiguadores-separadores se encuentran en la mayoría de rotondas y su función es la de separar el tránsito vehicular del tránsito peatonal, además cumple la función de incitar a los peatones de cruzar por el lugar designado.

El diseño de una rotonda se realiza considerando dos factores importantes, los cuales son: capacidad y seguridad. Estos factores son inversamente proporcionales, es decir cuando se diseña la rotonda para que opere con mayor seguridad su tamaño se reduce y su geometría fuerza a los vehículos a entrar y circular a bajas velocidades, esto genera que la capacidad de

la rotonda disminuya, lo mismo ocurre si es que se busca aumentar la capacidad de la rotonda, porque para lograr esto se tiene que aumentar el tamaño de ella para que los vehículos transiten con mayor velocidad, lo cual reduce su nivel de seguridad (FHWA, 2010). A continuación, se muestra los parámetros básicos de geometría de una rotonda típica recomendados por Bañón & Beviá (2000).

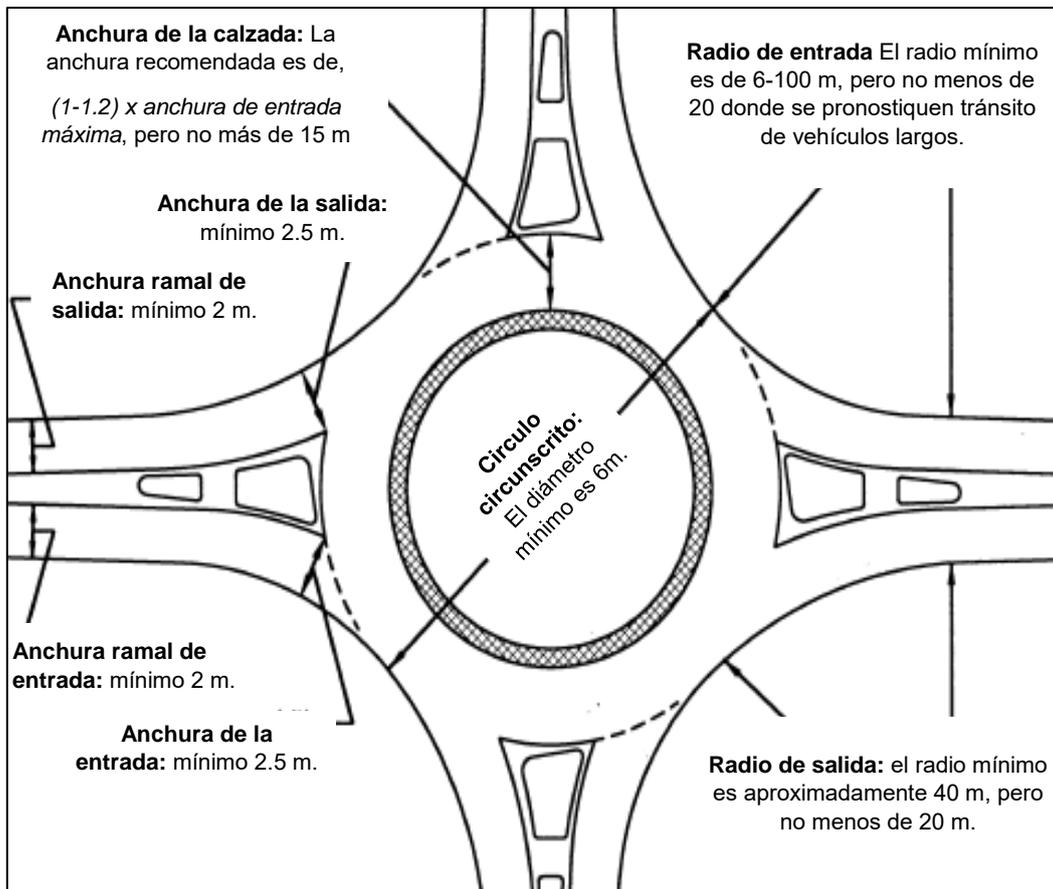


Figura 04: Parámetros de básicos para diseño de una rotonda.

Fuente: Adaptado de (Bañón & Beviá, 2000).

2.1.4. Ventajas y desventajas del uso de rotondas

El uso de rotondas en las intersecciones de vías presenta como una de sus principales ventajas reducir tanto la tasa de accidentes como la gravedad de ellos, debido a que tienen menos puntos de conflicto y los vehículos en la rotonda generalmente reducen sus velocidades. Otra ventaja adicional es que permite facilidad al realizar la maniobra de “giro en U”. (Bie et al. 2010). Sin embargo, el uso de rotondas también presenta desventajas y una de ellas son los problemas de desplazamiento que genera a los peatones (Bañón & Beviá, 2000).

A continuación, en la tabla 1 se presenta un cuadro resumen de las ventajas y desventajas que ofrecen las glorietas.

Tabla 01: Ventajas y desventajas del empleo de rotondas en una intersección.

Fuente: Adaptado de Bañón & Beviá (2000)

ROTONDAS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de intersección de múltiples ramales • Mejoran la capacidad vehicular de la intersección • Disminuye la tasa de accidentes y la gravedad de ellos. • Diseñada correctamente, ofrece mayor fluidez y seguridad que una intersección común. • Conecta vías de distinto régimen y categoría. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera pérdida de prioridad de las vías conectadas a la rotonda. • Impone demoras a todos los usuarios. • Plantea problemas de desplazamiento a los peatones. • Genera dificultad de desplazamiento de los ciclistas. • Diseñada incorrectamente, puede desvirtuar todas las ventajas que en teoría posee.

Según el reporte 672 producido por NCHRP (2010), se analiza el antes y el después para 9 conversiones de intersecciones comunes a rotondas, se estimaron una reducción del 48% en todos los choques y una reducción del 78% en los choques con lesiones. Este estudio confirmaría la gran ventaja del uso de rotondas a comparación de las intersecciones comunes, además un estudio de 11 intersecciones en Kansas encontró una reducción de 65% del promedio de demoras y una reducción de 52% en las paradas de vehículos después de que se instalaran las rotondas (FHWA, 2013).

2.2. Características del desplazamiento peatonal

2.2.1. Definición de peatón

De acuerdo a CCMTA (2013), Se define como peatón a cualquier usuario de la vía que no esté dentro de un vehículo motorizado y que a su vez no es ciclista. Los peatones están conformados por todo tipo de personas de diferentes edades, capacidades y necesidades, por ejemplo: niños, adultos mayores, personas con necesidades especiales, etc. Según la MINEDU (2008) se define a los peatones como personas que transitan a pie por las calles, veredas, pistas, etc.; personas

que empujan un auto, una silla de ruedas, etc. o también personas que conduzcan a pie un triciclo, una viciqueta, etc.

2.2.2. Tipos de peatones y sus características de desplazamiento

La clasificación de los peatones según sus capacidades y carencias es fundamental para determinar las necesidades que requieren de acuerdo a sus características de desplazamiento. Para eso existen diferentes formas de categorizarlos, de acuerdo a la NZTA (2009) una manera de hacerlo es según sus características de movilidad. En la tabla 2 se muestra la categorización de los subgrupos.

Tabla 02: Tipos de peatones según su movilidad.

Fuente: Adaptado de NZTA (2009)

TIPO DE PEATONES	SUB-GRUPO
A pie	Peatón sin restricción de movilidad
	Corredor/Trotador
	Peatón adulto
	Peatón joven
	Peatón minusválido
	Peatón adulto mayor
	Peatón con perro guía
	Peatón con discapacidades sensoriales
	Peatón con bastón
Sobre ruedas	Peatón en patines de una línea de ruedas
	Peatón con patines de cuatro ruedas
	Peatón con skateboards
	Peatón con scooters
	Peatón con coches de bebés
Movilidad reducida	Peatón con scooters de minusválidos
	Peatón con silla de ruedas manual
	Peatón con silla de ruedas eléctrica
	Peatón con andador

Por otro lado, dentro de la categoría de peatones existe un grupo que presenta un mayor grado de vulnerabilidad que los demás debido a sus condiciones físicas y psicológicas. Según la Dirección de Tráfico del Ministerio del Interior de Madrid (2011), este grupo de peatones vulnerables se clasifica en tres sub-grupos, los cuales son: niños, personas mayores y personas con movilidad reducida.



Figura 05: Clasificación de peatones.

Fuente: Adaptado de DGT – Ministerio del interior de Madrid (2011).

Los niños son una categoría de peatones que presentan una gran vulnerabilidad debido a que su desarrollo físico, cognitivo, visual y auditivo no se compara al de un peatón adulto. Además, presentan un mayor riesgo de sufrir algún accidente al cruzar la calle puesto que esta acción implica procesos y comportamientos complejos (planificar la ruta, calcular la distancia de cruce, evaluar la velocidad del vehículo de aproximación, etc.) que aún no se han desarrollado por completo en ellos. Asimismo, la baja estatura de los niños es un factor fundamental a considerar al momento de evaluar su nivel riesgo, debido a que su nivel de visión los obliga mirar hacia arriba y sobre los vehículos, y además los hace difíciles de detectar para los conductores (CCMTA, 2013). Cabe resaltar que los niños no presentan la misma reacción ni el mismo rango visual que un peatón adulto ante la ocurrencia de eventos imprevisibles (figura 06), lo cual genera que su riesgo de sufrir lesiones incremente (DGT, 2011).



Figura 06: Comparación campo visual de un peatón adulto y un niño.

Fuente: Adaptado de DGT – Ministerio del interior de Madrid (2011).

Otro grupo son los adultos mayores que su grado alto de vulnerabilidad se debe sus características y condiciones físicas que limitan sus habilidades para transitar por la calle. Para esta categoría de peatones el caminar es una actividad muy frecuente debido a que los mantiene saludables y activos por más tiempo, pero esta actividad les puede ser peligrosa realizarla en zonas de alto tráfico debido puesto que presentan una visión y audición limitada, tienen un menor tiempo de reacción y de toma de decisiones, sus velocidades de desplazamiento son bajas, sus niveles de atención ante el tráfico son bajos debido a que le ponen mayor atención a su caminar para evitar caerse, etc. Asimismo, este tipo de peatones son más propensos a sufrir lesiones graves o críticas debido a su fragilidad física, por ejemplo: fragilidad a la ruptura de huesos, estructuras cerebrales vulnerables, etc., además el tiempo de recuperación ante una lesión es más largo (CCMTA, 2013).

Las personas con movilidad reducida, son el tercer grupo de peatones que presenta un nivel alto de vulnerabilidad, esto se debe a su bajo nivel visión que presentan cuando andan en silla de ruedas y a su baja velocidad de desplazamiento. Además, dentro de este grupo existe personas de avanzada edad incrementando aún más su nivel de vulnerabilidad (DGT, 2011). De acuerdo con el departamento de estadística - C.P.I. (2019), en el Perú, gracias a los censos realizados en el año 2017 por el INEI y a las estimaciones para el año 2019, se obtiene que la categoría de los niños (cero a cinco años) representan el 10.4% de la población nacional y los adultos mayores (56 años a más) representan el 14% de la población nacional (figura 08).

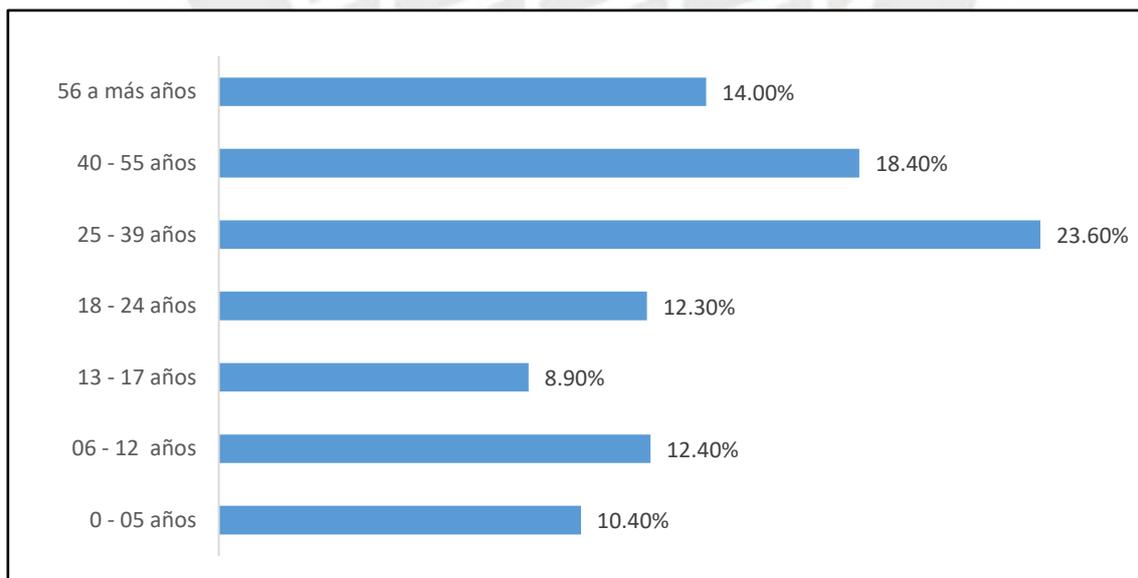


Figura 08: Población de Perú según segmentos de edad.

Fuente: Adaptado de departamento de estadística - C.P.I. (2019)

En las figuras 09 y 10 se observa que en la provincia de Lima la población que pertenece a la categoría de niños (cero a cinco años) son 1 millón 46 mil 300 personas y representan el 9% de la población total censada, para el caso de los adultos mayores (56 años a más) la población es de 1 millón 734 mil 200 personas y representan el 15% de la población censada, estas cifras permiten saber que aproximadamente un 30% de limeños pertenece al grupo de usuarios vulnerables que necesitan transitar por la ciudad considerando que está ha sido diseñada priorizando el tránsito vehicular sobre el peatonal. De acuerdo a la Dirección de tráfico del ministerio del interior de Madrid (2011), lo correcto sería realizar un diseño viario de tal forma que proteja a los peatones sobre los conductores, lo cual ayudaría a reducir el riesgo ocurrencia de accidente y crearía un ambiente confortable donde el protagonista sea el peatón y no el vehículo.

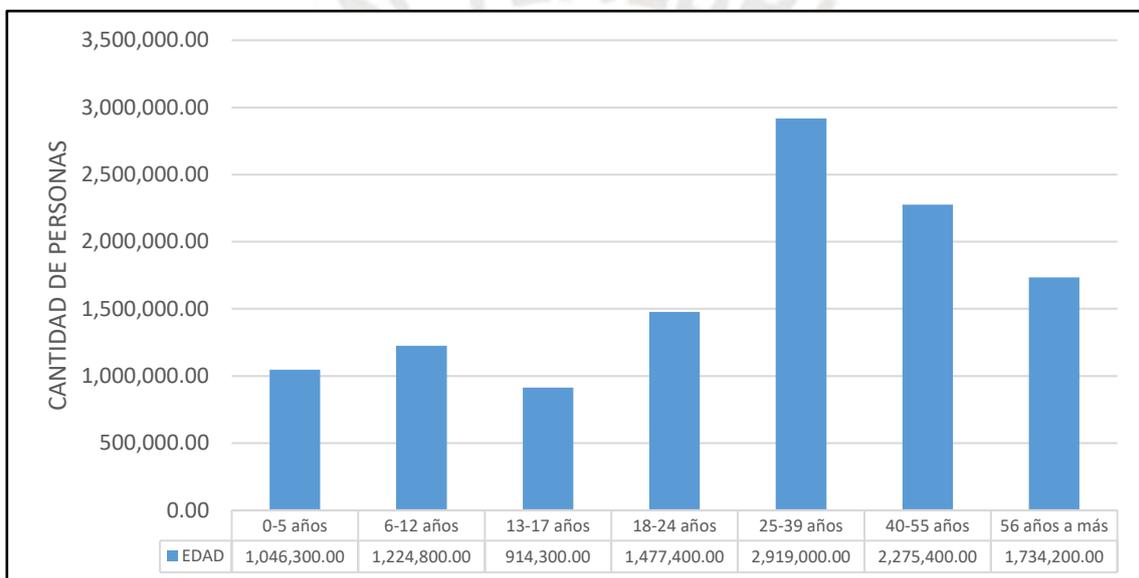


Figura 09: Población estimada de Lima según segmentos de edad.

Fuente: Adaptado de departamento de estadística - C.P.I. (2019)

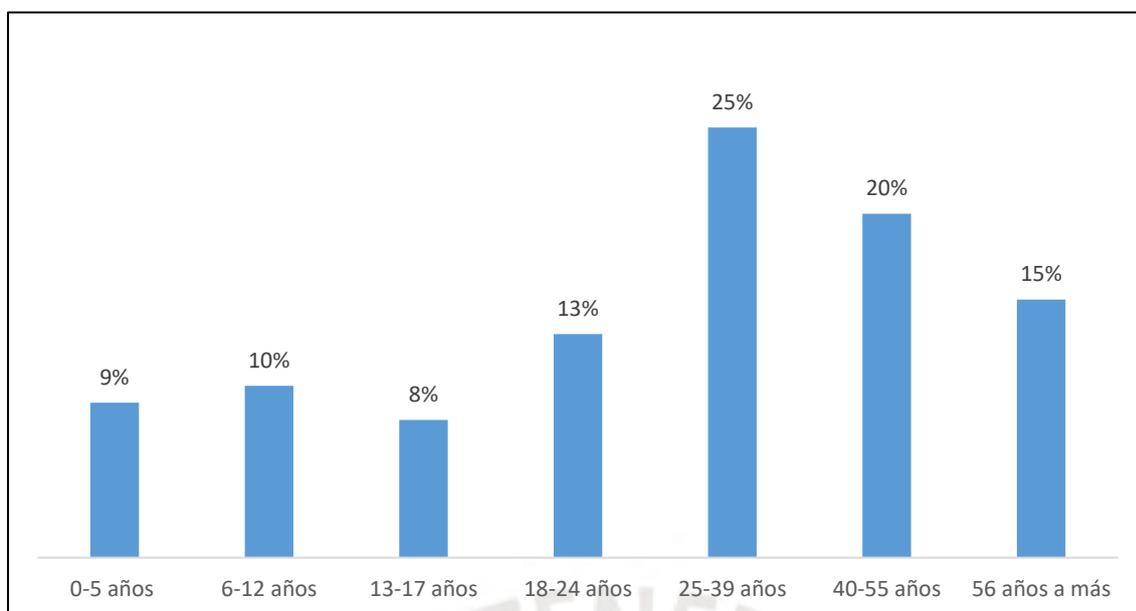


Figura 10: Porcentajes de la población de Lima según segmentos de edad.

Fuente: Adaptado de departamento de estadística - C.P.I. (2019)

De acuerdo con CCMTA (2013), un grupo adicional que presenta gran vulnerabilidad son los peatones con discapacidad, en este grupo se encuentran aquellas personas que presentan dificultades para ver, oír, moverse y limitaciones cognitivas. Las personas con discapacidad motora tienen velocidades de desplazamiento menores que una persona común, sin embargo la sincronización de los semáforos en los cruces de intersecciones están diseñados considerando una velocidad promedio de persona de 1.2 m/s por lo cual aumenta su nivel de riesgo de sufrir algún accidente al cruzar la calle. A continuación en la tabla 3 se presenta un cuadro con las velocidades promedio de las personas según su condición de desplazamiento (CCMTA, 2013).

Tabla 03: Velocidades de desplazamiento según su condición de peatón.

Fuente: Adaptado de CCMTA (2013)

CONDICION DEL PEATÓN	VELOCIDAD (m/s)
Peatón con muletas	0.8
Peatón en silla de ruedas	1.08
Peatón con rodilla inmovilizada (enyesada)	1.07
Peatón con la pierna apuntada debajo de la rodilla	0.75
Peatón con la pierna apuntada encima de la rodilla	0.60
Peatón con artritis de cadera	0.68
Peatón con artritis de rodilla	0.75

Las personas con discapacidad visual requieren una mayor información para poder cruzar una intersección por si solos, por ejemplo, necesitan saber la ubicación de la intersección que van a cruzar, la dirección y velocidad del tráfico, cuando la señal de tráfico indica que es seguro cruzar, etc. Además, los peatones ciegos utilizan técnicas para desplazarse de forma más segura en la calle, una de ellas es contar la cantidad de sus pasos para confirmar la distancia recorrida y la cantidad de calles cruzadas, sin embargo, esto genera que se concentren más en su caminar que en lo que pasa en su entorno lo cual los pone en una situación de alto riesgo de sufrir un accidente. Las personas con discapacidad auditiva presentan dificultades para la detección de sonidos del entorno a su alrededor, debido a ello tienen problemas para cruzar la calle porque no pueden detectar la velocidad de los vehículos que se aproximan (CCMTA, 2013).

En el Perú, de acuerdo a los censos realizados en el año 2017 (INEI, 2018), se encontró que 3 millones 51 mil 612 personas tienen al menos una discapacidad y representan el 10.4% de la población total peruana censada (figura 11) este valor a aumentado en comparación con los datos obtenidos en el censo del año 2013 donde indicaba que las personas con al menos una discapacidad representaban el 5.2% de la población total peruana.

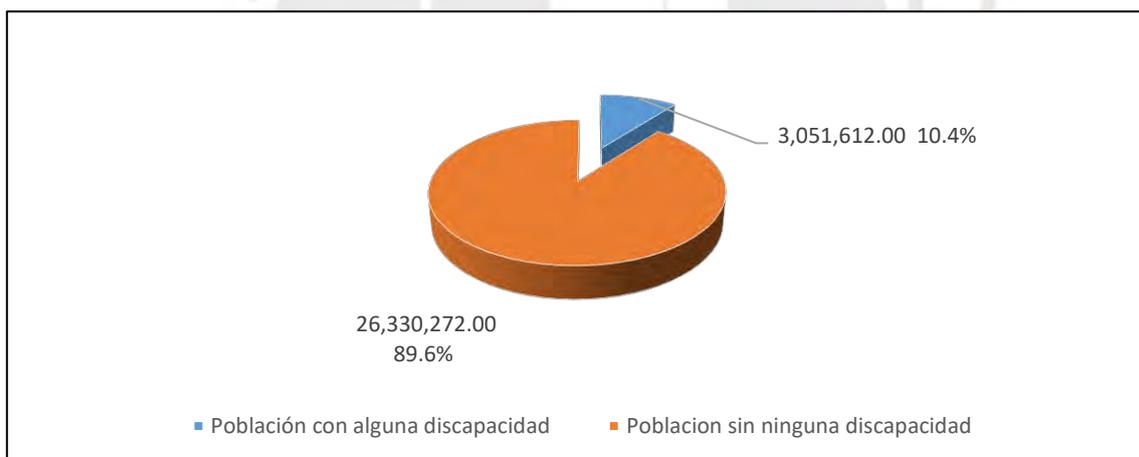


Figura 11: Porcentaje de la población censada con alguna discapacidad Perú año 2017

Fuente: Adaptado de INEI (2018)

Asimismo, según los datos del INEI (2018), en el Perú la población con discapacidad está distribuido en los siguientes grupos (figura 12) de acuerdo a su tipo de discapacidad: personas con discapacidad visual 48.3% (1 millón 473 mil 583), personas con discapacidad motora 15.1% (462 mil 60), personas con discapacidad auditiva 7.6% (232 mil 176), personas con dificultades para hablar o comunicarse 3.31% (93 mil 88), personas con dificultades para

entender o aprender 4.2% (127 mil 947), personas con dificultades para relacionarse con los demás 3.2% (98 mil 836) y personas con dos o más discapacidades 18.5% (583 mil 922).

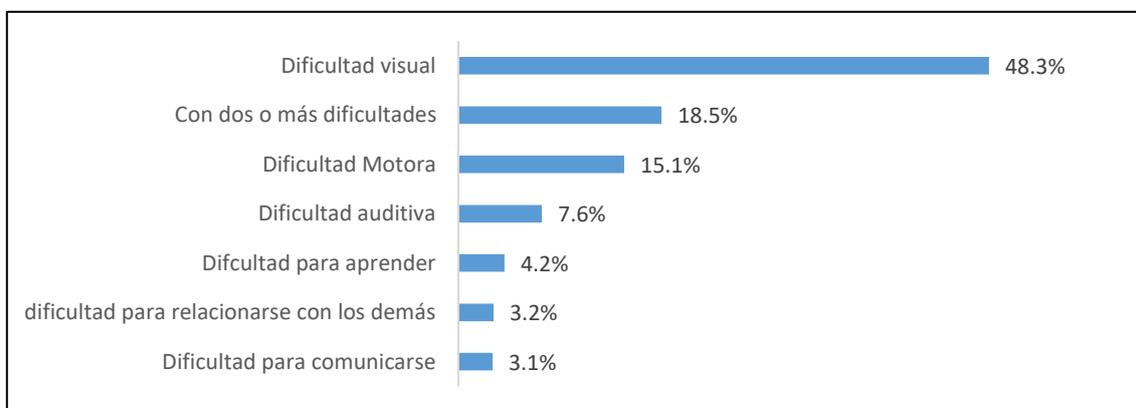


Figura 12: Porcentaje de la población censada con alguna discapacidad Lima año 2017

Fuente: Adaptado de INEI (2018)

En la provincia de Lima se encuentran 949 mil 969 personas con discapacidad, esto quiere decir que aproximadamente el 11.1% de limeños tienen al menos una discapacidad y debido a ello presentan dificultades para desplazarse, por lo que necesitan que el diseño viario de la ciudad sea el correcto de tal forma que los proteja y reduzca su riesgo de sufrir accidentes.

Asimismo, según los datos del INEI (2017) el 38.53% de las personas censadas con alguna discapacidad en la provincia de Lima, son mayores de 60 años (figura 13) esto se debe por la pérdida de la visión y audición a lo largo del tiempo, el 15.44 % son menores de 17 años, el 12.16% tienen edades entre 18-15 años y finalmente el 33.88% tienen edades entre 30-59 años.

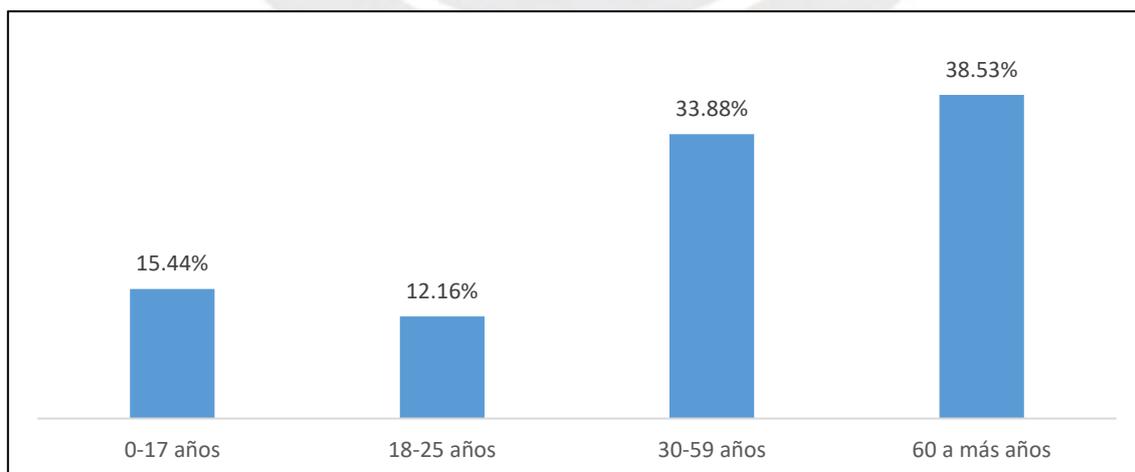


Figura 13: Porcentaje de la población censada con alguna discapacidad Lima año 2017

Fuente: Adaptado de INEI (2018)

2.2.3. Comportamiento de peatones en una rotonda

Analizar el comportamiento de los peatones en este tipo de intersecciones permite conocer como es la interacción entre el desplazamiento peatonal y el desplazamiento vehicular. El reporte N°572 de NCHRP (2007), presenta un análisis del comportamiento de 769 peatones en diez carriles diferentes distribuidos en siete rotondas. La mayoría de los cruces fueron realizados por peatones adultos a velocidades normales, hubo 19 cruces de jóvenes con adultos, 8 cruces en silla de rueda eléctricas, etc.

Los resultados de los análisis se estratificaron de acuerdo al carril donde se inicia el desplazamiento del peatón con la finalidad de determinar si existe diferencias en sus comportamientos. En la figura 14, la **ruta 1** se refiere cuando el desplazamiento del peatón se inicia en el carril de entrada y la **ruta 2** se refiere cuando se inicia en el carril de salida.

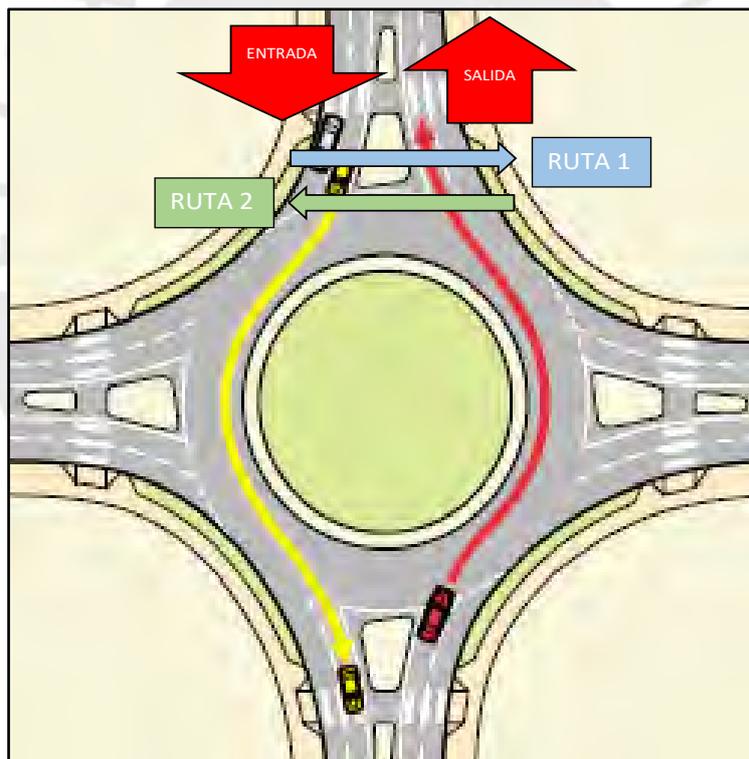


Figura 14: Rutas de inicio del desplazamiento peatonal en una rotonda.

Fuente: Adaptado de NCHRP (2010)

El estudio reveló que, en la mayoría de los cruces efectuados, los peatones no interactuaron con los vehículos, esto se refiere a que su desplazamiento no se vio afectado o influenciado por el desplazamiento vehicular. Por otro lado, los peatones que sí lograron interactuar con los vehículos para efectuar el cruce, sus comportamientos se clasificaron de la siguiente manera: **cruce normal** se refiere cuando el peatón efectúa el cruce a una velocidad moderada, **cruce con titubeo** hace referencia cuando el peatón tiene un comportamiento indeciso para efectuar el cruce mientras espera en la isla divisoria a que el vehículo que se aproxima disminuya su velocidad para poder cruzar (en la mayoría de veces esto ocurre luego de un contacto visual entre el peatón y el conductor), **cruce incompleto** se refiere cuando el peatón inicia el cruce pero luego se regresa a la isla divisoria debido a que un vehículo se encontraba muy cerca, y finalmente **cruce corriendo** es cuando el peatón realiza el cruce con una velocidad acelerada.

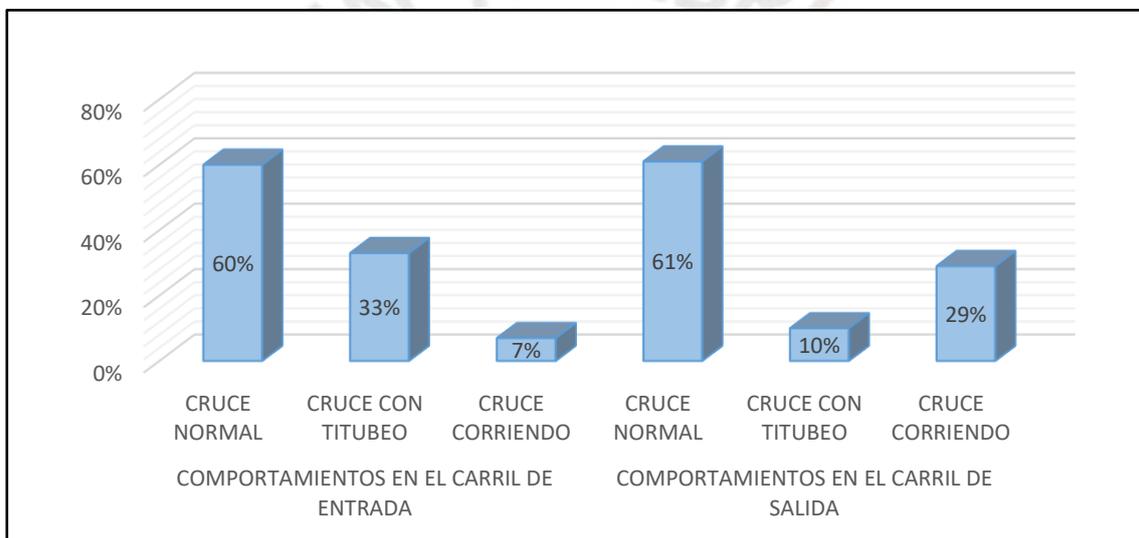


Figura 15: Comportamiento peatonal con interacción vehicular en una rotonda – ruta 1

Fuente: Adaptado de NCHRP (2007)

De acuerdo a la figura 15, el comportamiento que predomina tanto en el carril de entrada como en el de salida es el cruce normal. El cruce con titubeo fue el segundo comportamiento predominante en el carril de entrada en la rotonda (33%), en el carril de salida sucede lo contrario, el segundo comportamiento predominante fue el cruce corriendo (29 %).

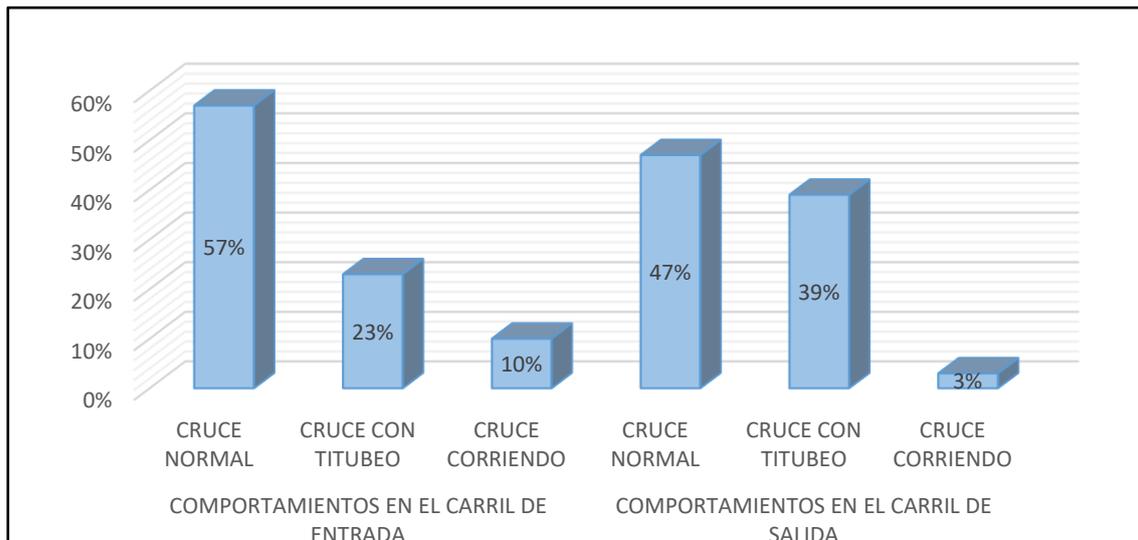


Figura 16: Comportamiento peatonal con interacción vehicular en una rotonda – ruta 2

Fuente: Adaptado de NCHRP (2007)

De acuerdo a la figura 16, el porcentaje de peatones que realizan un cruce normal es mayor cuando se desplazan por el carril de entrada que por el de salida. El cruce con titubeo es el segundo comportamiento predominante independientemente del carril donde se desplaza, siendo mayor cuando el cruce es por el carril de la salida (39%) que por el carril de la entrada (23%). Además, el porcentaje de los peatones que cruzan corriendo la calzada es mayor en el carril de entrada (10%) que en el de la salida (3%).

En este estudio también se registraron los tiempos de espera de los peatones al realizar por completo el cruce, estos tiempos de espera se clasificaron en 3 fases: **tiempo de espera inicial** se mide como el tiempo desde que el peatón llega al punto de la intersección y comienza a cruzar la calle, **tiempo transitorio** se mide como el tiempo desde que se llega a la isla divisoria y el tiempo de salida de ella (este tiempo considera el tiempo de espera en la isla divisoria y el tiempo para atravesarla), finalmente el **tiempo total de cruce** es la diferencia entre el tiempo de llegada a la intersección y el tiempo en el que el peatón finaliza el cruce.

En la figura 17 se puede observar que el tiempo promedio de espera inicial del peatón en cruces de un solo carril es de 1.3 seg aproximadamente independientemente de la ruta escogida para empezar el cruce, para calzadas de dos carriles por la ruta 1 se obtuvo un promedio de tiempo igual al anterior, sin embargo, cuando el desplazamiento es por la ruta 2 se observa una clara diferencia ya que el promedio de tiempo de espera inicial aumenta a 2.9 seg. También se observa que los tiempos totales de cruce son mayores en calzadas de dos carriles siendo la ruta 2 la que presenta el mayor promedio (1.45 seg).

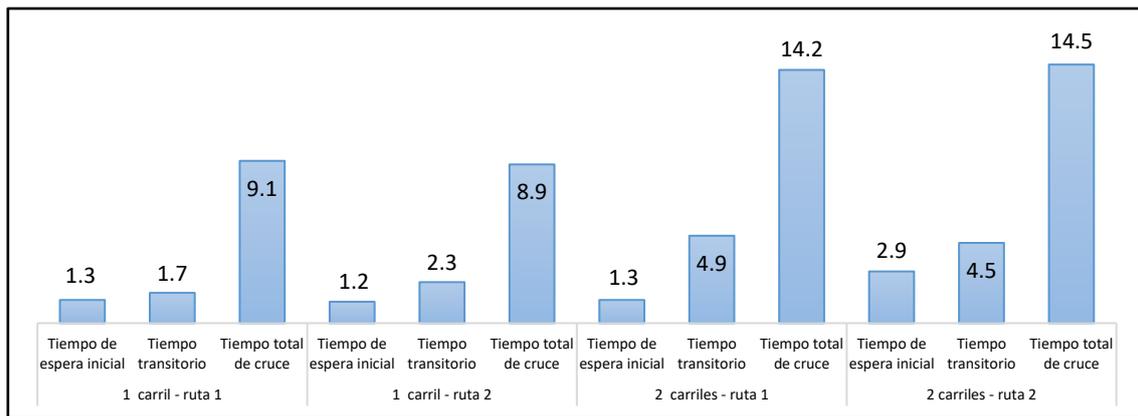


Figura 17: Rutas de inicio del desplazamiento peatonal en una rotonda.

Fuente: Adaptado de NCHRP (2007)

2.2.4. Evaluación de comportamiento peatonal de rotondas en Perú

Tupayachi (2016) realizó un trabajo de investigación en la cual realizó el análisis del desplazamiento de peatones en la rotonda Angélica gamarra, este estudio tuvo como objetivo principal determinar las características del desplazamiento peatonal y ver en qué medida era afectada por el tránsito vehicular. En el estudio se realizó el análisis del comportamiento de las personas en un acceso de la rotonda, se midió las velocidades de los vehículos en el ingreso y salida del acceso, y también se realizó encuestas a los peatones que transitaban por la rotonda. Como resultados se obtuvieron que los peatones se sentían más seguros en el carril por donde los vehículos transitaban con mayor velocidad y se sentían más inseguros donde los vehículos transitaban con velocidades menores.

Asimismo, se determinó que los peatones emplean entre un 37% a 50% del tiempo total de cruce en esperar un espacio entre los vehículos para cruzar la avenida. Asimismo, se encontró que las líneas de deseo se dispersan donde los vehículos transitan con velocidades altas y se hacen una sola donde la velocidad de los vehículos es menor. Respecto a las encuestas, los resultados mostraron que casi el 70% de los peatones se sentían inseguros de cruzar la rotonda, el 63% indicó que el tránsito vehicular perjudicaba su desplazamiento en la rotonda, el 83% sintió que los vehículos no respetaban sus derechos de peatón y todos coincidieron en que la rotonda necesitaba un semáforo.

Por otro lado, Vergara (2018) realizó el mismo estudio en la rotonda Pavletich de la carretera central Huánico – Tingo maría en la cual analizó en qué medida el desplazamiento peatonal se veía afectado debido a tránsito vehicular. Las encuestas mostraron que el 86.3% de los peatones tenían dificultades para cruzar la rotonda, el 50% sentían inseguridad a cruzar la intersección

y el 64.4% percibieron que su desplazamiento era afectado por el tránsito vehicular. Además, el 74% de los peatones consideró que las velocidades de los vehículos era uno de los factores que más le incomodaban para cruzar el óvalo, el 72% consideró que el ruido también era otro factor importante y el 64% consideró a la inseguridad ciudadana como uno de los mayores problemas de la rotonda. El aforo peatonal permitió identificar que más del 30% de los peatones transitaban por la acera en lugar de la vereda. Finalmente se concluyó que el ovalo necesitaba un rediseño.

2.3. Diseño universal

2.3.1. Definición

De acuerdo con Mace, Hardie y Plaice (1991), el creador del concepto de diseño universal fue el arquitecto americano Ron Mace, el cual lo define como la creación de productos y entornos que sean utilizables por todas las personas sin necesidad de que se adapten para cierto grupo en específico, el objetivo de este diseño es simplificar la vida de todas las personas por un costo mínimo o nulo.

Según Ekberg (2000), el concepto de diseño universal tiene como objetivo diseñar productos y servicios que puedan ser utilizados por la mayoría de personas, considerando que existe una amplia variedad de habilidades humanas y no una habilidad media, sin necesidad de implementar una adaptación o diseño especializado, simplificando la vida de todas las personas, con independencia de su talla, edad o capacidad.

De acuerdo a BID (2004), el diseño universal busca diseñar espacios y productos, sin necesidad de que sean adaptados para personas con capacidades limitadas mediante diseños específicos, de esta forma el diseño universal pretende atender a la mayor cantidad posible de personas, diseñando el espacio público con dimensiones y formas integrales de tal forma que permitan la interacción en ella respetando la diversidad física y sensorial de todo tipo de personas.

En la figura 18, podemos observar la diferencia de dos conceptos fundamentales en el diseño del espacio público, accesibilidad y universal. La principal diferencia entre los dos conceptos es que la accesibilidad hace referencia al diseño del espacio público considerando las características físicas de una persona común y adapta este diseño para personas con capacidades limitadas. Sin embargo, el concepto de diseño universal que se puede diseñar el espacio público considerando las diversas capacidades de las personas sin necesidad de una adaptación para personas con capacidades limitadas.

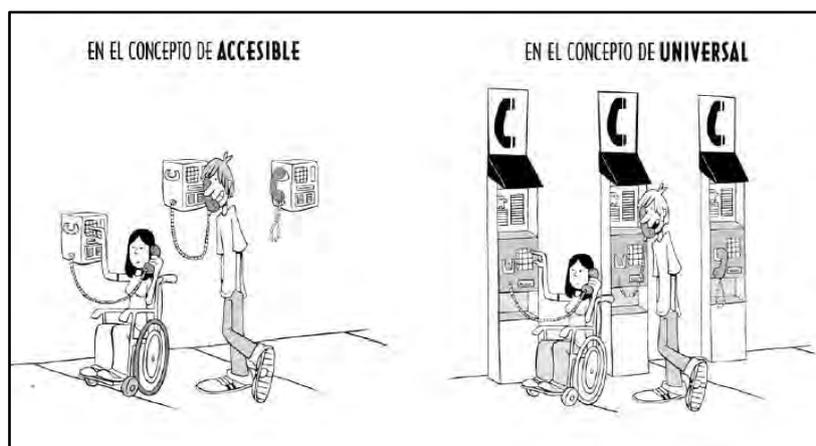


Figura 18: deferencia de conceptos entre el diseño accesible y diseño universal.

Fuente: BID (2004)

El concepto de diseño universal también es conocido como accesibilidad universal, el cual consiste en crear un entorno integral de tal forma que abarque la envoltura de necesidades y requerimientos de la mayoría de persona independientemente de sus capacidades. Este concepto se aplica para todos campos del espacio público, transporte, señalización, edificaciones, etc. (Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, 2005).

2.3.2. Principios básicos

Según CUD (1997), los siete principios básicos del diseño universal son los siguientes: uso universal, flexibilidad de uso, uso simple e intuitivo, información perceptible, tolerancia para el error o mal uso, poco esfuerzo físico requerido, y tamaño y espacio adecuados.

Uso universal, para todos, este principio hace referencia a que el diseño debe ser útil y aprovechable para todo tipo de personas proporcionando los medios más similares posibles para todos los usuarios, evitando segregar a algún tipo en particular. Flexibilidad de uso, este principio exige que el diseño se adapte a la envoltura de necesidades y capacidades de todos los tipos de personas, brindando la flexibilidad que garantice que el diseño sea basado en la diversidad del tipo de personas. Uso simple e intuitivo, este principio permite que el diseño sea de un uso fácil de entender y comprender para cualquier tipo de persona con independencia de su conocimiento y comprensión, siendo simple en instrucciones y eliminando así la complejidad innecesaria.

Información perceptible, este principio hace referencia a que el diseño debe aportar la información necesaria de forma efectiva para que cada persona pueda entender con

independencia de sus habilidades sensoriales, esto se logra utilizando distintas formas de información, maximizando la legibilidad de la información esencial, etc. Tolerancia para el error o mal uso, este principio se refiere a que el diseño debe minimizar los daños y consecuencias que se generarían por acciones accidentales, esto se logra considerando elementos en el diseño que reduzcan las posibilidades de riesgo y protejan a las personas Poco esfuerzo físico requerido, este principio alude a que el diseño debe ser utilizado de la forma más eficiente posible minimizando así el esfuerzo físico requerido por las personas. Tamaño y espacio para acercamiento, manipulación y uso, este principio se refiere a que el diseño debe considerar el tamaño y espacio adecuados apropiados para el acceso, manipulación y uso del sistema, independientemente del tamaño corporal o la movilidad de la persona.

2.3.3. Parámetros de diseño

De acuerdo a la Fundación ONCE para la cooperación e inclusión social de personas con discapacidad (2011), para diseñar un entorno accesible para todo tipo de personas es importante entender el significado de itinerarios accesibles, lo cual se define como los espacios que permiten el uso no discriminatorio, y la circulación autónoma y continua de la mayoría de personas, posibilitando así su acceso a los diferentes sitios que se encuentran en el espacio público.

Según el Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España (2005). Los principales parámetros básicos de diseño son las siguientes: considerar 6% como pendiente longitudinal máxima admisible, considerar una pendiente transversal máxima de 2%; en el caso de las aceras considerar una anchura mínima de 1.4 metros y en casos extremos una anchura de un metro lo cual garantiza el paso de una persona con silla de ruedas; la altura mínima libre de obstáculo en todo el recorrido peatonal por la acera debe de ser 2.2 metros y si los obstáculos están situados por debajo de esta altura no deben de sobresalir más de diez centímetros; se debería considerar bolardos en zonas de uso exclusivo de peatones para proteger a los usuarios del tránsito vehicular y también para evitar que los vehículos se estacionen en lugares prohibidos, se recomienda que su altura sea entre 60 – 70 cm y que estén separados 90 cm como mínimo y finalmente se recomienda el uso de franjas guía que permite el encaminamiento de personas invidentes y personas con dificultad de orientación, estas franjas son de un ancho de 40 cm con diferente color y textura a las del pavimento y van a lo largo de acera.

Según FHWA (2006), el valor mínimo recomendado para el ancho de la acera es de 1.2 metros lo cual permite el tránsito de una persona con silla de ruedas y una persona caminando; sin embargo, en zonas donde haya mayor volumen de tránsito peatonal se recomienda que el ancho mínimo sea 1.5 metros. En la figura 19 se muestra las dimensiones requeridas mínimas para una persona en muletas (a) y una persona con discapacidad visual (b), podemos concluir que los diseños que consideran a las personas en silla de ruedas (ancho mínimo de acera de un metro) resulta ventajoso para la mayoría de personas.

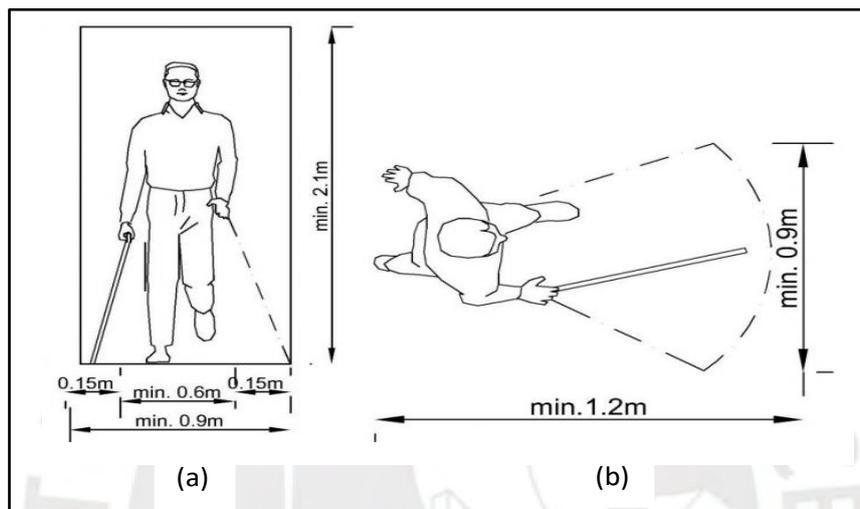


Figura 19: dimensiones requeridas por persona en muletas y persona ciega.

Fuente: NHWA (2006)

En el Perú las normas técnicas de edificación vigentes que regulan un diseño accesible para todos, son: La NTE A. 060 - adecuación arquitectónica para personas con discapacidad y la NTE U. 190 – adecuación urbanística para personas con discapacidad, estas normas establecen los conceptos y parámetros que permiten un diseño integral para todos. Además, en estas normas se establece las medidas para hacer que las edificaciones y el espacio público cumplan con las características necesarias para permitir el desplazamiento y el acceso adecuado de las personas con discapacidad.

Según Huerta (2006), estas guías que proporcionan información acerca del diseño universal necesitan normas que garanticen que el espacio público sea tratado en condiciones que permitan la accesibilidad de todas las personas; sin embargo, estas normas no se deben convertir en dogmas que impidan el avance del mejoramiento del diseño. Para ello, estas normas deben cumplir con ciertos requisitos básicos los cuales son los siguientes: deben ser

modificables, deben adaptarse a los recursos técnicos y materiales disponibles y, además, la aplicación de estas normas debe ser flexible dentro de ciertos límites.

2.4. Seguridad vial

De acuerdo al MINSA (2005), la seguridad vial es el conjunto de políticas, estrategias, normas, procedimientos y actividades que interaccionan entre sí para garantizar la seguridad de los usuarios y protegerlos del sistema de tránsito. Además, es un proceso en el cual la responsabilidad recae en las entidades del país y en la misma población, ya que las políticas implementadas por los organismos estatales deben ser cumplidos por todos los ciudadanos.

2.4.1. Tipos de seguridad vial

Según Dextre (2010), cuando se hace referencia al tema de seguridad vial es importante definir a qué tipo de seguridad se refiere, porque la seguridad vial se clasifica en tres tipos: la seguridad nominal, la cual está relacionada a las normas de diseño de cada país; la seguridad sustantiva, aquella que está relacionada con la cantidad y la gravedad de los accidentes; y la percepción de seguridad de los usuarios de las vías.

Según Hauer (1999), la seguridad nominal hace referencia a la seguridad de las vías que se diseñan de acuerdo a las normas y guías; sin embargo, esta condición de seguridad es relativa ya que las normas cambian según el país. De acuerdo con Dextre (2010), la seguridad nominal es impremeditada ya que las normas de un país son realizadas por ingenieros con mayor experiencia en el campo y al no tener información acerca de la influencia del diseño en los accidentes de tránsito, acaban utilizando procedimientos razonables.

La seguridad sustantiva, es también conocida como la seguridad estadística ya que esta relaciona a la cantidad y severidad de los accidentes registrados (Sorensen & Mosslemi, 2009). De acuerdo con Dextre (2010), la influencia que tiene el diseño en la cantidad de accidentes de tránsito ha sido poco investigada, lo cual genera que el diseño de vías sea basándose en las normas; sin embargo, está demostrado que la seguridad nominal no garantiza una seguridad sustantiva, es decir que un diseño correcto de vías según la norma no garantiza que la ocurrencia de accidentes sea nula.

Por último, la percepción de seguridad también conocida como seguridad subjetiva, está relacionada con la percepción del nivel de riesgo de las personas y que tan disconformes se sienten con eso (Elvik, Erke & Vaa, 2008) citado en Dextre (2010). En la figura 20, el eje de las abscisas representa la seguridad sustantiva (real) y el eje de las ordenadas a la seguridad

subjetiva, la recta C-C' representa el efecto de la colocación de un cruceo peatonal elevado, el cual aumenta la percepción de seguridad de los peatones y también aumenta la seguridad sustantiva debido a que este tipo de cruceo obliga a los vehículos a disminuir la velocidad. La recta A-A' representa el efecto del pintado de crucesos peatonales, el cual aumenta la percepción de seguridad de los peatones; sin embargo, la seguridad sustantiva disminuye.

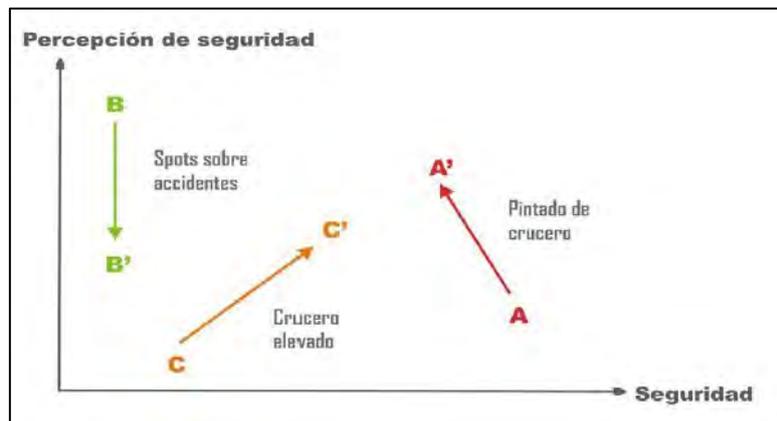


Figura 20: Relación entre percepción de seguridad y seguridad sustantiva

Fuente: Hauer (1999)

2.4.2. Accidentes de tránsito

Un accidente de tránsito se puede definir como todo hecho producido por al menos un vehículo en movimiento dentro de la vía pública, y que causa daños materiales o lesiones en las personas (Dextre, Pirota, Tabasco, Bermúdez, & García, 2008). Otra forma de definirlo es como un acontecimiento donde participan los principales componentes del tránsito (personas, vehículo y vía) que ocasiona en la mayoría de veces pérdidas materiales y lesiones de diversa gravedad a las personas involucradas e incluso podría causarles la muerte (Medina, M.; Borja, G.; Flores, M., 2014)

De acuerdo a la OMS (2015), la cantidad de muertes por accidentes de tránsito se ha mantenido estable en los últimos años a pesar de que la población aumento en un 4% y los vehículos en un 16% entre el año 2010 y el 2013, esto demuestra que la política de seguridad vial ha salvaguardado vidas humanas en el mundo. Dentro de la tasa de mortalidad por accidente de tránsito a nivel mundial el 22% de las muertes son de peatones, el 23% son motociclistas y el 4% de ciclistas. Por otro lado, los cinco principales factores de riesgo que afectan la seguridad vial son la velocidad del vehículo, la conducción bajo los efectos del alcohol, el uso de casco cuando se circula en motocicleta, el uso del cinturón de seguridad y el uso de asiento para niños.

Según Medina et al. (2014), las principales causas de accidentes tránsito se pueden clasificar en factores humanos, mecánicos, viales y ambientales. Entre los factores humanos se encuentran, la imprudencia tanto de los conductores que manejan sin moderación o cautela como la de los peatones que transitan por sitios no destinados para el tránsito peatonal, la negligencia de la persona que al conducir el vehículo no cumple con la ley de tránsito, la imprudencia de las personas que conducen vehículos sin la más mínima experiencia o sin licencia de conducir, la conducción de un vehículo bajo los efectos del alcohol, el manejo de un vehículo en excesiva velocidad, el mal rebasamiento de los conductores cuando intentan adelantas al vehículo delante, etc. Entre los factores mecánicos podemos encontrar las fallas en los sistemas de frenos, dirección alumbrado, etc., debido a la falta de mantenimiento del vehículo. Entre los factores viales se encuentran la poca señalización vial, el deficiente mantenimiento de las vías, etc. Entre los factores ambientales podemos encontrar los fenómenos climatológicos como la lluvia, la neblina, etc.

Los tipos de accidentes de tránsito se clasifican en lo siguiente: Proyección y choque, el cual hace referencia cuando un choque es producido por dos vehículos en movimiento; volcadura, este tipo de accidente hace referencia cuando un vehículo pierde el control y se desliza por cualquier parte de la calzada; perdidas de control, se refiere cuando el vehículo se sale de la calzada sin causar choque o atropellos; caída, este tipo de accidentes sucede cuando una persona que viaja dentro del vehículo como pasajero, se cae del mismo; atropello, este tipo de accidentes sucede cuando un vehículo embiste a uno o más peatones; accidentes por carga, este tipo de accidentes sucede normalmente en puentes cuando los vehículos con carga pesada tratan de pasarlos (Dextre, 2001).

En el Perú, según INEI (2019), los datos proporcionados por el Ministerio del Interior indican que en el año 2018 entre los meses de enero y octubre se registraron 74 mil 493 accidentes de tránsito, de los cuales 40 mil 737 accidentes sucedieron en el departamento de Lima siendo aproximadamente el 50% de los accidentes reportados. Además, según los datos del INEI en el bimestre de setiembre-octubre, las causas más relevantes de accidentes de tránsito fueron la imprudencia/ebriedad del conductor (34.1%) y el exceso de velocidad (28.7%).

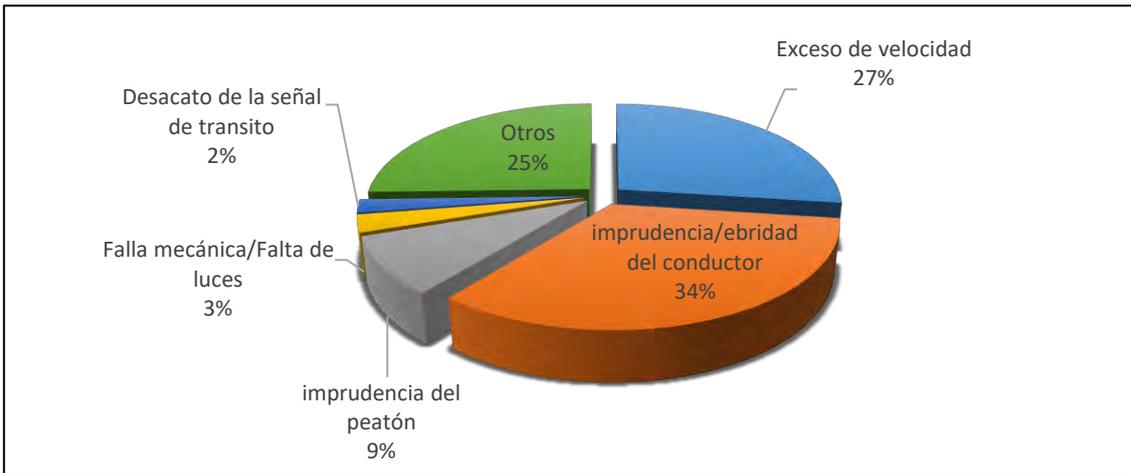


Figura 21: Causas de accidentes de tránsito en el departamento de Lima.

Fuente: Adaptado del INEI (2019)

En el departamento de Lima, en el año 2018 entre los meses de enero-octubre, como se muestra en la figura 2, la causa más relevante de accidentes de tránsito fue la imprudencia o ebriedad del conductor (34%) y la segunda causa que le sigue es la del exceso de velocidad (27%). La imprudencia del peatón representa solo el 9% de las causas de accidentes y la del desacato de las señales de tránsito la causa de menor relevancia (2%).

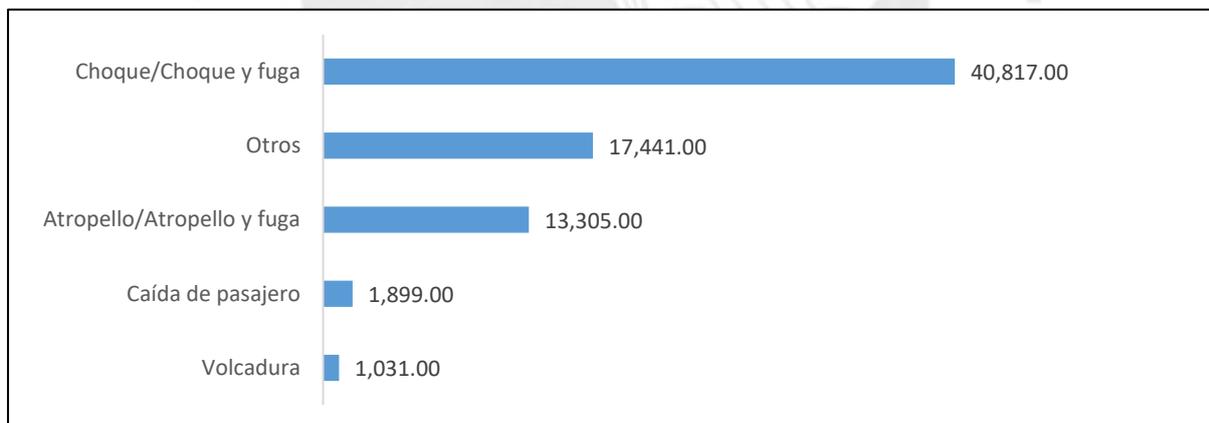


Figura 22: Tipos de accidentes de tránsito en el Perú.

Fuente: Adaptado del INEI (2019)

En el Perú, según los datos del INEI (2019), en el año 2018 entre los meses de enero y octubre se reportaron 40 mil 817 accidentes de choques siendo el tipo de accidentes más frecuentes ya que representa aproximadamente el 55%, el segundo tipo de accidente más frecuente es de atropello con 13 mil 305 accidentes reportados tal y como se muestra en la figura 22.

2.5.1. El concepto de visión cero de Suecia

Según Trafikverket (2012), la visión cero tiene como idea principal que el sistema de carreteras y transportes debe funcionar de forma integral donde cada uno de sus componentes tales como los vehículos, carreteras y los usuarios interactúen conjuntamente para garantizar la seguridad de todos. Además, la visión cero cambia la manera de responsabilizar acerca de la seguridad vial, bajo este concepto la responsabilidad principal recae sobre quienes configuran el sistema de transporte y carreteras, entre ellos están los diseñan, los que construyen, las empresas de transporte, etc., la responsabilidad del ciudadano solo es el cumplimiento de las normas.

De acuerdo con Tingvall & Haworth (como se cita en Dextre, 2010), la visión cero tiene como principal fundamento ético el que ninguna persona debe morir ni presentar daños o lesiones permanentes como consecuencia de un accidente de tránsito. Bajo este nuevo concepto de seguridad vial, se requiere que el sistema de carreteras y transporte comprenda que los seres humanos cometen errores y que la ocurrencia de estos errores en un accidente de tránsito no se debería pagar con la vida ni generar daños permanentes (Trafikverket, 2012).

El sistema de transporte y carreteras debería de adaptarse a los límites de resistencia del ser humano, es decir, a la violencia externa capaz de soportar físicamente (Wadhwa, 2001) citado en Dextre (2010). Los valores límites establecidos científicamente por estudios basados en el sistema actual indican que la mayoría de personas sobreviven si son atropellados por un vehículo a una velocidad de 30 km/h; sin embargo, la persona moriría si fuera atropellada a una velocidad de 50 km/h (Trafikverket, 2012).

De acuerdo a Dextre (2010), bajo este nuevo contexto de seguridad vial donde el objetivo principal es reducir la severidad de los accidentes y no su cantidad, el uso de rotondas cada vez reemplaza más a las intersecciones semaforizadas. El uso de semáforos en intersecciones es la mejor opción si se busca reducir la cantidad de accidentes; sin embargo, en los accidentes que ocurren las personas involucradas resultan con daños severos o mueren, esto sucede debido a que la mayoría de accidentes en intersecciones semaforizadas ocurre porque los conductores se pasan la luz roja y embisten a los peatones o a otros vehículos. Por otro lado, la implementación de rotondas resulta la mejor opción para reemplazar las intersecciones semaforizadas si el objetivo principal es salvaguardar la vida de las personas, probablemente aumente la cantidad de accidentes; sin embargo, las severidades de las lesiones son leves en la mayoría de los casos.

De acuerdo con Trafikverket (2012), aparte de las rotondas otro de los elementos utilizados en Suecia bajo el concepto de visión cero, es el de las carreteras 2+1. Este tipo de carreteras está conformado por una calzada de 2 carriles, una para cada sentido, las cuales tienen un carril central que se utiliza para adelantar tal y como se muestra en la figura 23.

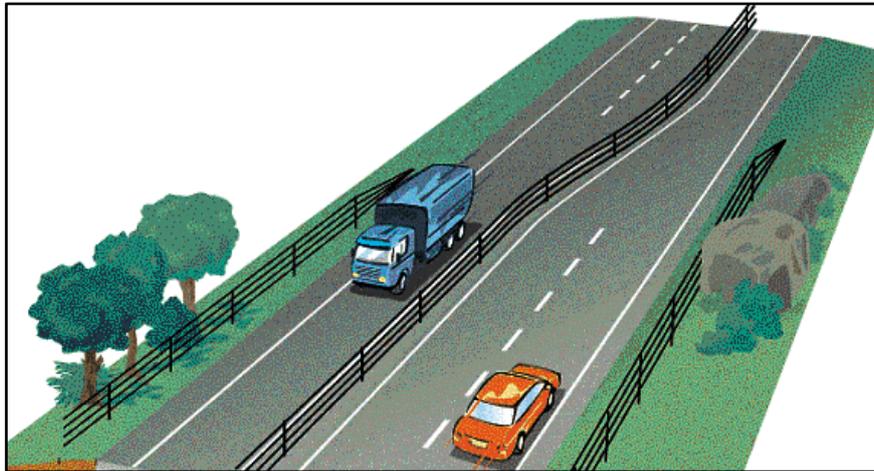


Figura 23: Carreteras 2+1.

Fuente: wegenforum (2014)



Capítulo III: Metodología de la Investigación

Según Baena (2017), la metodología permite al investigador ordenar y sistematizar un trabajo de investigación lo cual le permite ahorrar tiempo, economizar gastos y sobreesfuerzos físicos. Además, a través de un correcto uso de la metodología permite evitar obstáculos que interrumpen el avance en el desarrollo del trabajo de investigación.

La metodología de investigación de la presente tesis indica y describe el tipo de investigación que se desarrolló, el área de estudio, los criterios de selección de la población de estudio, el tipo de muestreo aplicado y, las técnicas empleadas para la recolección y procesamiento de los datos.

El estudio de esta tesis se divide en tres puntos, a continuación, en la figura 24 se presenta una breve descripción de cada parte las cuales se desarrollarán detalladamente más adelante.

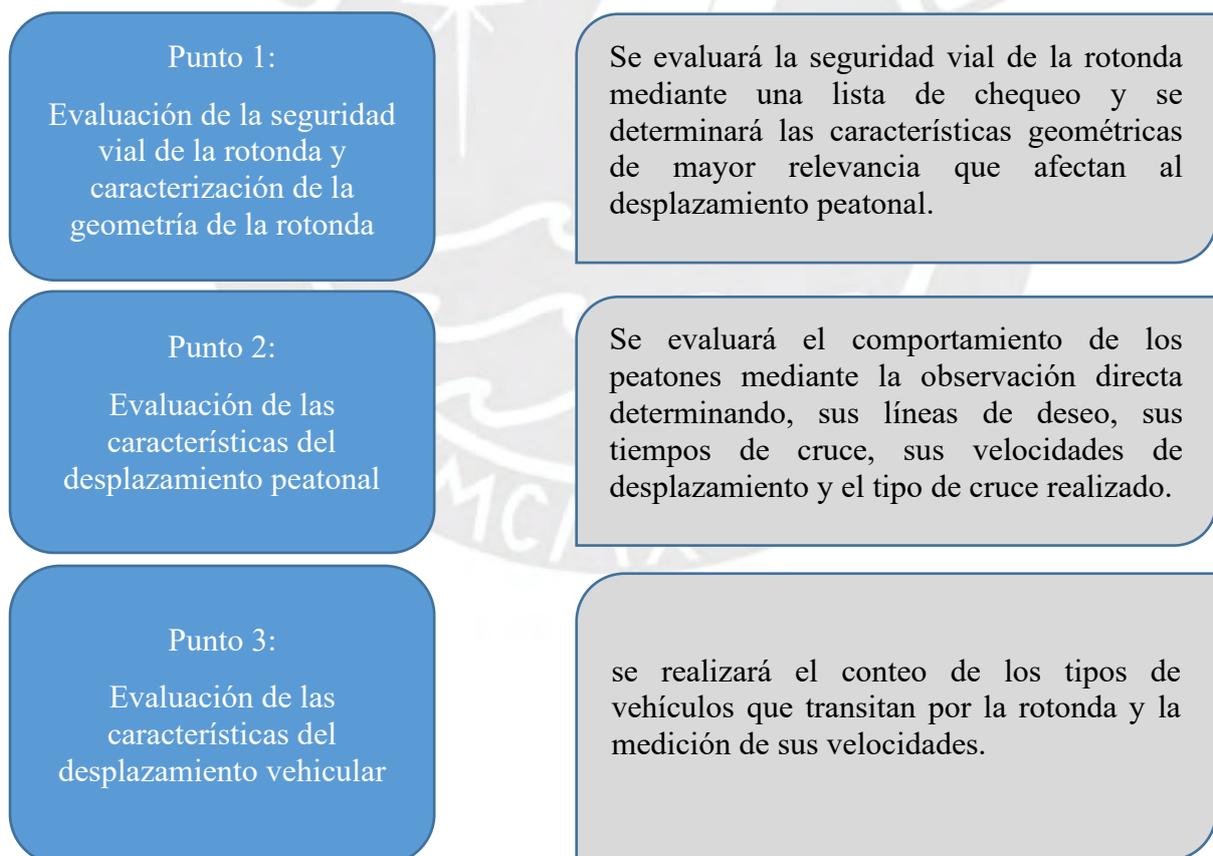


Figura 24: Descripción de los objetivos de investigación.

Fuente: Propia

3.1. Diseño de la investigación

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014), el diseño de investigación es el plan o estrategia que busca de forma práctica y concreta responder a las preguntas de investigación, cumplir con los objetivos de estudio y someter a prueba las hipótesis planteadas en un trabajo de investigación.

El diseño de investigación adoptado para la presente tesis es el diseño no experimental dado que se observó las variables de investigación en su contexto habitual sin ser manipuladas, este diseño se aplicó de manera transversal correlacional debido a que se obtuvo la información de campo de forma directa con los peatones que transitan en las rotondas y se buscó analizar la incidencia que tiene el tránsito vehicular sobre el peatonal.

De acuerdo con Hernández et al. (2014), el diseño transeccional correlacional se enfoca en describir las relaciones entre dos o más variables en un tiempo en específico las cuales pueden ser correlacionales o causales (relación causa-efecto). Según Tamayo (2003), los datos que son recolectados de campo permiten al investigador cerciorarse de las reales condiciones en las cuales se recolectaron los datos, esto le permite un óptimo análisis de ellos.

3.2. Enfoque de la investigación

El proceso de investigación y las estrategias utilizadas en la presente tesis fueron desde el enfoque mixto ya que presenta técnicas de los enfoques cuantitativos y cualitativos en la recolección y análisis de datos.

De acuerdo con Hernández et al. (2014), un enfoque mixto se define como la integración de procesos empíricos, sistemáticos y críticos que requieren una recolección de datos cuantitativos y cualitativos para un mayor análisis del fenómeno de estudio. Además, según Díaz (2014), los métodos mixtos permiten unificar los enfoques cualitativos y cuantitativos con el propósito de potenciar las fortalezas de cada uno y atenuar sus debilidades para lograr una mayor comprensión del problema de estudio

3.3. Área de estudio

El presente trabajo de investigación tiene como área de estudio a la rotonda Los Delfines la cual se encuentra en el distrito de Santiago de Surco, en el cruce de las avenidas Primavera, Central, Aldebarán y Los Narcisos. La presente rotonda tiene un diámetro promedio de 38 metros, está compuesta por cinco accesos, cada acceso presenta calzadas de dos carriles y asimismo la calzada de circulación de la rotonda también es de dos carriles de

aproximadamente cuatro metros de ancho. Además, todos los accesos presentan calzadas de entrada y salida separados excepto la av. Los Narcisos ya que presenta una calzada bidireccional, asimismo esta avenida presenta el acceso restringido debido a que los propietarios colocaron una reja metálica que impide el ingreso y salida de vehículos no autorizados. En la figura 25 se muestra un croquis de la rotonda.



Figura 25: Rotonda Los Delfines.

Fuente: Adaptado de Google Earth (2020)

3.4. Población, Muestra y Muestreo

3.4.1. Población

De acuerdo con Arias, Villasís & Miranda (2016), la población de estudio se define como el conjunto de casos definidos y limitados con características particulares que serán el referente para la selección de la muestra. Según Tamayo (2003), la población es el conjunto de unidades de análisis con una o más características comunes determinadas que integran en su globalidad al fenómeno de estudio. La población del presente estudio está constituido por todos los peatones y vehículos que transiten por la rotonda Los Delfines.

3.4.2. Muestra y Muestreo

Según Hernández et al. (2014), la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre la cual se recolectarán datos. Esta muestra puede ser representativa o no, esto se define según el tipo de muestreo empleado y el criterio del investigador.

El tipo de muestra analizada en el presente estudio del comportamiento peatonal es la muestra no probabilística por ende el tipo de muestreo empleado es el muestreo no probabilístico. De acuerdo con Otzen & Manterola (2017), en las muestras no probabilísticas la elección de los elementos de la población depende de los criterios de selección del investigador y no de la probabilidad de que sean elegidos. Según Hernández et al (2014), en las muestras no probabilísticas el procedimiento de selección no es mecánico ni el tamaño de muestra es de relevancia probabilística ya que los resultados de la muestra no se intenta generalizar a la población de estudio.

En la rotonda de estudio se realizó la evaluación del comportamiento peatonal y la selección de la muestra se realizó empleando el muestreo por conveniencia. Según Battaglia (2008) citado en Hernández et al. (2014), las muestras obtenidas mediante el muestreo por conveniencia, están conformadas por los casos disponibles a los cuales el investigador tiene acceso. De acuerdo con Otzen & Manterola (2017), el muestreo por conveniencia permite seleccionar al investigador los datos a los cuales tiene accesibilidad y proximidad. En total se observó el comportamiento de 270 peatones los cuales se clasificaron según su género y su grupo de edad, tal y como se muestra en el anexo 1.

Por otro lado, en el presente estudio de tesis se evaluó el desplazamiento vehicular y el tipo de muestra analizada fue probabilística por lo cual el tipo de muestreo empleado es el muestreo probabilístico aleatorio simple. Según Hernández et al. (2014), en las muestras probabilísticas cada elemento de la población tiene la misma posibilidad de ser elegido para la muestra a través de una selección aleatoria, los cuales se obtienen definiendo las características de la población. De acuerdo con Valdivieso C., Valdivieso R. & Valdivieso O. (2011), cuando en un trabajo de investigación el tamaño de la población es desconocido y se quiere calcular el tamaño de muestra probabilística de la cual se estimará el valor promedio obtenido de una medición, el valor del tamaño de muestra representativa n de esa población se puede obtener mediante la ecuación N°2.

$$(2) \quad n = \left(Z * \frac{\sigma}{e} \right)^2$$

En el presente trabajo de tesis se llevó a cabo la medición de velocidades de los vehículos que transitan la rotonda de estudio con una finalidad de obtener un promedio de velocidades por tipo de vehículo, para ello se utilizó la ecuación N°2 para determinar un tamaño de muestras representativas. Para el caso de evaluación el tamaño muestral se calculó teniendo en cuenta

los siguientes parámetros: el nivel de confianza a 95% el cual está asociado a un valor de z igual a 1.96, se considerará una desviación estándar de 4 k/m y un margen de error de 1 km/h. Luego de realizar el cálculo, se obtuvo un valor de muestra mínima representativa de 62 mediciones. El tamaño de muestra de los vehículos estuvo conformado por 120 mediciones por día durante 3 días haciendo un total de 360 mediciones, los resultados de las mediciones de velocidades vehiculares se muestran en el anexo 2.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

De acuerdo con Baena (2017), las técnicas realizan un papel muy importante en el proceso de una investigación científica ya que son las respuestas al “como hacer”. La aplicación de estas técnicas permite al investigador llevar a cabo de forma ordenada y sistematizada un estudio mediante el uso de instrumentos de recolección, clasificación y análisis de datos. Asimismo, Hurtado (2008); define a las técnicas de recolección de datos como los medios o procedimientos mediante los cuales el investigador obtendrá datos de la muestra de estudio.

La técnica de recolección de datos que se utilizó en la presente tesis es la observación directa ya que en base a ello se obtuvo la información necesaria para evaluar las características del comportamiento peatonal, líneas de deseo peatonales (rutas de circulación preferidas por los usuarios), listas de chequeo y las velocidades de desplazamiento peatonal y vehicular. Según Baena (2017), La observación directa es una técnica de recolección de datos en la cual el investigador no se dirige a los sujetos de estudio sino solo se limita a obtener información a través de la observación.

La recolección de datos se realizó a través las grabaciones de las cámaras de video de la municipalidad de Santiago de Surco de los días martes 18, miércoles 19 y jueves 20 de agosto del año 2015 durante el horario de 7:00-9:00, 12:00-14:00 y 16:00-18:00. Estas grabaciones fueron recopiladas por el tesista Carlos Michel Nieto Medina que realizó un estudio previo en dicha rotonda. El uso de estas grabaciones se debe que la presente tesis se desarrolló durante la pandemia mundial del COVID-19 lo cual limitó la recolección de datos de manera directa.

3.5.1. Lista de chequeo y características geométricas de la rotonda

De acuerdo con Alarcón (2015), las listas de chequeo son una herramienta para realizar auditorías de seguridad en proyectos viales, esta herramienta tiene como finalidad recordar cuales son los aspectos a tener en cuenta para examinar un proyecto desde el punto de vista de seguridad vial. Además, en Road Safety Audit Guidelines FHWA (2006), se indica que estas

listas de chequeo también ayudan a identificar los problemas más relevantes con respecto a la seguridad en cualquier fase en que se encuentre el proyecto.

De acuerdo con Dextre et al. (2008), las listas de chequeo son una herramienta que permite evaluar de forma ordenada y sistemática un proyecto desde el punto de vista de seguridad vial independientemente en la etapa en que se encuentre. Según el mismo autor, las listas de chequeo se pueden aplicar en las cuatro etapas de un proyecto: planificación, diseño, construcción y post-construcción.

Para la rotonda de estudio se evaluó la seguridad vial a través de una lista de chequeo post-construcción, la lista de chequeo fue elaborada en base a la Guía de auditoría de seguridad vial en vías urbanas (Alcaldía de Bogotá, 2017) y la Guía para realizar una Auditoría de Seguridad Vial (Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, 2003). Asimismo, se obtuvo los datos de las características geométricas de la rotonda realizando mediciones a través del programa Google Earth.

3.5.2. Características del desplazamiento peatonal

La recolección de datos en relación al comportamiento de los peatones, sus tiempos de cruce y sus velocidades de desplazamiento, se realizó de forma parecida al reporte N° 572 de NCHRP (2007). En la rotonda de estudio se seleccionó tres accesos para el análisis del desplazamiento peatonal, tal y como se muestra en la figura 26. Primero se realizó las mediciones de los cruces peatonales y las islas de refugio con el programa Google Earth. Luego, se registró los diferentes tipos de cruces realizados por los peatones teniendo en consideración las características de desplazamiento del peatón (capacidades y limitaciones) y el lugar donde se inicia el cruce.

La medición de las velocidades y tiempos de cruce se realizaron con ayuda de las grabaciones de estudio ya que con ello se tomaba el tiempo desde que los peatones llegaban a la intersección, el tiempo que les tomaba cruzar el primer tramo hasta la isla de refugio, el tiempo de espera en la isla y el tiempo de salida de la isla hacia la vereda de segundo tramo. Con estos tiempos registrados y las dimensiones de los cruces peatonales, se calculó las velocidades en los carriles de ingreso y salida de la rotonda.

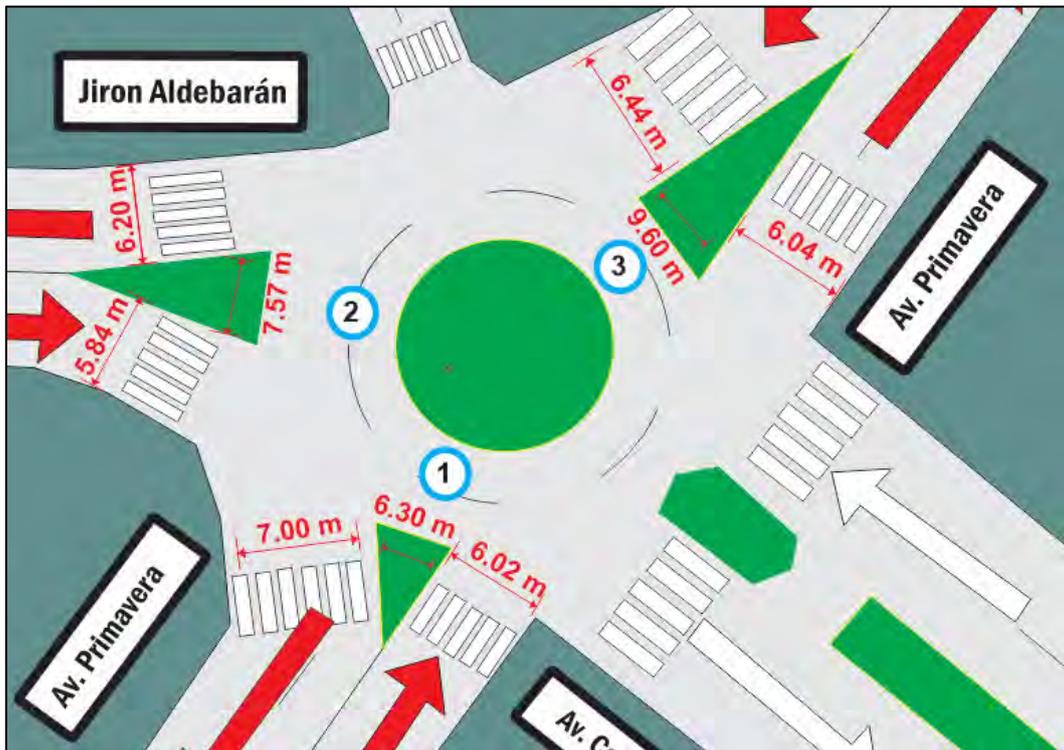


Figura 26: Dimensiones de los ramales de estudio rotonda Los Delfines.

Fuente: Propia

3.5.3. Velocidades de desplazamiento vehicular

Finalmente, se evaluó las velocidades de los vehículos que transitan en la rotonda, para ello primero se realizó la medición de las distancias por las cuales circulan los vehículos con ayuda del programa Google earth, tal y como se muestra en la figura 27. Luego se registraron los tiempos de desplazamiento de los vehículos para finalmente calcular sus velocidades (velocidad de entrada y velocidad de salida) y clasificarlos en función del tipo de vehículo.

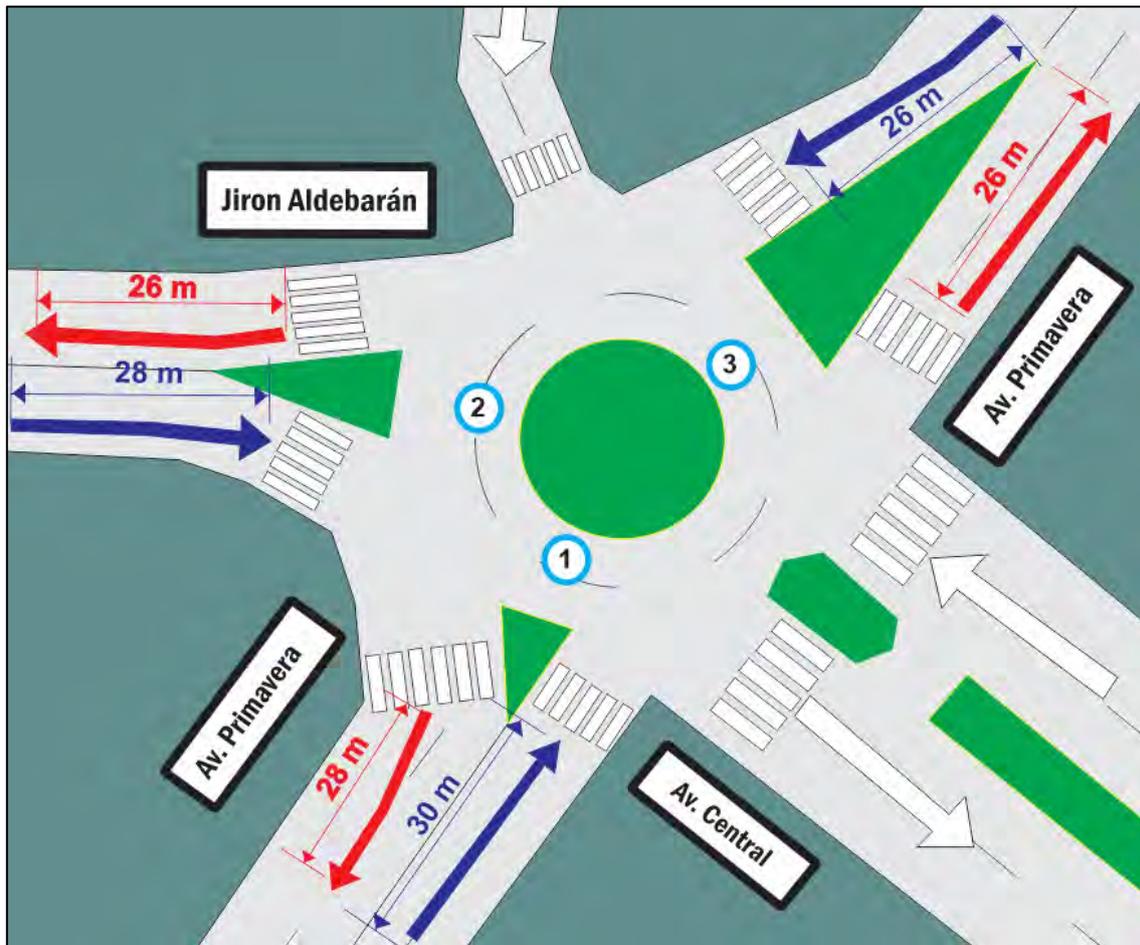


Figura 27: Distancia de recorrido para medición de las velocidades vehicular

Fuente: Propia

3.6. Herramientas para el procesamiento de datos

La técnica para la presentación y procesamiento de datos será a través de la estadística descriptiva mediante una distribución de frecuencias. De acuerdo con (O'Leary, 2014 y Nicol, 2006, citado en Hernández, 2014) la distribución de frecuencias es el conjunto de resultados obtenidos de una variable tabulados según su frecuencia y generalmente se presenta como una tabla. Los programas que se utilizarán para el procesamiento y presentación de los datos serán Microsoft Office Excel 2016.

Capítulo IV: Resultados

En este capítulo se muestra la interpretación de los datos recolectados a partir de la metodología aplicada. La interpretación de los datos se mostrará mediante el uso de la estadística descriptiva.

4.1. Evaluación seguridad vial y caracterización geométrica de la rotonda

4.1.1. Evaluación de la seguridad vial de la rotonda

Se realizó la evaluación de la seguridad vial de la rotonda de estudio a través de una lista de chequeo el cual permitió identificar ciertas características de diseño y desplazamiento vehicular que afecta al desplazamiento de los peatones. Se encontró como características del tráfico que los buses de transporte público se detenían en paraderos no autorizados lo cual generaba tráfico y además perjudicaba la visibilidad de los peatones que deseaban cruzar la avenida. También se encontró que los vehículos que entraban y salían de la intersección no cedían el paso a los peatones, sino que ellos tenían que esperar a que los vehículos se encuentren a distancias alejadas para recién realizar el cruce y además que ningún acceso presentaba las líneas de cebrá para marcar el cruce peatonal.

Respecto a los elementos viales se halló que los estacionamientos ubicados al lado de las aceras de las avenidas Primavera y Jirón Aldebarán perjudicaban al desplazamiento peatonal ya que los vehículos estacionados impedían tener una amplia visibilidad, además los peatones tenían que pasar a través de ellos para cruzar hacia las islas de refugio. Se determinó que el ancho de las islas de refugio era el adecuado ya que permitía que las personas con silla de ruedas o coches de bebés puedan esperar ahí sin ser afectados por el tránsito vehicular.

En relación a la señalización, se encontró que tanto la señalización horizontal como vertical se encuentran desgastadas lo cual perjudica tanto a los peatones como a los vehículos que transitan por la rotonda. Además, se determinó que se debería colocar reductores de velocidades en todas las avenidas de ingreso a la rotonda, debido que se presenciaron altas velocidades de los vehículos ingresantes. En relación a los usuarios de la vía se evidenció el tránsito de peatones de movilidad reducida con la compañía de una persona de apoyo o guía, también se observó el cruce de algunas personas corriendo o entre los vehículos detenidos en hora punta. Finalmente, respecto a la visibilidad de los peatones se encontró que ella era afectada tanto por los paraderos informales como por los estacionamientos cerca de la avenida. El resultado de la lista de chequeo aplicada a la presente rotonda se encuentra detallada en el anexo 3.

4.1.2. Características geométricas de la rotonda

Se realizó las mediciones de las principales características geométricas de la rotonda que afectan al desplazamiento de los peatones. Las características evaluadas fueron las siguientes: dimensiones de las rampas, islas de refugio, separadores y veredas. Luego de realizar la evaluación se logró identificar lo siguiente: el ancho de los cruces peatonales está en un rango de 1.80 a 2.00 metros aproximadamente, el ancho de las rampas es de 1.10 m, la pendiente de las rampas es de 1:15 y el ancho de las veredas en las islas de refugio es de aproximadamente 1.7 metros.

Por otro lado, de acuerdo con FHWA (2006), el ancho mínimo de una rampa excluyendo los lados acampanados debe ser de 1.20 metros, el ancho mínimo de las veredas debe ser de 1.50 metros y la pendiente máxima de las rampas debe ser máximo 1:20. Además, según Boudeguer, Prett & Squella (2010) las dimensiones mínimas de una persona en silla de ruedas son de 80 cm de ancho y 120 cm de largo, y dimensiones mínimas de una persona con coche de bebé son 80 cm de ancho y 140 cm de largo.

Luego de comparar las dimensiones recolectadas con las dimensiones mínimas requeridas según FHMA (2006) y Boudeguer, Prett, & Squella (2010), se determinó que las dimensiones de las veredas y la pendiente de las rampas eran adecuadas para el tránsito peatonal; sin embargo, el ancho de las rampas no es el correcto debido que no permitiría el tránsito de una persona en silla de ruedas al lado de un peatón ya que para que eso suceda se necesita un ancho mínimo de 1.50 metros. En el anexo 4 se muestran fotos de algunas características geométricas de la rotonda.

4.2. Desplazamiento peatonal

El periodo de observación del desplazamiento de los peatones fue de 3 días en los horarios de 7:00-9:00, 12:00-14:00 y 16:00-18:00. La cantidad de peatones observados durante este periodo fue de 270, los cuales fueron conformados por 128 hombres y 142 mujeres tal y como se muestra en la figura 28 (a). La cantidad de hombres observados para el primer acceso fue de 41, en el segundo acceso 52 y en el tercer acceso 35. La cantidad de mujeres observadas para el primer acceso fue de 49, en el segundo fue 38 y en tercero fue 55, tal y como se muestra en la figura 28 (b).

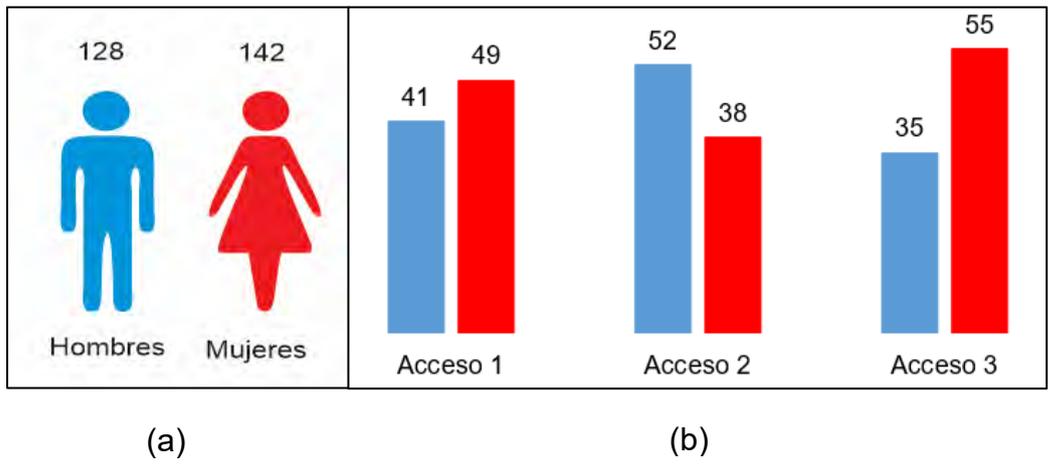


Figura 28: Cantidad de peatones observados de acuerdo al género y al acceso

Fuente: Propia

Durante el periodo de observación no hubo presencia de personas de movilidad reducida y la presencia de adultos mayores fue muy poca (4.8%), esto puede deberse a que ellos no transitan por la rotonda debido a las pocas facilidades de cruce. De la misma forma, los niños y adolescentes tampoco transitan mucho por la rotonda formando el grupo de menor presencia con un aproximado 3%. Por otro lado, los grupos de mayor presencia durante la evaluación fueron los jóvenes y adultos, siendo un 64.8% y 27.8% respectivamente tal y como se muestra en la figura 29.

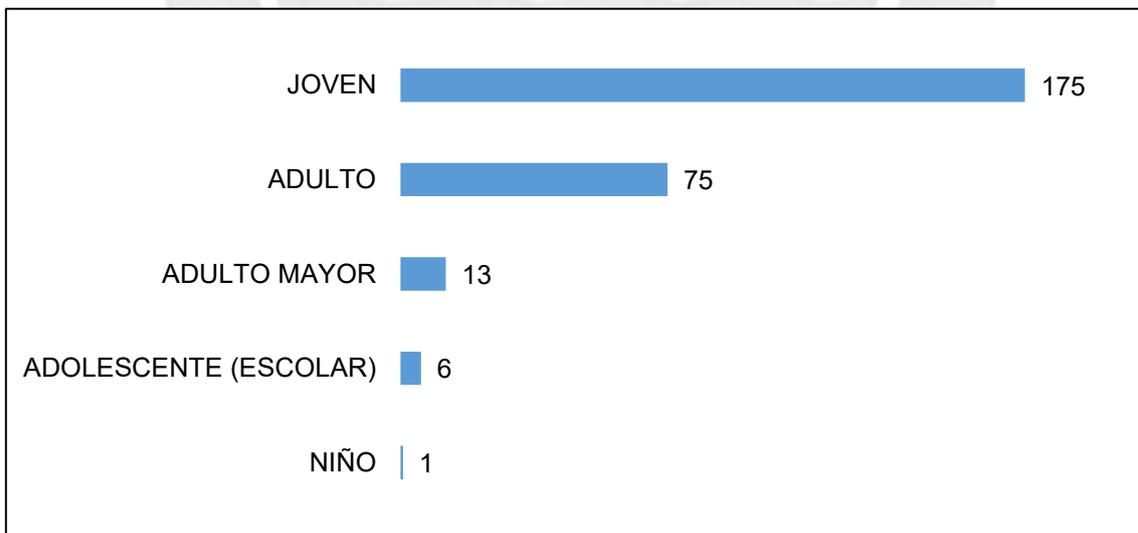


Figura 29: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad en la intersección

Fuente: Propia

En el acceso 1 se observó el comportamiento de 49 peatones que iniciaban su desplazamiento en el carril de entrada, los cuales estaban conformados 65% por peatones jóvenes, 26% por peatones adultos, 6% por peatones adultos mayores y solo el 3% por adolescentes. Respecto a los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida, se observó un total de 41 peatones de los cuales el 71% eran peatones jóvenes y el 29% peatones adultos, tal y como se muestra en la figura 30.

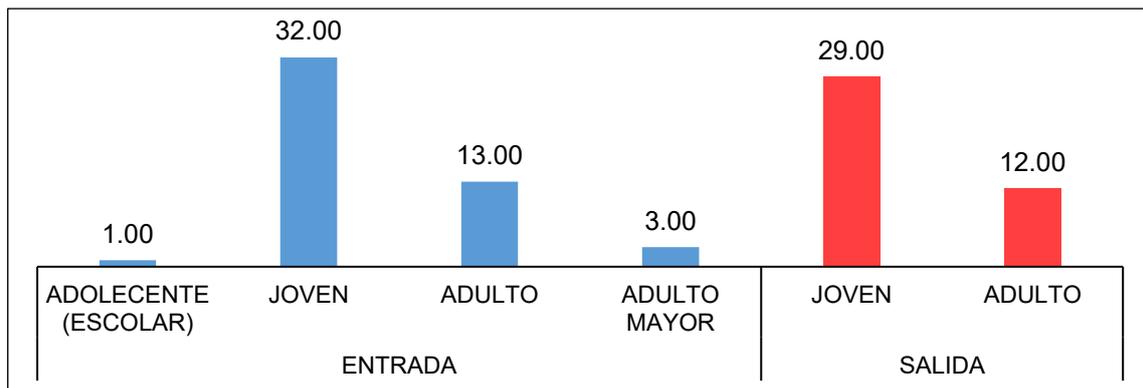


Figura 30: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad – acceso 1

Fuente: Propia

Asimismo, respecto al acceso 2, se analizó el comportamiento de 37 peatones en el carril de entrada, los cuales estaban conformados 65% por peatones jóvenes, 30% por peatones adultos, solo el 10% por adolescentes. Respecto a los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida, se observó un total de 53 peatones de los cuales el 77% eran peatones jóvenes, el 17% peatones adultos, el 4% por adultos mayores y el 2% por adolescentes, tal y como se muestra en la figura 31.

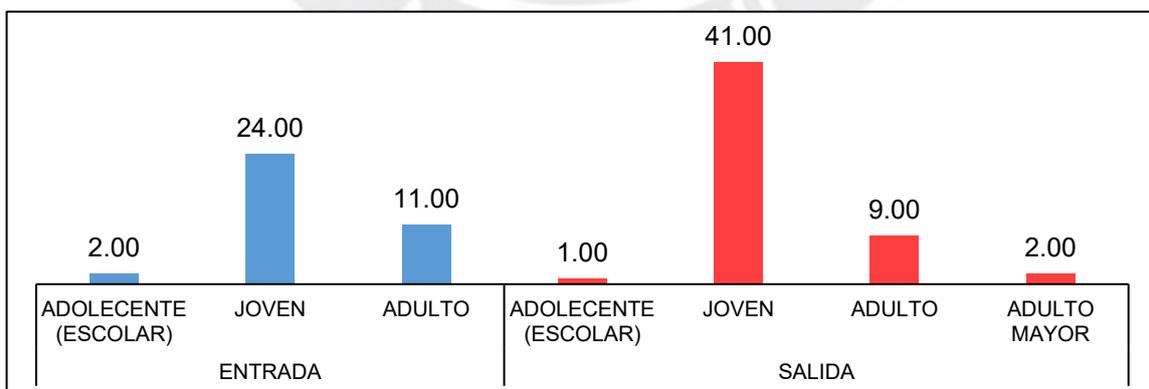


Figura 31: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad – acceso 2

Fuente: Propia

Finalmente, respecto al acceso 3, se analizó el comportamiento de 46 peatones en el carril de entrada, los cuales estaban conformados 52% por peatones jóvenes, 39% por peatones adultos, el 4% por adultos mayores y solo el 5% por adolescentes y niños. Respecto a los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida, se observó un total de 44 peatones de los cuales el 57% eran peatones jóvenes, el 27% peatones adultos, el 14% por adultos mayores y el 2% por adolescentes, tal y como se muestra en la figura 32.

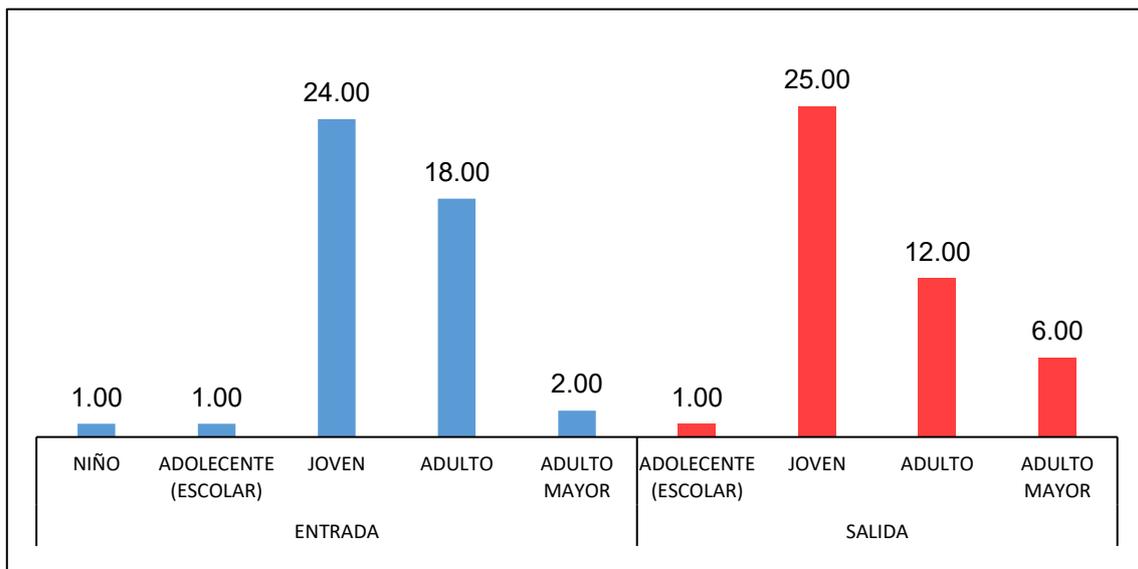


Figura 32: Cantidad de peatones observados según su grupo de edad - acceso 3

Fuente: Propia

4.2.1. Líneas de deseo

Se analizó los datos obtenidos de la observación directa realizada a la rotonda y se identificó las siguientes líneas de deseo las cuales están relacionadas al punto donde se inicia el desplazamiento. En la figura 33 se observa las líneas de deseo de los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida del acceso 1, se pudo identificar que los peatones que realizan el cruce a través de la ruta 1 en su mayoría se trasladan hacia la av. Central. Por otro lado, los peatones que realizan el cruce por las rutas 2 y 3, no utilizan el cruce peatonal ni la isla de refugio y se dirigen en dirección de la av. Primavera.

En la figura 34, se muestran las líneas de deseo de los peatones que inician su desplazamiento en el carril de entrada del acceso 1 y se identificó que los peatones que realizan el cruce por la ruta 1 (a) en su mayoría provienen de la av. Central y los peatones que cruzan por la ruta 1(b) provienen del paradero de la av. Primavera y no utilizan el primer cruce peatonal, pero si utilizan la isla de refugio y el segundo cruce. Finalmente, los peatones que se trasladan por la ruta 2, provienen de la av. Primavera y no utilizan ningún cruce peatonal en su trayectoria.

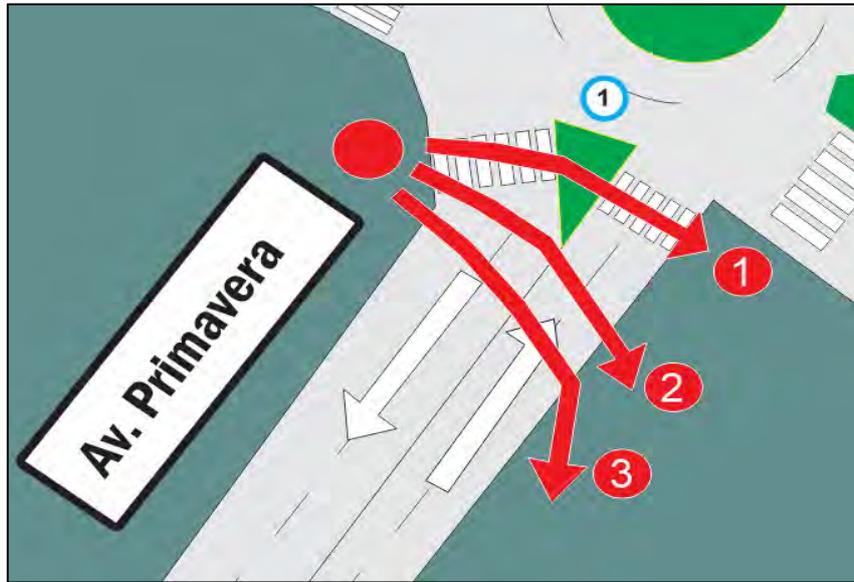


Figura 33: Líneas de deseo acceso 1, peatones inician su desplazamiento por el carril de salida

Fuente: Propia



Figura 34: Líneas de deseo acceso 1, peatones inician su desplazamiento por el carril de entrada

Fuente: Propia

Respecto al acceso 2, las líneas de deseo muestran que los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida y se desplazan a través de la ruta 1 no necesariamente utilizan el primer cruce peatonal, pero si utilizan el segundo cruce peatonal tal y como se muestra en la figura 35. Además, se pudo identificar que la mayoría de los peatones que cruzan la avenida a través de la ruta 2 realizan el cruce de forma rápida ya que no emplean ningún cruce peatonal ni la isla de refugio. Por otro lado, los peatones que inician su desplazamiento en el carril de entrada presentan un comportamiento similar al comportamiento que tienen cuando inician su desplazamiento en el carril de salida tal y como muestran las líneas de deseo en la figura 36.

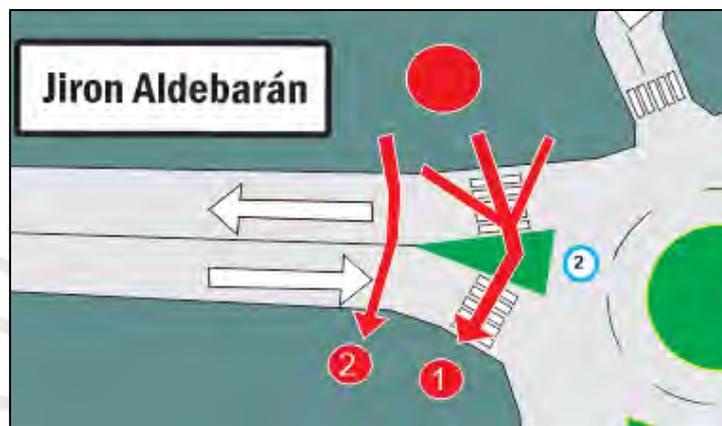


Figura 36: Líneas de deseo acceso 2, peatones inician su desplazamiento por el carril de salida

Fuente: Propia

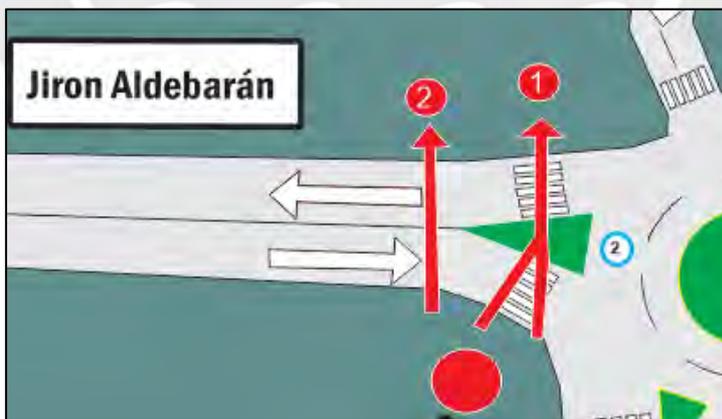


Figura 35: Líneas de deseo acceso 2, peatones inician su desplazamiento por el carril de entrada

Fuente: Propia

Finalmente, las líneas de deseo identificadas en el acceso 3 muestran un comportamiento de los peatones similar al de las demás avenidas tal y como se muestran en las figuras 37 y 38. El comportamiento de los peatones que inician su desplazamiento en el carril de entrada es similar a su comportamiento cuando inician el cruce en el carril de salida. Se muestra que los peatones que realizan el cruce por la ruta 2 no utilizan ningún cruceo peatonal ni la isla de refugio. Por otro lado, los peatones que realizan el cruce por la ruta 1 no necesariamente utilizan el primer cruceo peatonal, pero si el segundo.



Figura 37: Líneas de deseo acceso 3, peatones inician su desplazamiento por el carril de salida

Fuente: Propia



Figura 38: Líneas de deseo acceso 3, peatones inician su desplazamiento por el carril de entrada

Fuente: Propia

4.2.2. Tiempos de cruce peatonales

4.2.2.1. Tiempos de cruce según el carril de inicio del desplazamiento

Se clasificó los tiempos de cruce de todos los peatones observados en los 3 accesos según el lugar de donde inician su desplazamiento tal y como se muestra en la figura 39. Se pudo observar que en general los peatones que inician su desplazamiento en los carriles de salida presentan un mayor tiempo total de cruce; sin embargo, poseen un menor tiempo de espera inicial.

En la figura 40 se muestra los tiempos de cruce peatonales clasificados por cada acceso de análisis, se puede observar que el acceso 1 presenta el mayor tiempo total de cruce cuando los peatones inician su desplazamiento en el carril de salida (29.95 seg) y que los tiempos de cruce en el acceso 3 son muy similares independientemente de donde se inicie el desplazamiento. Asimismo, se observa que el acceso 2 es el que menor tiempo de cruce presenta, esto se debe a que es el acceso con las menores dimensiones de calzada ya que el ingreso y la salida solo tiene un carril.

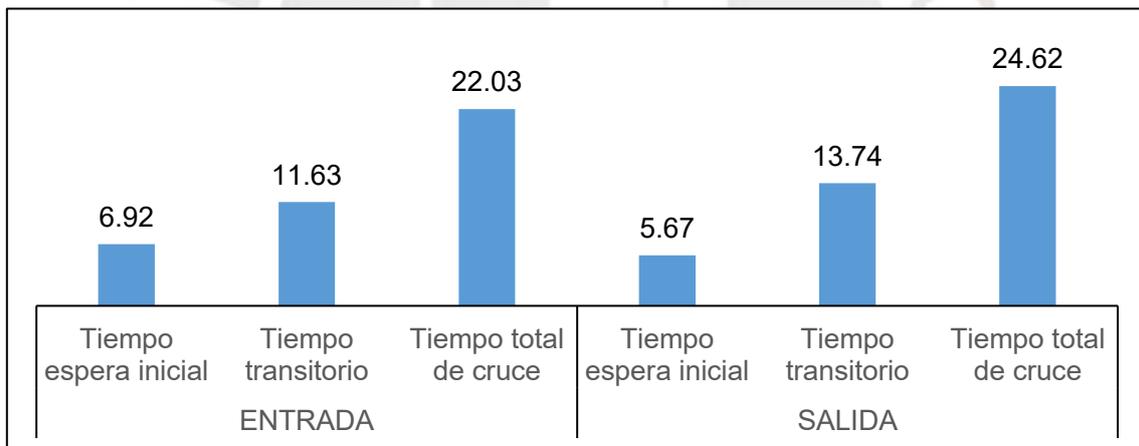


Figura 39: Tiempos de cruce peatonales según el lugar donde inician el desplazamiento (seg)

Fuente: Propia

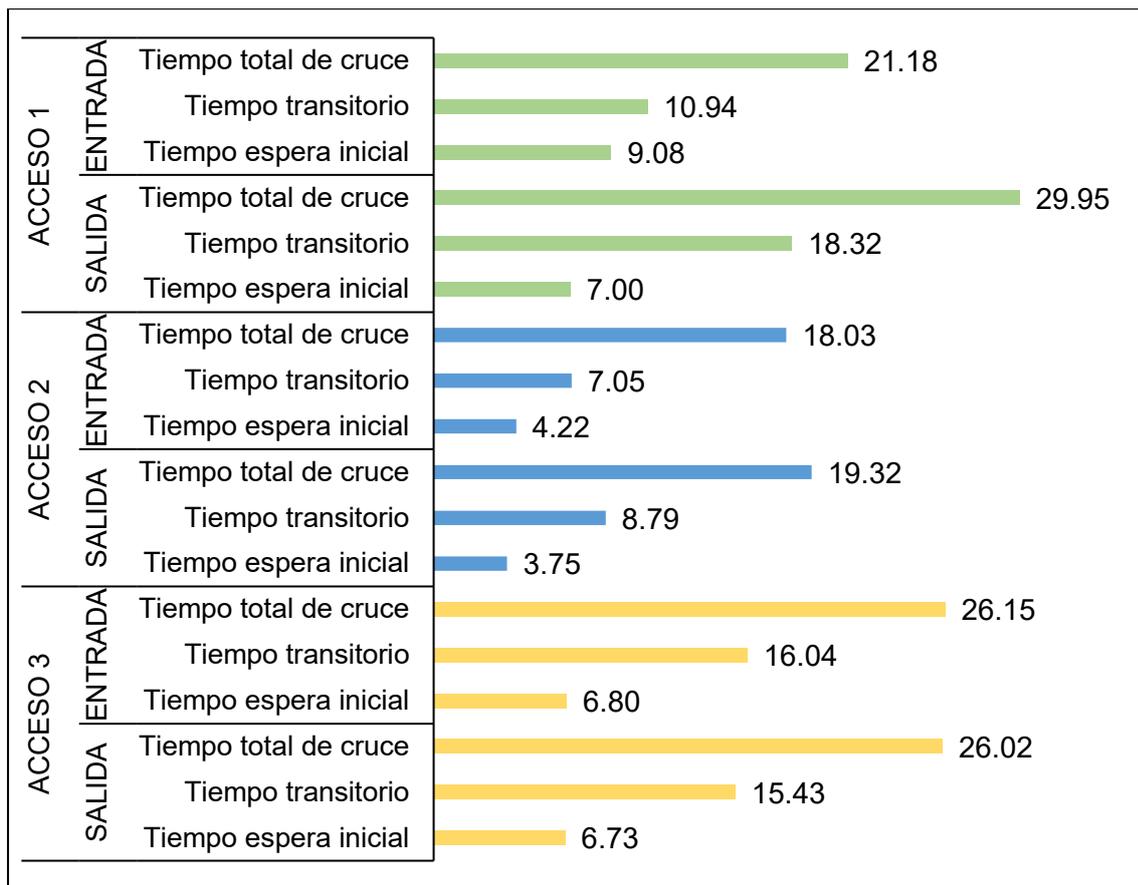


Figura 40: Tiempos de cruce peatonales según el acceso de análisis (seg)

Fuente: Propia

4.2.2.2. Tiempos de cruce según el tipo de peatón

Adicionalmente, se registró los tiempos de espera de los peatones según su rango de edad y el lugar de donde inicia el desplazamiento, en las figuras 41 y 42 se muestra los tiempos de cruce de los peatones cuando inician su desplazamiento en los carriles de entrada y salida de la rotonda respectivamente. Se pudo observar que todos los peatones presentan mayores tiempos de cruce cuando iniciaban su desplazamiento en los carriles de salida siendo el mayor tiempo promedio total de cruce el del adulto con un tiempo de 28 seg.

Además, se encontró que el tiempo promedio de espera inicial de los adultos mayores que iniciaban su desplazamiento en el carril de entrada eran casi cuatro veces más alto que cuando iniciaban el desplazamiento en el carril de salida. Asimismo, se encontró que los tiempos promedios de cruce de los jóvenes eran muy similares independientemente de donde inicien su desplazamiento. Respecto a los niños y adolescentes, no se puede obtener una conclusión importante de sus tiempos de cruce, ya que su cantidad de peatones evaluados fue muy poca.

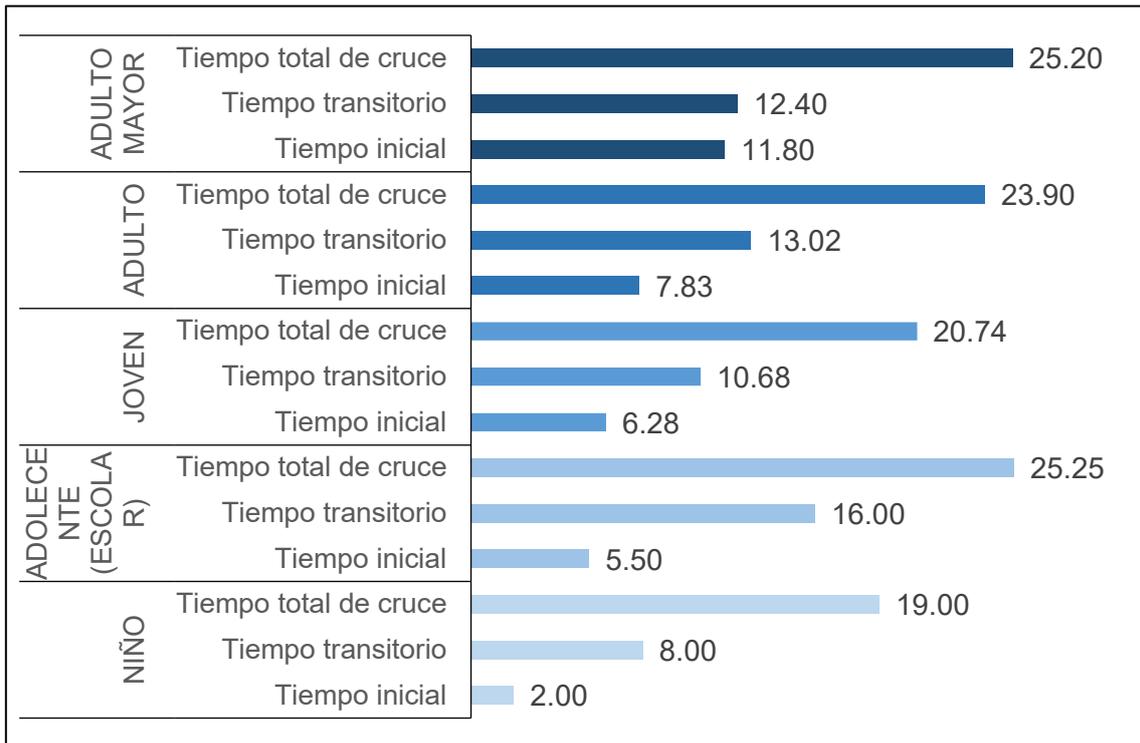


Figura 41: Tiempos de cruce peatonales según su rango de edad - carriles de entrada (seg)

Fuente: Propia

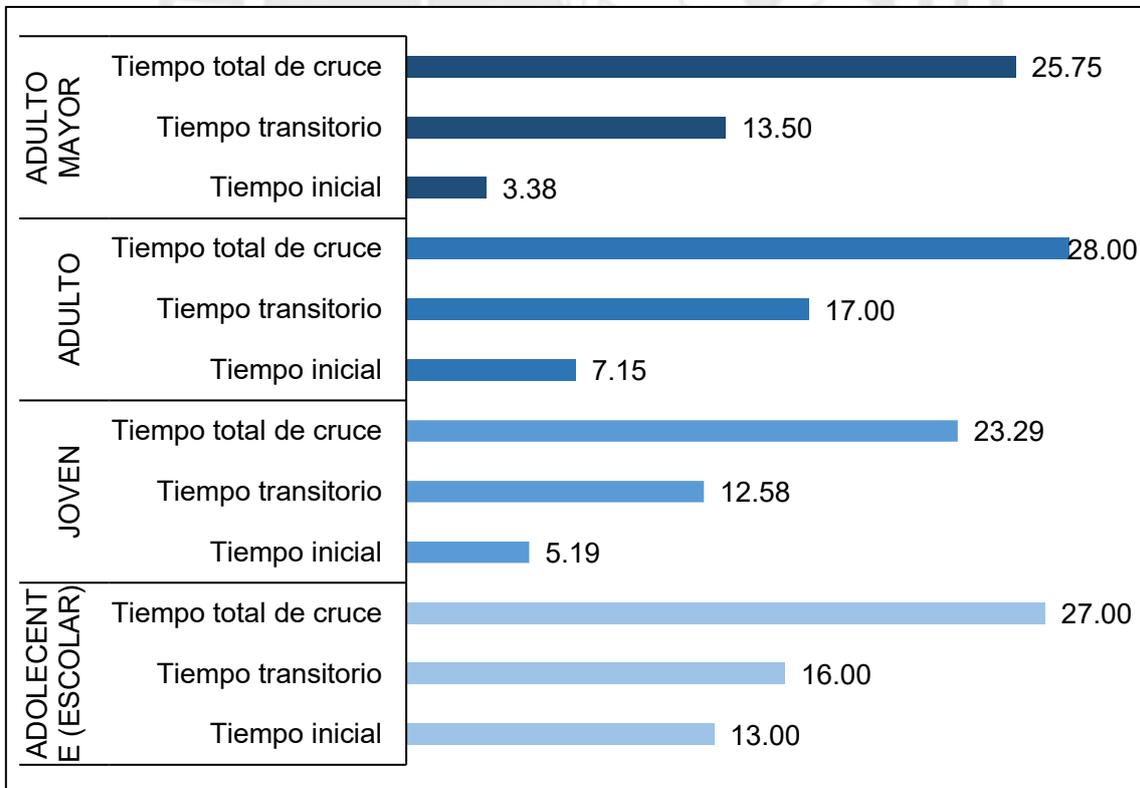
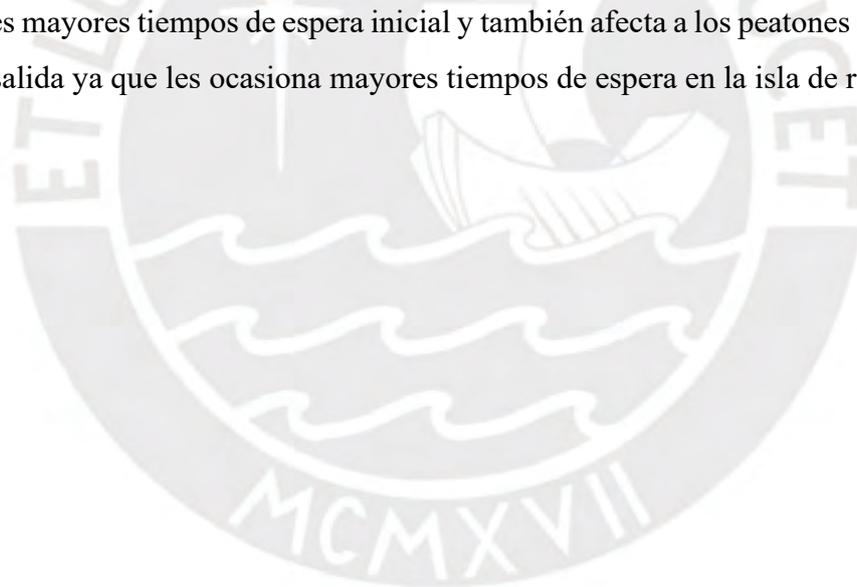


Figura 42: Tiempos de cruce peatonales según su rango de edad - carriles de salida (seg)

Fuente: Propia

Para un mejor análisis se clasificó los tiempos de cruce peatonales por cada acceso. En la figura 43, se muestra los tiempos de cruce de los peatones según su rango de edad y el lugar de donde inicia el desplazamiento, en el acceso 1. En el análisis del carril de salida del acceso 1 se encontró solo la presencia de los peatones adultos y jóvenes, por otro lado, en el carril de entrada se encontró la presencia de adultos mayores, adultos, jóvenes y adolescentes. Comparando los tiempos totales de cruce de los peatones jóvenes y adultos, se pudo observar que los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida presentan mayores tiempos totales de cruce que los peatones que inician su desplazamiento en el carril de entrada, los peatones jóvenes demoran un 45% más y los peatones adultos demoran un 36% más.

Respecto a los tiempos de espera inicial se encontró que los peatones jóvenes y adultos que inician el desplazamiento en el carril de salida presentan menores tiempos de espera inicial que los peatones que inician en el carril de entrada. Esto se debe a que el carril de entrada del presente acceso presenta un paradero informal de buses cercano al cruce peatonal, lo cual genera que los buses que se detienen interfieran con la visibilidad de los peatones provocándoles mayores tiempos de espera inicial y también afecta a los peatones que provienen del carril de salida ya que les ocasiona mayores tiempos de espera en la isla de refugio.



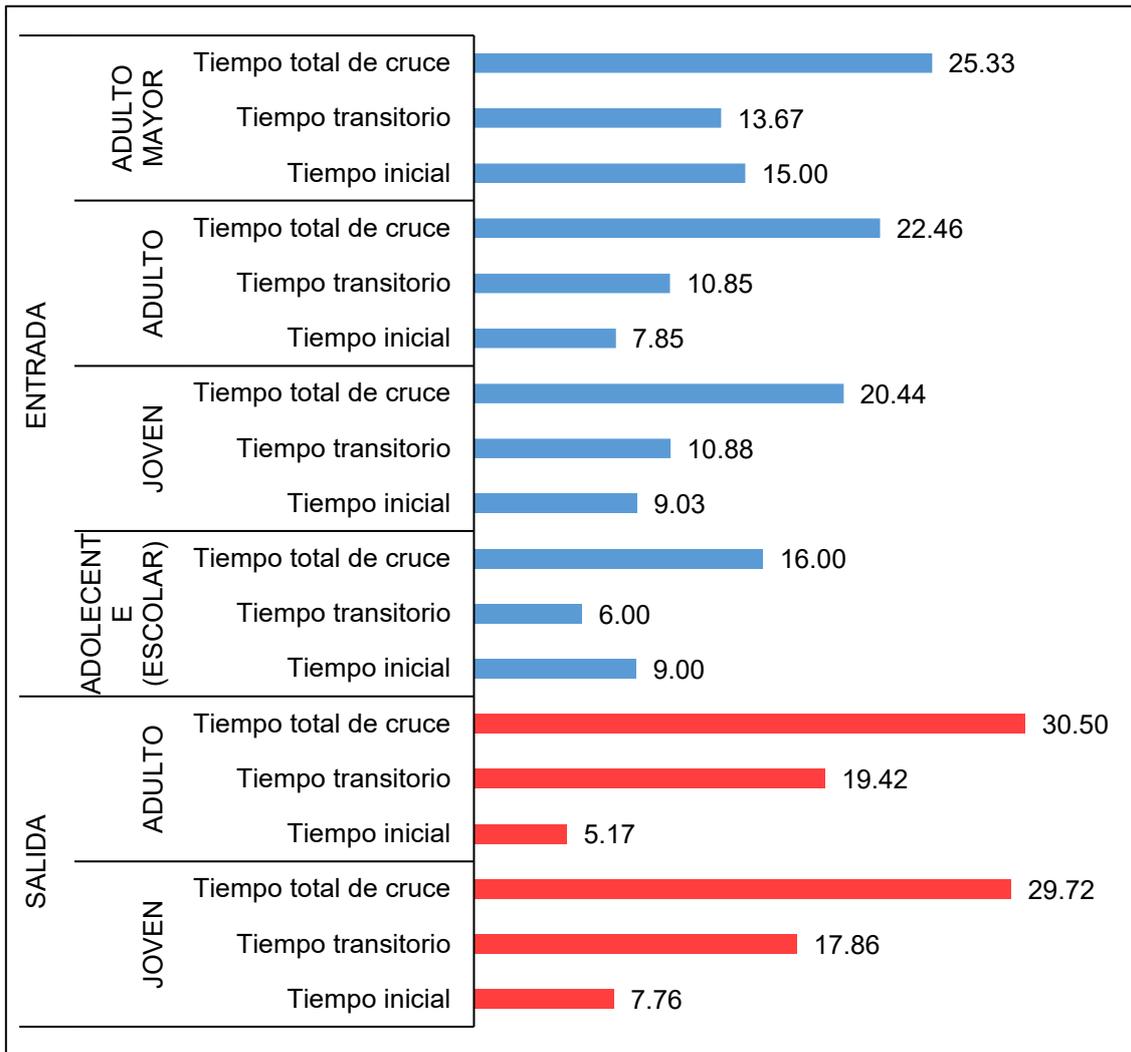


Figura 43: Tiempos de cruce peatonales según Tipo de peatón – acceso 1 (seg)

Fuente: Propia

En relación al acceso 2, se encontró en el carril de salida la presencia de peatones adolescentes, jóvenes, adultos y adultos mayores, por otro lado, en el carril de entrada se encontró solo la presencia de adolescentes, jóvenes y adultos. Comparando los tiempos de cruce de los jóvenes y adultos, se encontró que en el acceso 2 los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida presentan mayores tiempos de cruce que los peatones que inician en el carril de entrada, tal y como se muestra en la figura 44. Sin embargo, se identificó que los tiempos totales de cruce de los peatones son muy similares independientemente de donde inician su desplazamiento, ya que los tiempos de los jóvenes difieren en menos del 3% y los tiempos de los adultos difieren en 16.34% aproximadamente. Esto se debe a que no existe presencia de ningún paradero cerca y que sea un acceso de bajo flujo vehicular.

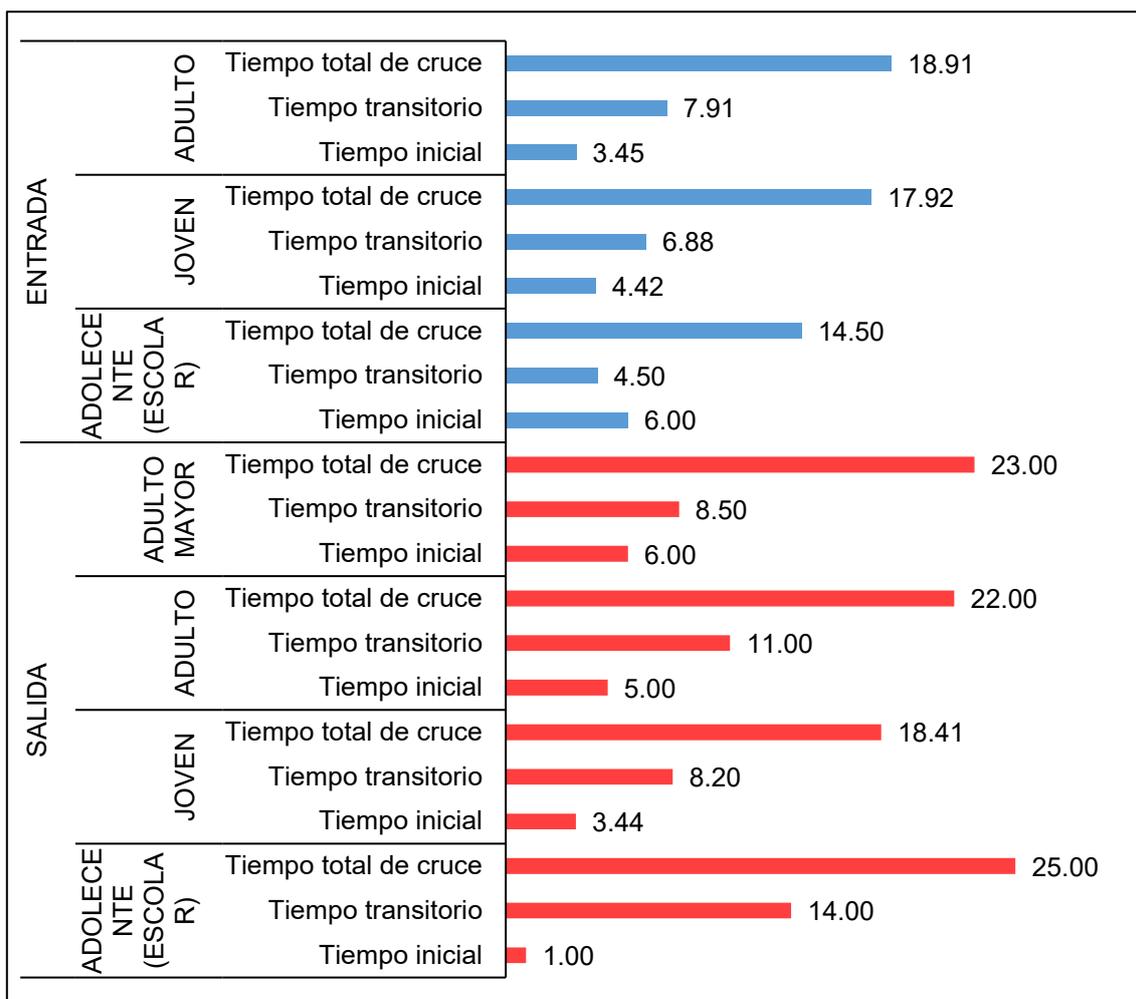


Figura 44: Tiempos de cruce peatonales según Tipo de peatón – acceso 2 (seg)

Fuente: Propia

Finalmente, respecto al acceso 3, se encontró en el carril de salida la presencia de peatones adolescentes, jóvenes, adultos y adultos mayores, por otro lado, en el carril de entrada se encontró los mismos tipos de peatones y adicional a ello la presencia de un niño, tal y como se muestra en la figura 45. Comparando los tiempos de cruce de los jóvenes y adultos, se identificó que al igual que el acceso 2 los tiempos totales de cruce de los peatones son muy similares independientemente de donde se inicie el desplazamiento, puesto que los tiempos de los jóvenes y los adultos que inician su desplazamiento en el carril de salida difieren en menos del 7% respecto de los que inician en el carril de entrada. Cabe resaltar que el acceso no tiene paraderos cercanos a los cruces peatonales y además presenta una isla de refugio de mayores dimensiones que los demás accesos, debido a ello presenta altos tiempos transitorios.

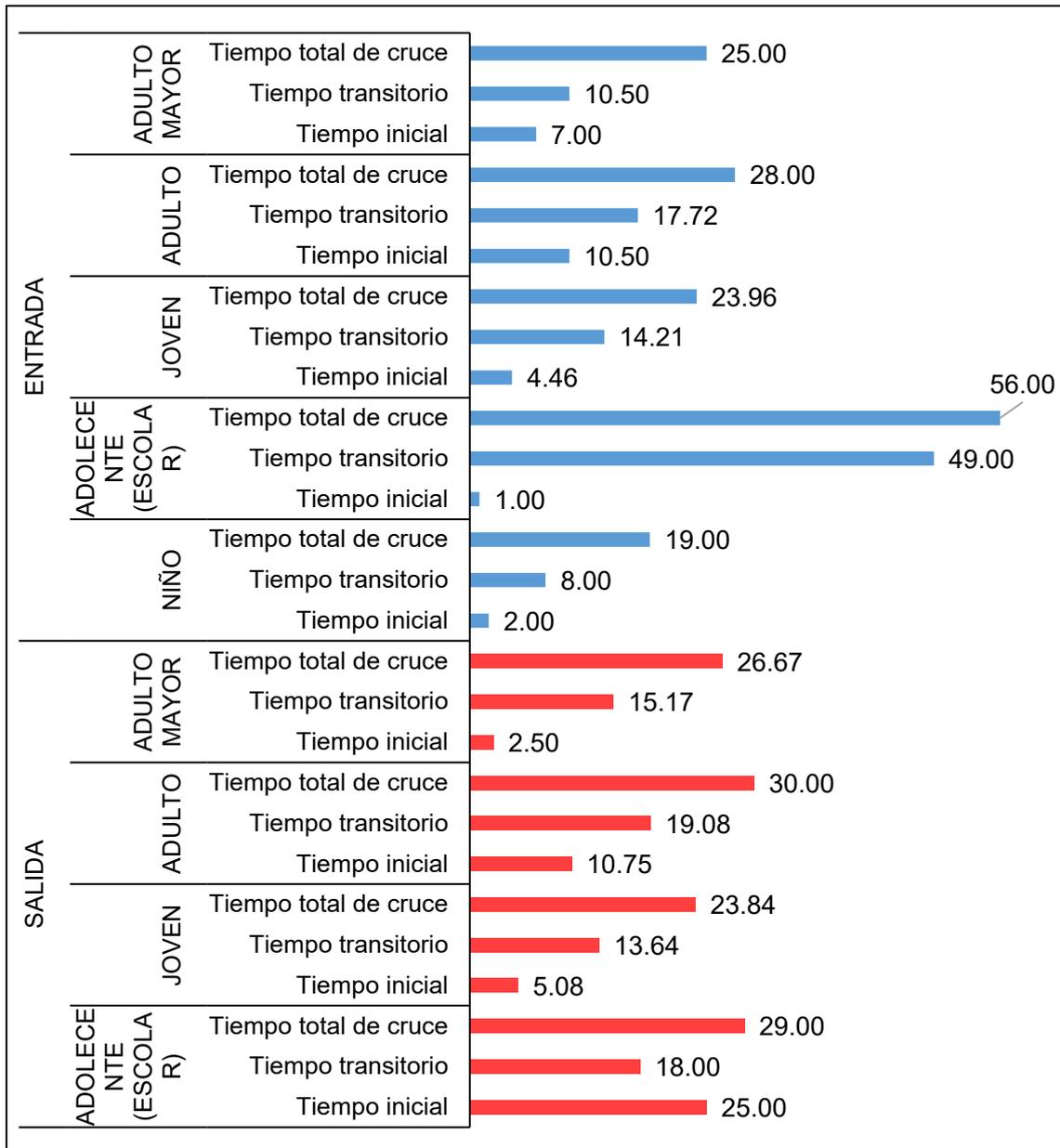


Figura 45: Tiempos de cruce peatonales según Tipo de peatón – acceso 3 (seg)

Fuente: Propia

4.2.3. Velocidades de desplazamiento

4.2.3.1. Velocidades según el carril de inicio de desplazamiento

Las velocidades de los peatones se clasificaron según el lugar donde se inicia el desplazamiento tal y como se muestra en la figura 46. Se pudo identificar que en general las velocidades de los peatones son mayores a la velocidad de 1.2 m/s la cual es la que se utiliza para el diseño. Además, se encontró que la menor velocidad promedio se dio en el carril de entrada cuando los peatones iniciaron su desplazamiento en el carril de salida (1.18 m/s).

Asimismo, se agrupó las velocidades de los peatones según el acceso de análisis y su lugar de inicio de desplazamiento tal y como se muestra en la figura 47. Respecto al acceso 1, se identificó que presenta la mayor velocidad promedio de peatones en el carril de salida siendo 1.4 m/s. En relación al acceso 2, se logró identificar que presenta las velocidades más bajas, siendo la menor velocidad promedio de los peatones que cruzan el carril de salida cuando inician su desplazamiento en el carril de entrada (1.07 m/s).

Finalmente, respecto al acceso 3 se encontró que es el carril que tiene las velocidades más similares independientemente de donde se inicie el desplazamiento, a excepción de las velocidades de los peatones que cruzan el carril de entrada cuando inician su desplazamiento en el carril de salida ya que su velocidad es la que difiera en más del 10% de las demás velocidades. Para un mayor análisis se clasificó las velocidades de los peatones según el acceso y el carril de estudio, tal y como se muestra en la figura 48. Se pudo concluir que el acceso 1 presenta las mayores velocidades promedio en ambos carriles con un promedio de 1.27 m/s en el carril de entrada y un 1.38 m/s en el carril de salida.

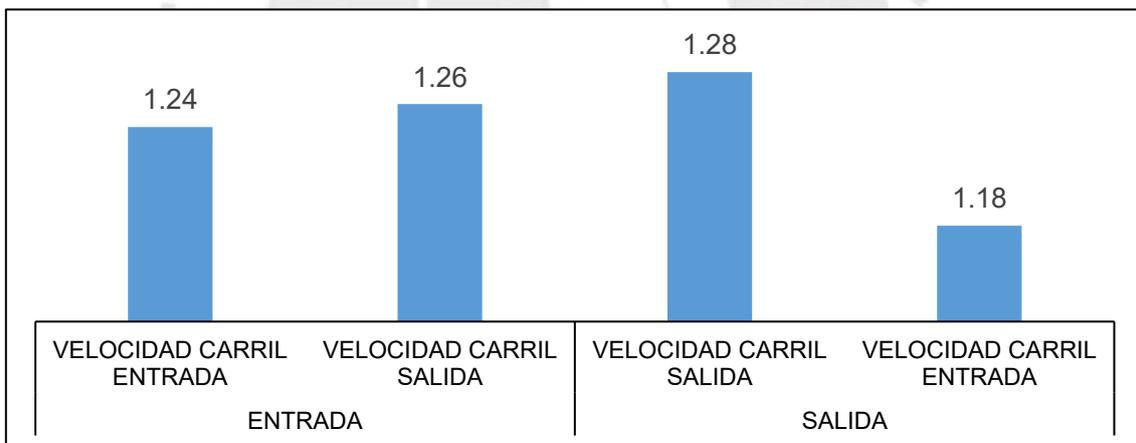


Figura 46: Velocidad de los peatones respecto a su lugar de inicio de desplazamiento (m/s)

Fuente: Propia

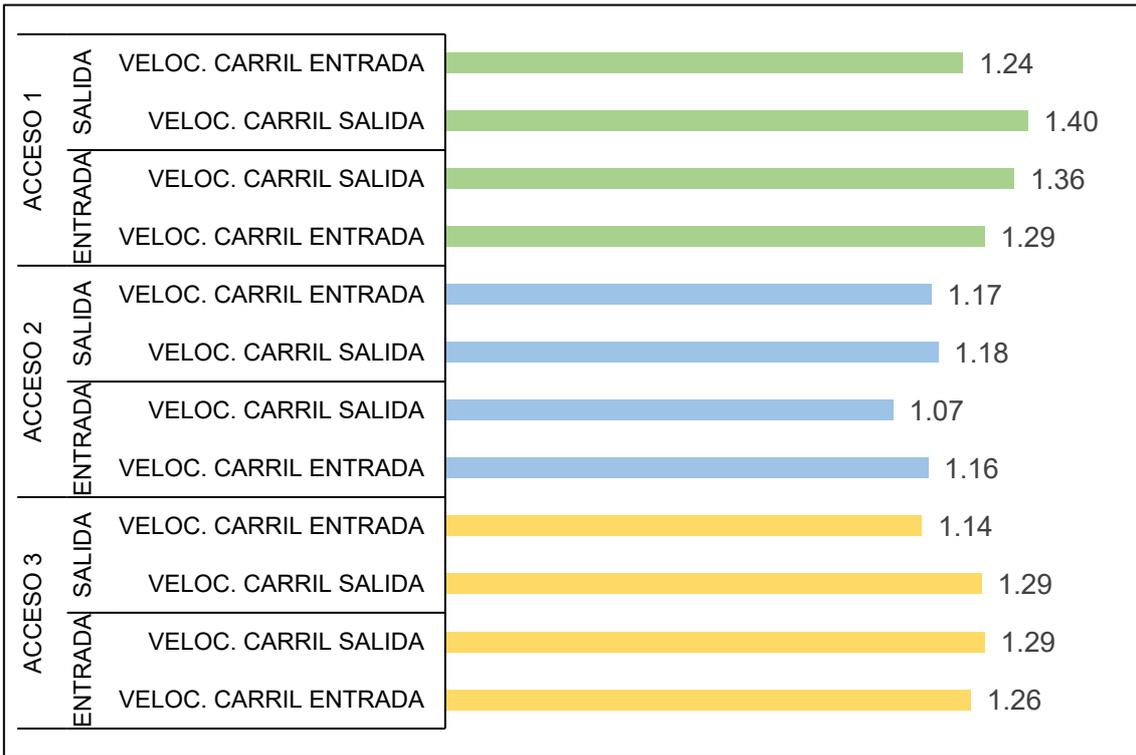


Figura 47: velocidades peatonales según el acceso y su lugar de inicio de desplazamiento (m/s)

Fuente: Propia

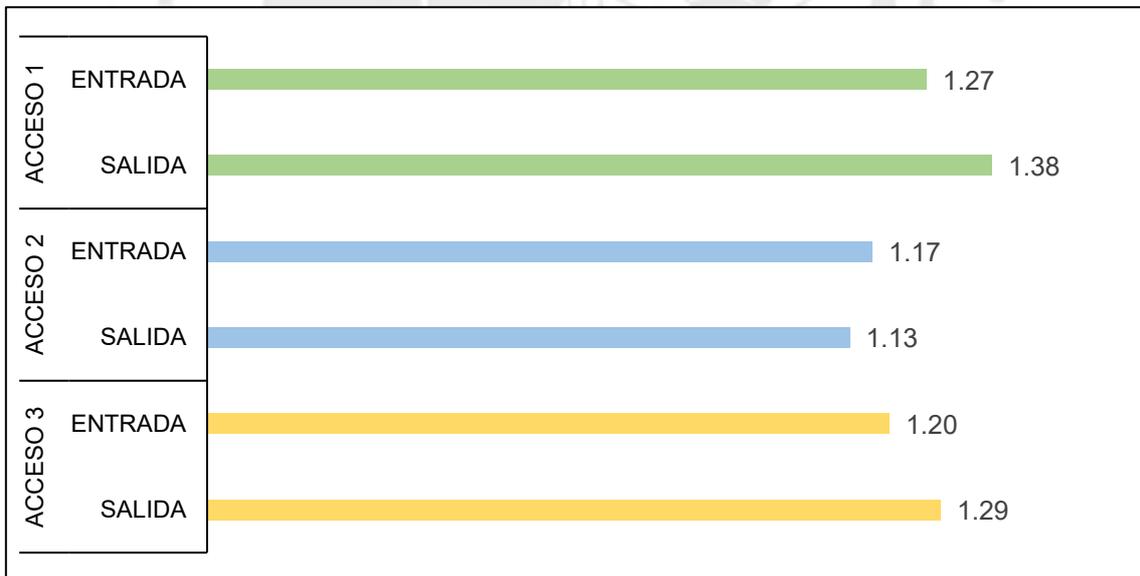


Figura 48: velocidades de los peatones por carril según el acceso de análisis

Fuente: Propia

4.2.3.2. Velocidades de desplazamiento según el tipo de peatón

Asimismo, se registró las velocidades de los peatones según su rango de edad y el carril en el que se desplazan, en la figura 49 y 50 se muestra las velocidades de cruce cuando los peatones transitan en los carriles de entrada y salida respectivamente. Contrastando ambas gráficas, se puede observar que las velocidades de los peatones en el carril de ingreso a la rotonda son menores que en el carril de salida.

Además, se encontró que las velocidades de las personas adultas y adultos mayores tienen velocidades menores que la de diseño 1.2 m/s, siendo las personas jóvenes el único grupo que presenta velocidades mayores que la de diseño en ambos carriles, 1.26 m/s en el carril de ingreso y 1.31 m/s en el carril de salida. Por otro lado, los adultos mayores presentan las velocidades más bajas independientemente del carril en que se desplacen, siendo 0.98 m/s en el carril de ingreso y 1.10 m/s en el carril de salida de la rotonda.

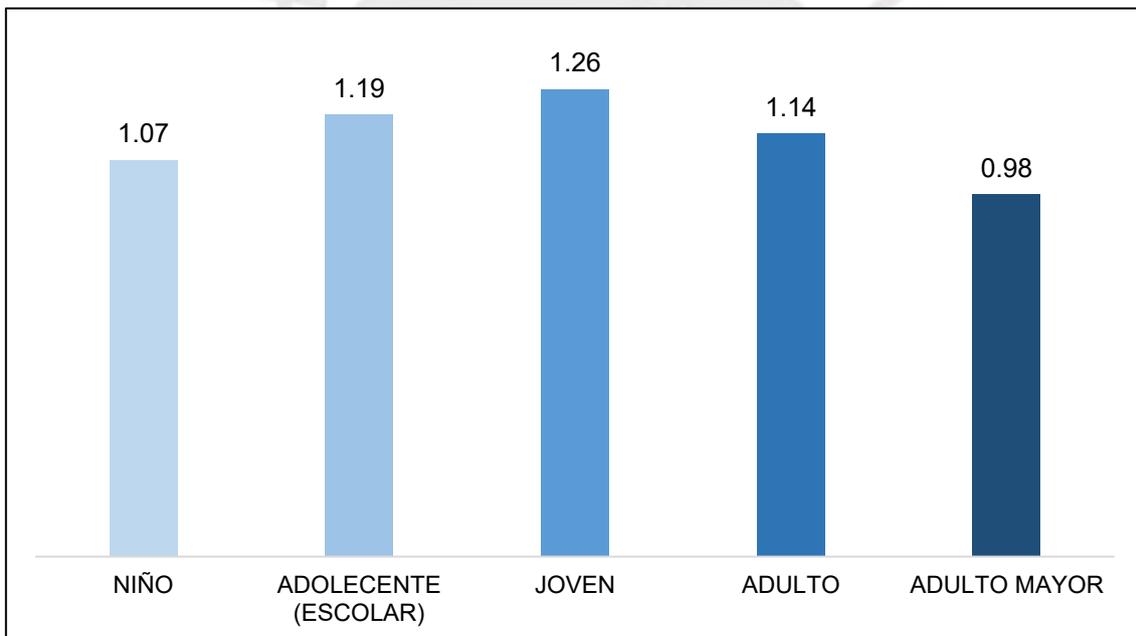


Figura 49: velocidades de los peatones en los carriles de entrada a la rotonda (m/s)

Fuente: Propia

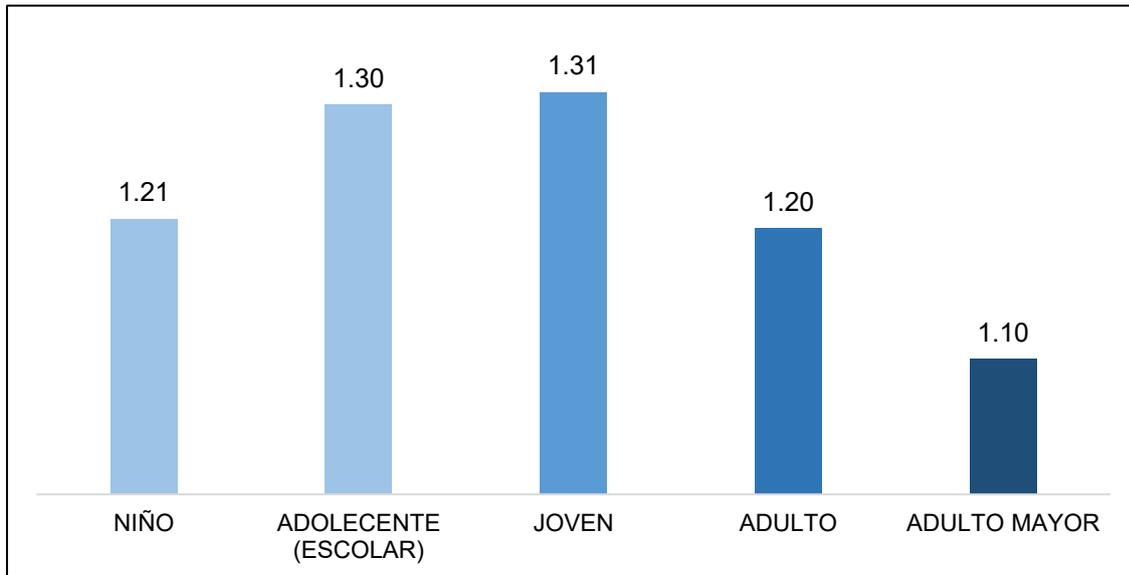


Figura 50: velocidades de los peatones en los carriles de salida de la rotonda (m/s)

Fuente: Propia

Para un mejor análisis se clasificó las velocidades de los tipos de peatones por cada acceso. En el análisis del acceso 1, se encontró que las velocidades de los peatones son mayores en el carril de salida que en el carril de entrada, independientemente del tipo de peatón. Los adultos y jóvenes presentan velocidades 11% más altas en el carril de salida que en el carril de entrada, tal y como se muestra en la figura 51. En relación al acceso 2, se determinó que las velocidades de los adolescentes, jóvenes y adultos son muy similares entre sí, tanto en el carril de entrada como en el carril de salida, tal y como se muestra en la figura 51. El presente acceso presenta las velocidades más uniformes y más bajas en ambos carriles, esto se debería a que es el acceso de menores dimensiones y además presenta un bajo flujo vehicular.

Finalmente, respecto al acceso 3, se encontró que al igual que el acceso 1, las velocidades de desplazamiento en los carriles de salida eran mayores que en los carriles de entrada independientemente del tipo de peatón. El mayor promedio de velocidad encontrada fue de los peatones adolescentes, sin embargo, no se pudo sacar ninguna conclusión debido a que la cantidad de adolescentes analizados es muy pequeña.

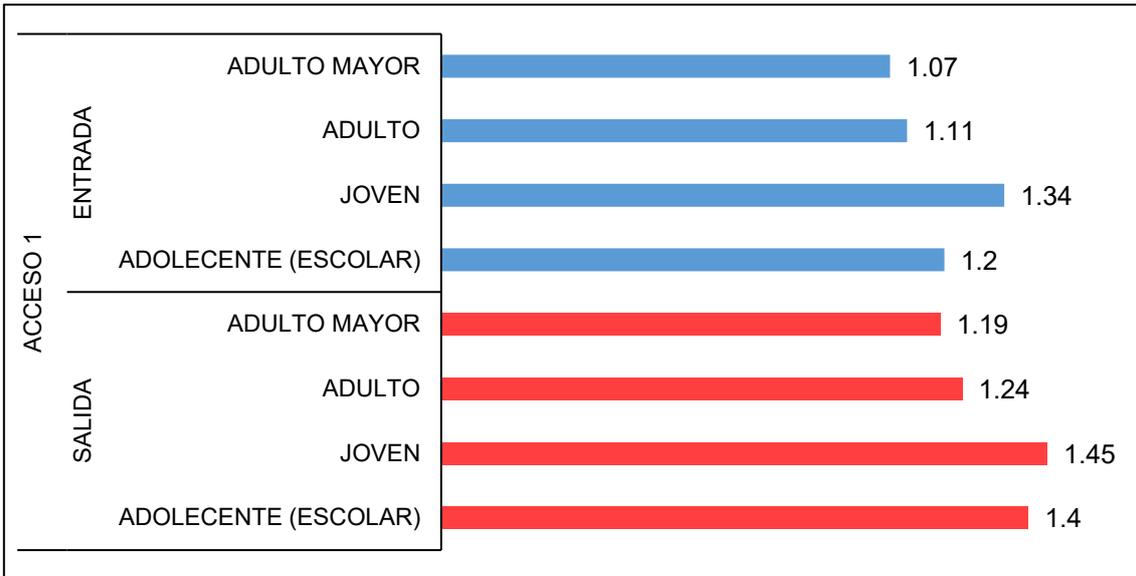


Figura 51: velocidades por tipo de peatón – acceso 1 (m/s)

Fuente: Propia

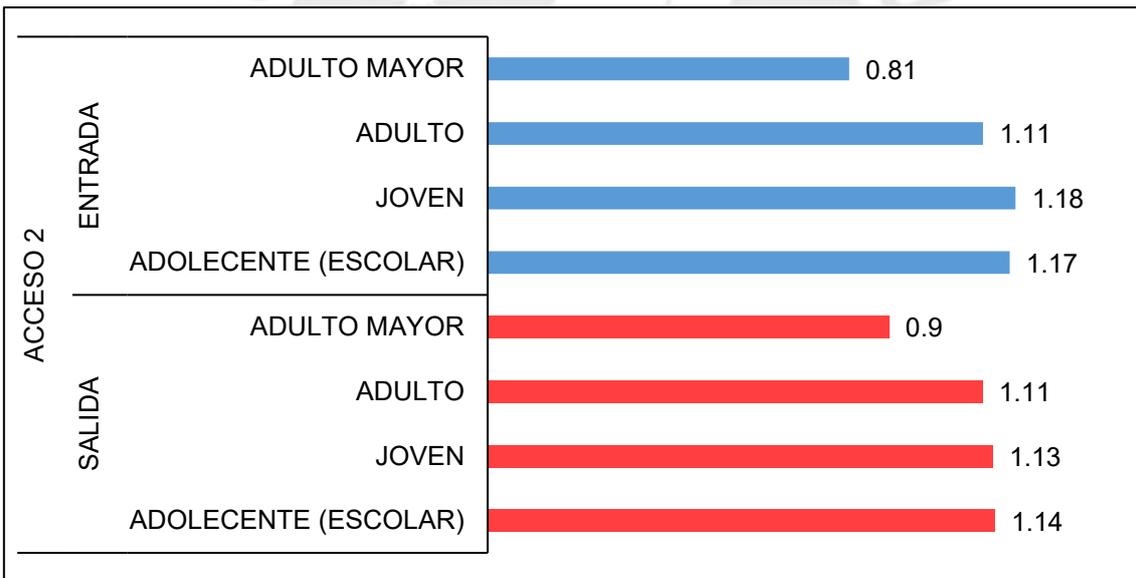


Figura 52: velocidades por tipo de peatón – acceso 2 (m/s)

Fuente: Propia

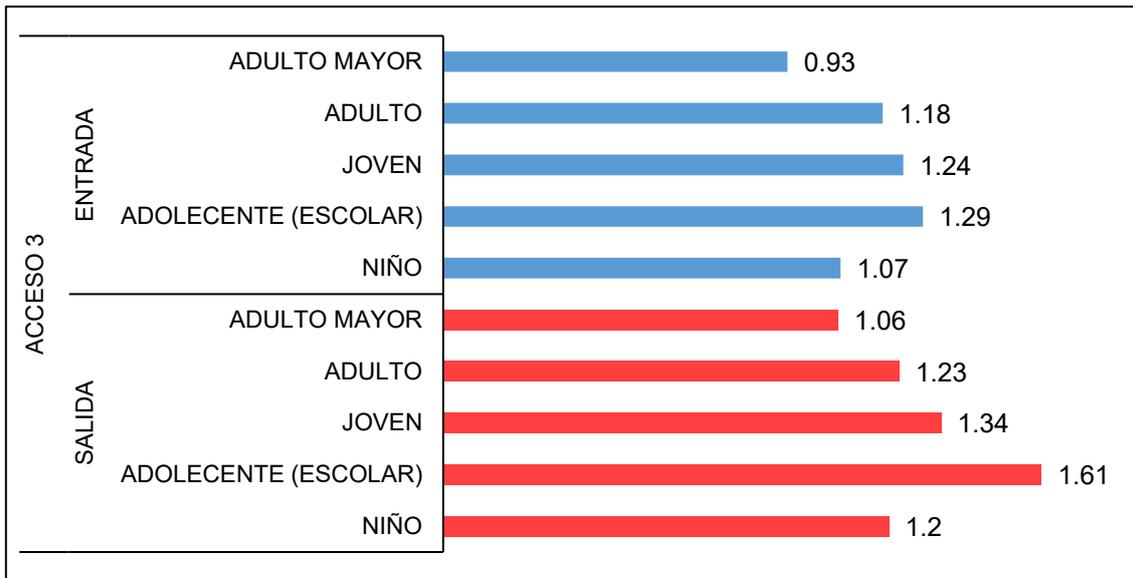


Figura 53: velocidades por tipo de peatón – acceso 3 (m/s)

Fuente: Propia

4.2.4. Tiempos de cruce y velocidades de desplazamiento de casos particulares

Asimismo, en el estudio se observó el comportamiento de una mujer embarazada, cuatro niños acompañados de adultos y dos mujeres con coches de bebés, tal y como se muestra en la figura 54. La mujer embarazada y los niños acompañados se encontraron en el acceso 3 y las mujeres con coche de bebé en el acceso 1. Se logró encontrar que los tiempos de cruce de la mujer embarazada son los más altos y presenta un tiempo total de cruce de 74 segundos, esto se debe a que los vehículos no cedían el paso para que realice el cruce y tuvo que esperar hasta que no haya vehículos para recién cruzar.

Además, se identificó que los tiempos de cruce de las mujeres con coches de bebés y niños acompañados de adultos son mayores a los de una persona común siendo sus tiempos promedio total de desplazamiento 29 seg. y 31.3 seg. respectivamente, tal y como se muestra en la figura 55. Respecto a sus velocidades de desplazamiento se determinó que presentaban velocidades menores que las del promedio de diseño que es 1.2 m/s, siendo las mujeres con coches de bebé y la mujer embarazada las de menor velocidad de 1.04 m/s, tal y como se consta en la figura 56.

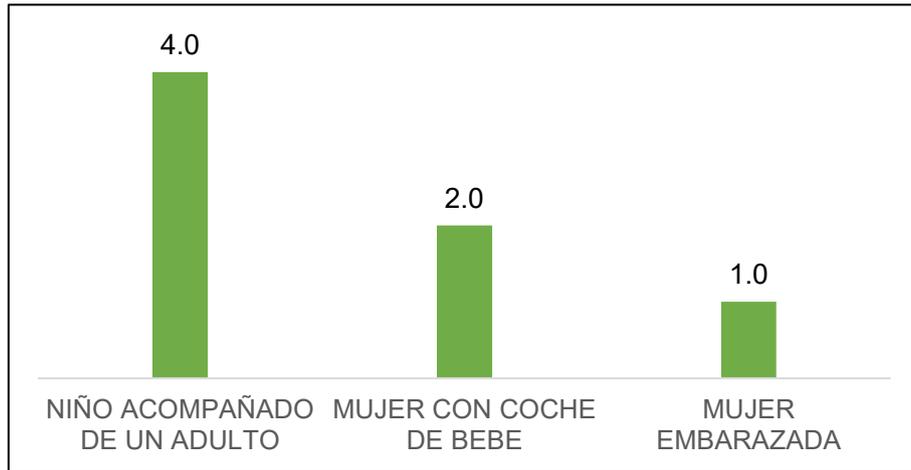


Figura 54: Cantidad de peatones observados - mujer embarazada, niños acompañados y mujer con coche de bebé

Fuente: Propia

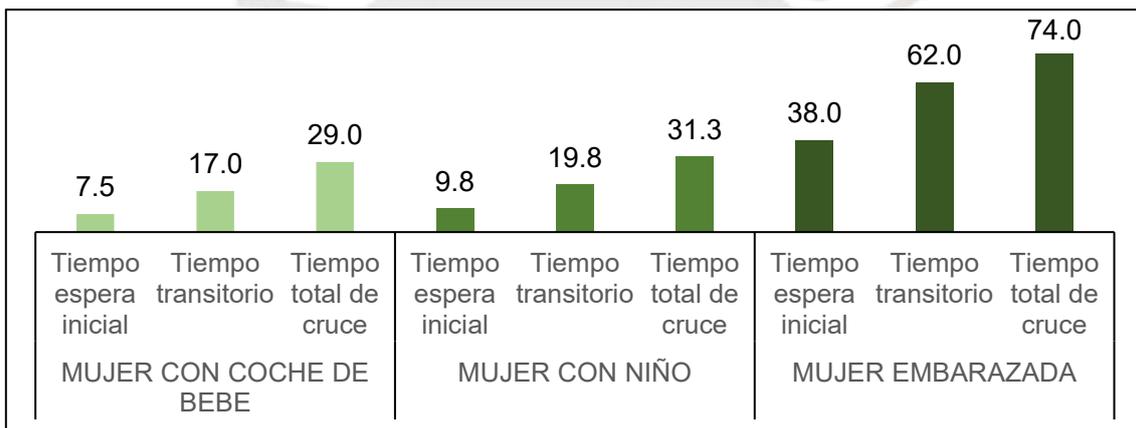


Figura 55: Tiempos de cruce - mujer embarazada, niño acompañado y mujer con coche de bebé (seg)

Fuente: Propia

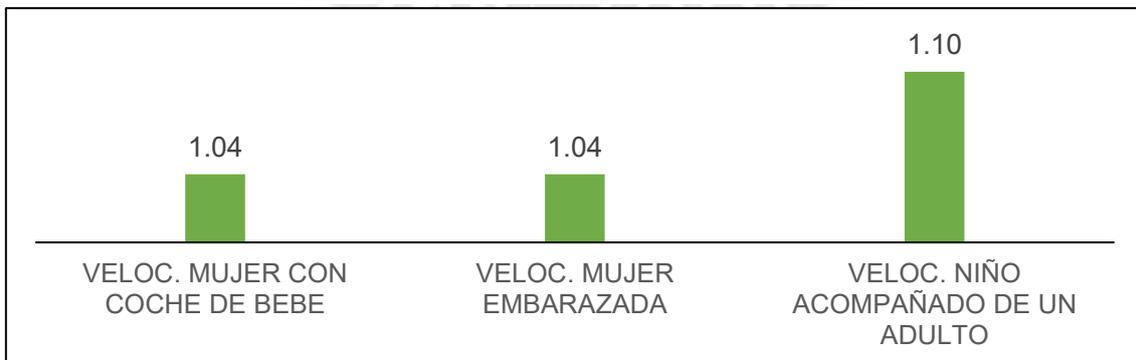


Figura 56: Velocidades promedio - mujer embarazada, niño acompañado y mujer con coche de bebé (seg)

Fuente: Propia

4.2.5. Comportamiento peatonal

En relación al comportamiento de los peatones, se clasificó los datos según el tipo de comportamiento y el lugar en donde inician su desplazamiento, tal y como se muestra en las figuras 57 y 58. Respecto al comportamiento de los peatones que inician su desplazamiento en el carril de entrada, se pudo identificar que el porcentaje de las personas que cruzan la intersección con titubeo es muy bajo independientemente del carril en el que se encuentre, el comportamiento de estas personas se caracterizaba por avanzar un paso hacia la calzada y quedarse ahí esperando a que no hubiera vehículos para recién cruzar.

Además, se encontró que el tipo de cruce más común es el cruce normal con un porcentaje de 83% en el carril de entrada y 87% en el carril de salida, seguido del cruce corriendo que presenta un porcentaje de 9% en el carril de entrada y 12% en el carril de salida. Finalmente, durante todo el estudio solo se observó un comportamiento de cruce incompleto el cual sucedió cuando el peatón avanzó hasta la mitad de la calzada y al ver un vehículo acelerado, retrocedió hacia la vereda.

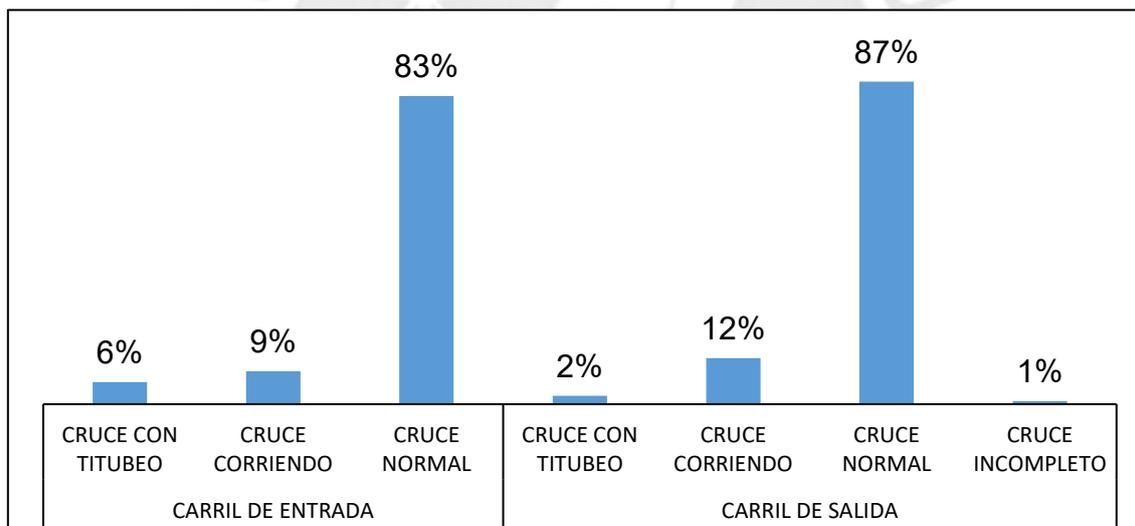


Figura 57: Comportamiento de los peatones en el carril de entrada a la rotonda

Fuente: Propia

En cuanto al comportamiento de los peatones que inician su desplazamiento en el carril de salida, se encontró que sus porcentajes presentaban la misma tendencia a los porcentajes del comportamiento de los peatones que iniciaban su desplazamiento en el carril de entrada. Contrastando la figura 57 y 58, se puede observar que el comportamiento más común de los peatones al cruzar la intersección es el cruce normal, seguido del cruce corriendo, luego el

cruce con titubeo y finalmente el cruce incompleto, esto sucede independientemente del carril de cruce y del lugar donde inicien su desplazamiento.

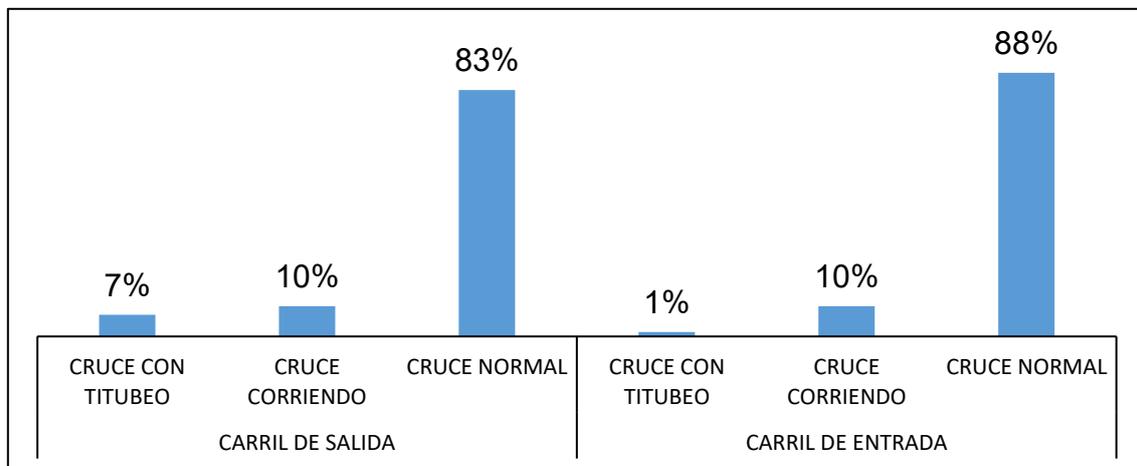


Figura 58: Comportamiento de los peatones en el carril de salida de la rotonda

Fuente: Propia

Para un mayor análisis se clasificó el comportamiento de los peatones según el acceso donde realizan el desplazamiento, tal y como se muestra en la figura 59. Se pudo observar que en el carril de salida del acceso 1 se presenta los cuatro tipos de cruce analizados siendo el de mayor porcentaje el cruce normal. Además, se identificó que en el carril de entrada del acceso 1 y en el carril de salida del acceso 2 se presenta una situación diferente a la de los demás accesos, el porcentaje de las personas que realizan el cruce con titubeo es mayor que el porcentaje de las personas que cruzan corriendo; sin embargo, la diferencia es menor al 1%. Asimismo, se determinó que el comportamiento de los peatones en los demás en los demás accesos presentan la misma tendencia de sus porcentajes, siendo el cruce más común el cruce normal y el cruce de menor porcentaje el cruce con titubeo.

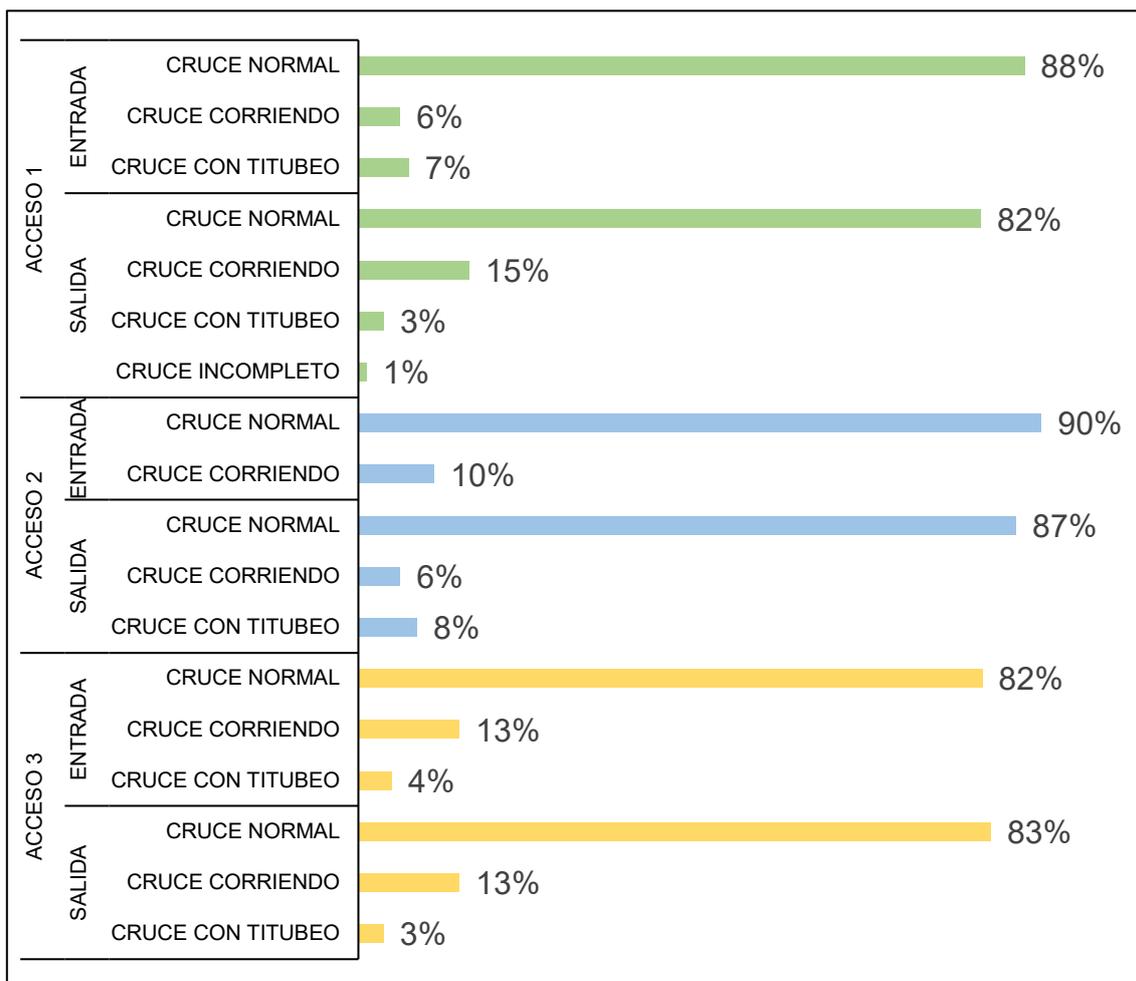


Figura 59: Comportamiento de los peatones según el acceso y el carril de cruce

Fuente: Propia

Finalmente, se analizó el uso de los cruces peatonales según el lugar donde inician su desplazamiento, tal y como se muestra en la figura 60. Se logró identificar que los peatones que inician su desplazamiento en el carril entrada tienen un mayor porcentaje de uso de ambos cruces peatonales a que cuando inicia en el carril de salida. Además, se encontró que los peatones tienden a usar más el primer cruce peatonal de la intersección que el segundo cruce peatonal independientemente del carril donde inicien su desplazamiento, siendo un 11% contra un 8% cuando inician en el carril de entrada y un 15% contra un 13% cuando inician en el carril de salida.

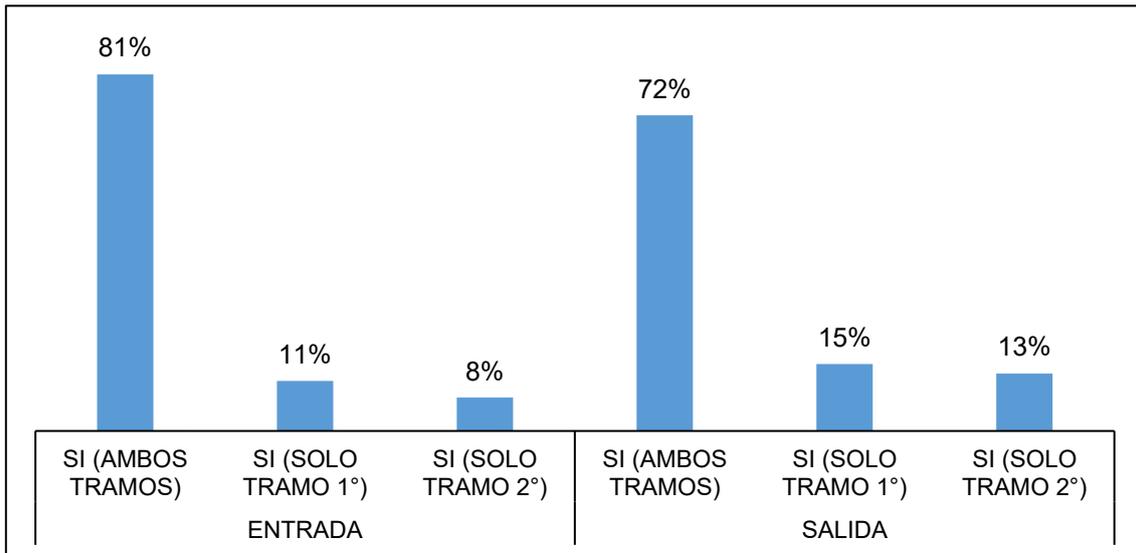


Figura 60: Uso de los cruces peatonales según el lugar donde inician su desplazamiento

Fuente: Propia

4.3. Velocidad de vehículos

La cantidad de vehículos analizados fue de 360, los cuales se clasificaron en 6 categorías tal y como se muestra en la figura 61. Se encontró una mayor presencia de automóviles siendo el 61% del total de vehículos observados, seguido de las camionetas (22%), los microbuses (11%), los camiones de 2 ejes (3%), los ómnibus (3%) y finalmente el camión de 3 ejes. En cada acceso se evaluó 60 vehículos en el carril de entrada y 60 vehículos en el carril de salida, los cuales se encuentran distribuidos tal y como se muestra en las figuras 62 y 63.

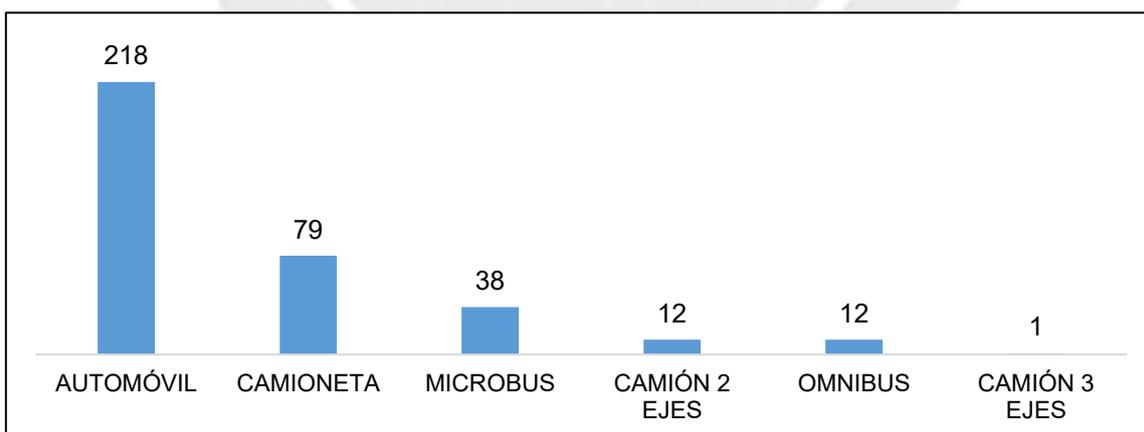


Figura 61: Cantidad de vehículos evaluados en la rotonda

Fuente: Propia

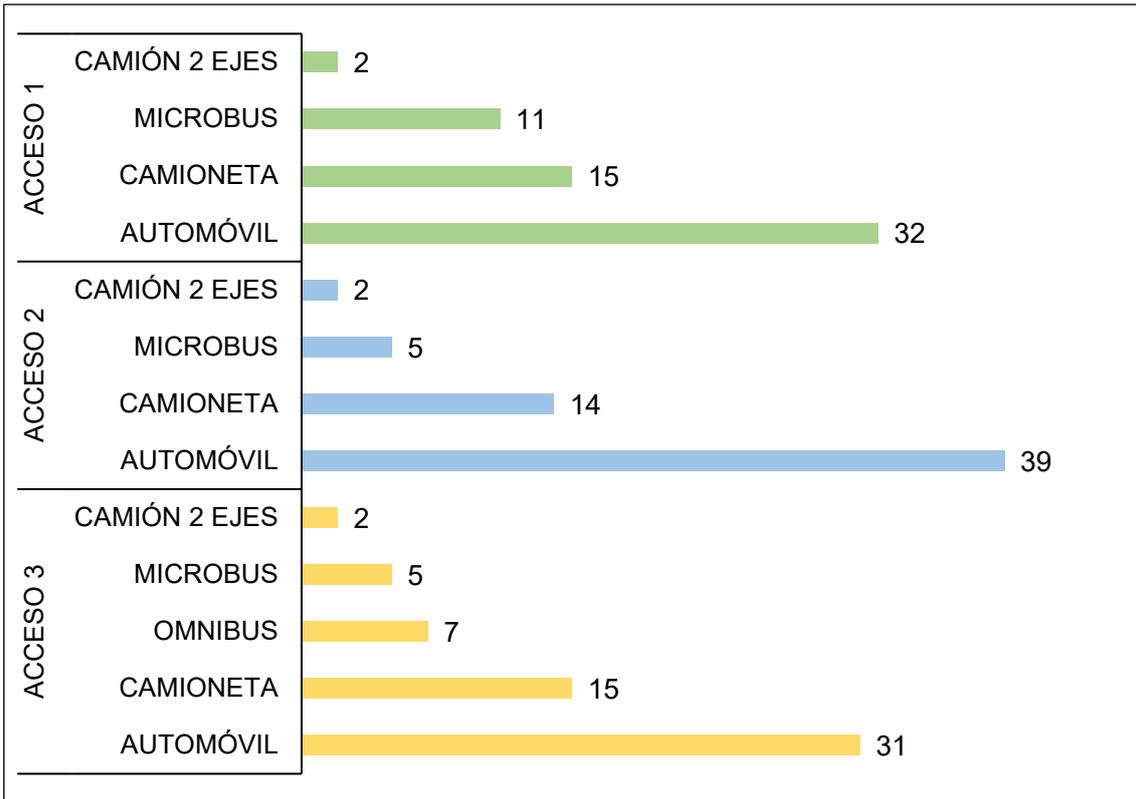


Figura 62: Cantidad de vehículos evaluados en los carriles de entrada según cada acceso

Fuente: Propia

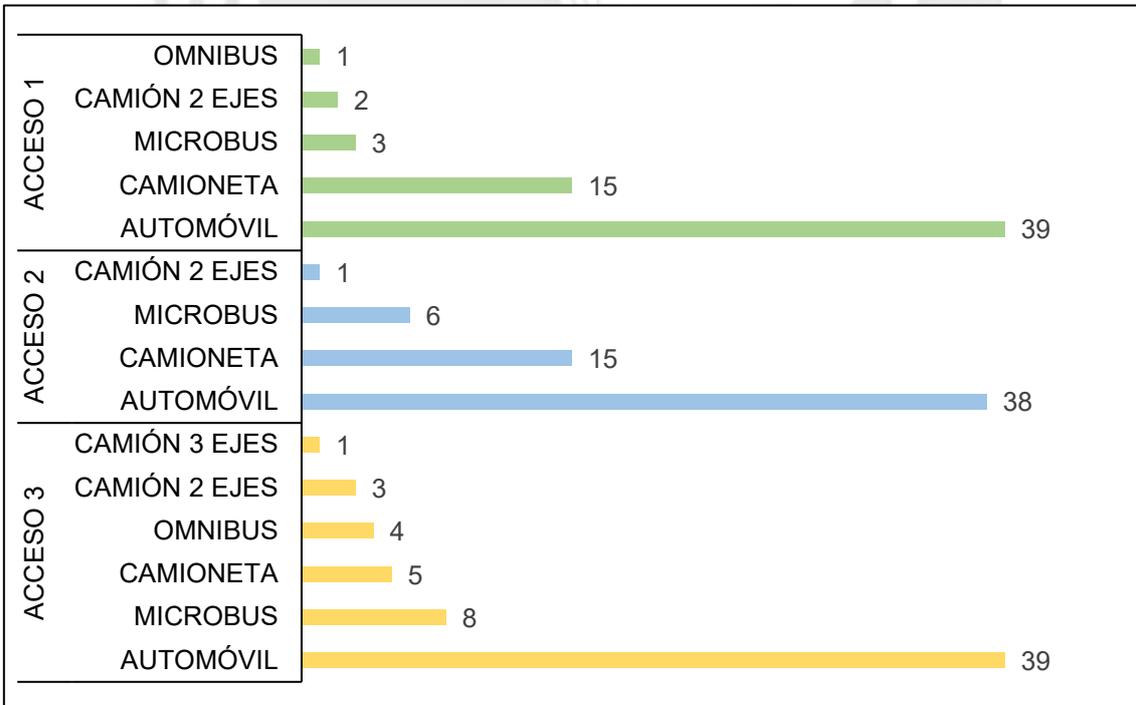


Figura 63: Cantidad de vehículos evaluados en los carriles de salida según cada acceso

Fuente: Propia

En la figura 64, se muestra las velocidades de los vehículos que transitan por los carriles de entrada de los accesos de la rotonda. Se logró identificar que los promedios de velocidades en el acceso 1 son más altos a comparación de los otros accesos, independientemente del tipo de vehículo excepto las camionetas ya que su promedio de velocidad más alta se presenta en el acceso 3. Asimismo, se determinó que el acceso 2 presenta los promedios de velocidades más bajos, esto se debería a que los vehículos reducirían su velocidad al ingresar a la rotonda debido al radio de giro del acceso.

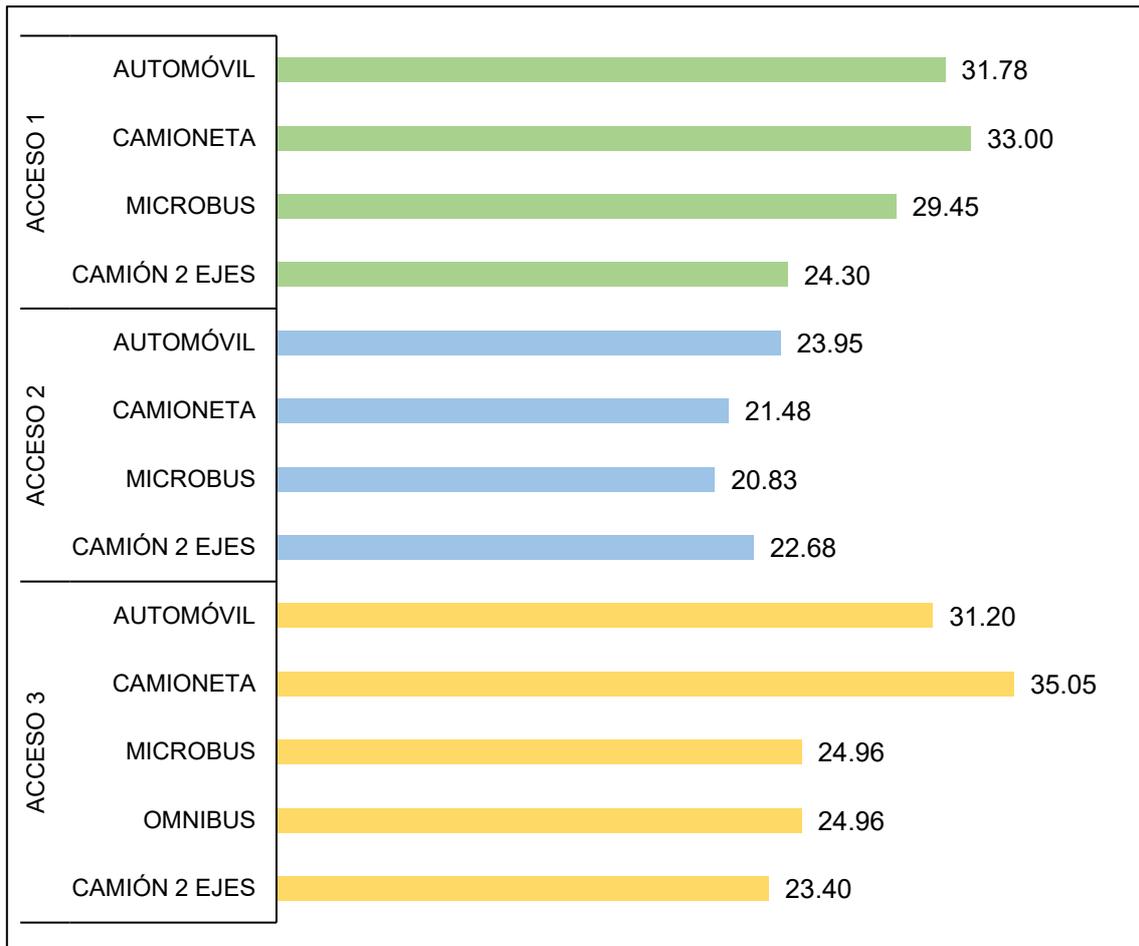


Figura 64: Velocidades promedio de los vehículos en los carriles de ingreso (km/h)

Fuente: Propia

Respecto a las velocidades de los vehículos que transitan por los carriles de salida de los accesos de la rotonda, se identificó que los mayores promedios de velocidades se encuentran en el acceso 3 seguido del acceso 2, tal y como se muestra en la figura 65. Esto se debería a que ambos accesos no presentan curvatura en los carriles de salida y debido a ello los vehículos no reducen sus velocidades al salir de la rotonda. Por otro lado, el acceso 1 es el que presenta las menores velocidades de salida de los vehículos ya que los vehículos reducen su velocidad debido al radio de giro del carril.

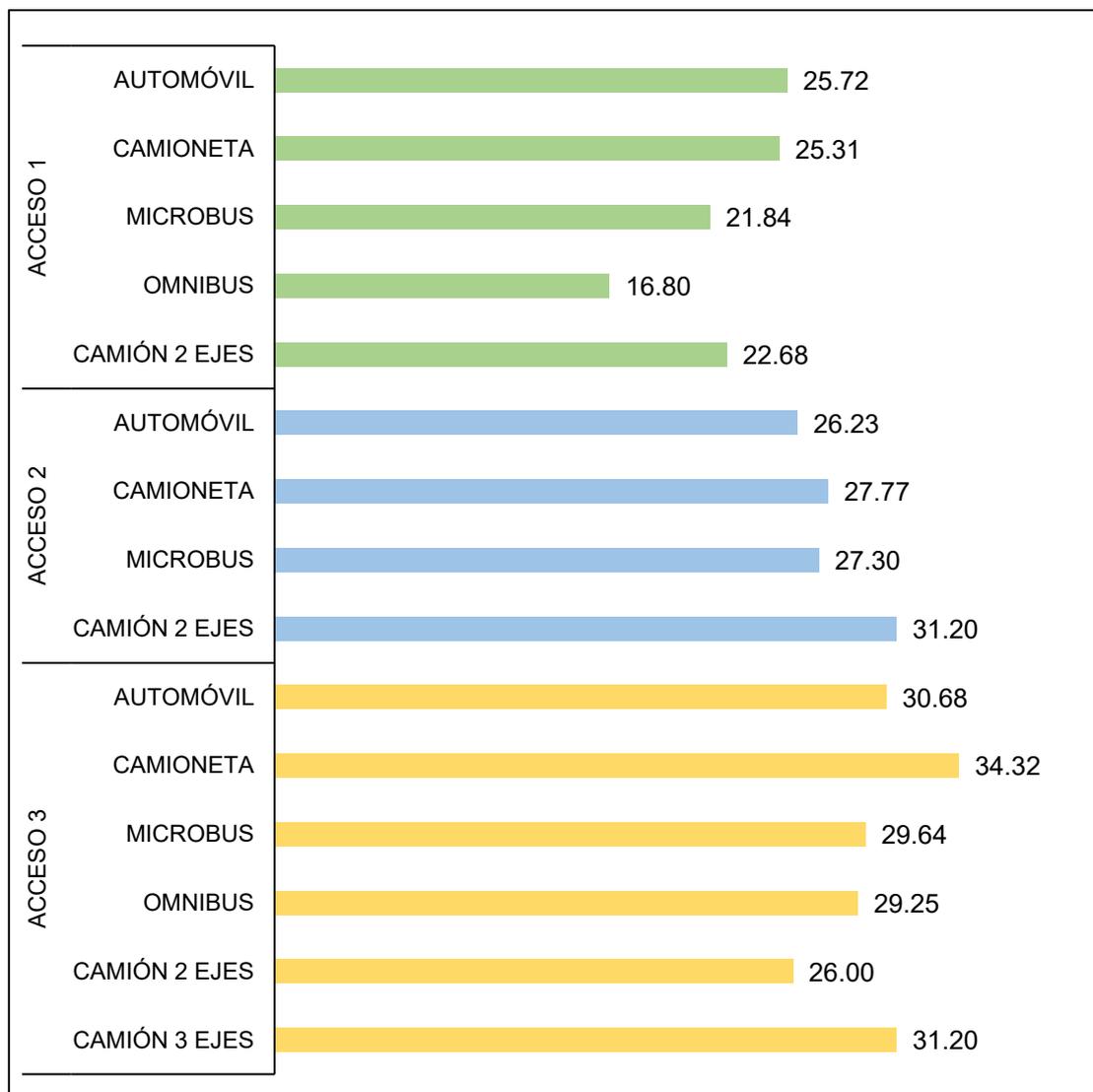


Figura 65: Velocidades promedio de los vehículos en los carriles de salida (km/h)

Fuente: Propia

Contrastando las figuras 64 y 65, se determinó que las mayores velocidades las presentan las camionetas, seguido de los automóviles y microbuses. Las menores velocidades las presentan los ómnibus y camiones de 2 ejes. Durante todo el periodo de estudio solo se observó un camión de 3 ejes y debido a ello no se puede dar una conclusión importante respecto a su velocidad.

En la figura 66 se muestra la frecuencia de velocidades en los carriles de entrada y salida de cada acceso y en la figura 67 se muestra el promedio de velocidades por cada acceso, se logró identificar que ningún vehículo transitó con velocidades menores a 15 km/h. Asimismo, contrastando ambas figuras, se observó que la velocidad promedio en el carril de entrada en el acceso 1 es de 31.41 km/h, esto se debe a que el 46.67% de vehículos transita con velocidades mayores a 30 km/h. Por otro lado, se identificó que el promedio de velocidades en el carril de salida es de 25.17 km/h, debido a que el 51.67% de vehículos transite con velocidades entre el rango de 25 – 30 km/h.

Respecto al acceso 2, se observó que en el carril de entrada el 48.3% de los vehículos transitan con velocidades menores a 25 km/h, debido a ello la velocidad promedio de los vehículos es de 23.1 km/h. Además, el 43.3% de los vehículos transitan con velocidades entre el rango de 25 – 30 km/h y solo el 8.34% de los vehículos transitan con velocidades mayores a 30 km/h, tal y como se muestra en la figura 67. Por otro lado, en el carril de salida del acceso el 55% de los vehículos transitan con velocidades menores a 25 km/h, sin embargo, el otro 45% transitan con velocidades mayores a 30 km/h, ello genera que el promedio de velocidades de los vehículos en el carril sea de 26.81 km/h.

Finalmente, en relación al acceso 3, se encontró que ningún en ningún carril del acceso los vehículos transitaban con velocidades comprendidas entre el rango de 25-30 km/h. Además, ambos carriles presentaron similares características de velocidad, ya que su promedio de velocidad de los vehículos en el carril de entrada es de 30.65 km/h y en el carril de salida es de 30.52 km/h. Asimismo, se identificó que más del 65% de vehículos transitan por ambos carriles presentan velocidades mayores a 30 km/h. Las altas velocidades de los vehículos se deberían a que el acceso no presenta paraderos cerca a la intersección y además no tienen radio de curvatura en ningún carril.

Para un mejor detalle, en el anexo 5 se muestran los histogramas de velocidades de los vehículos que transitan por los carriles de entrada y de salida de cada acceso.

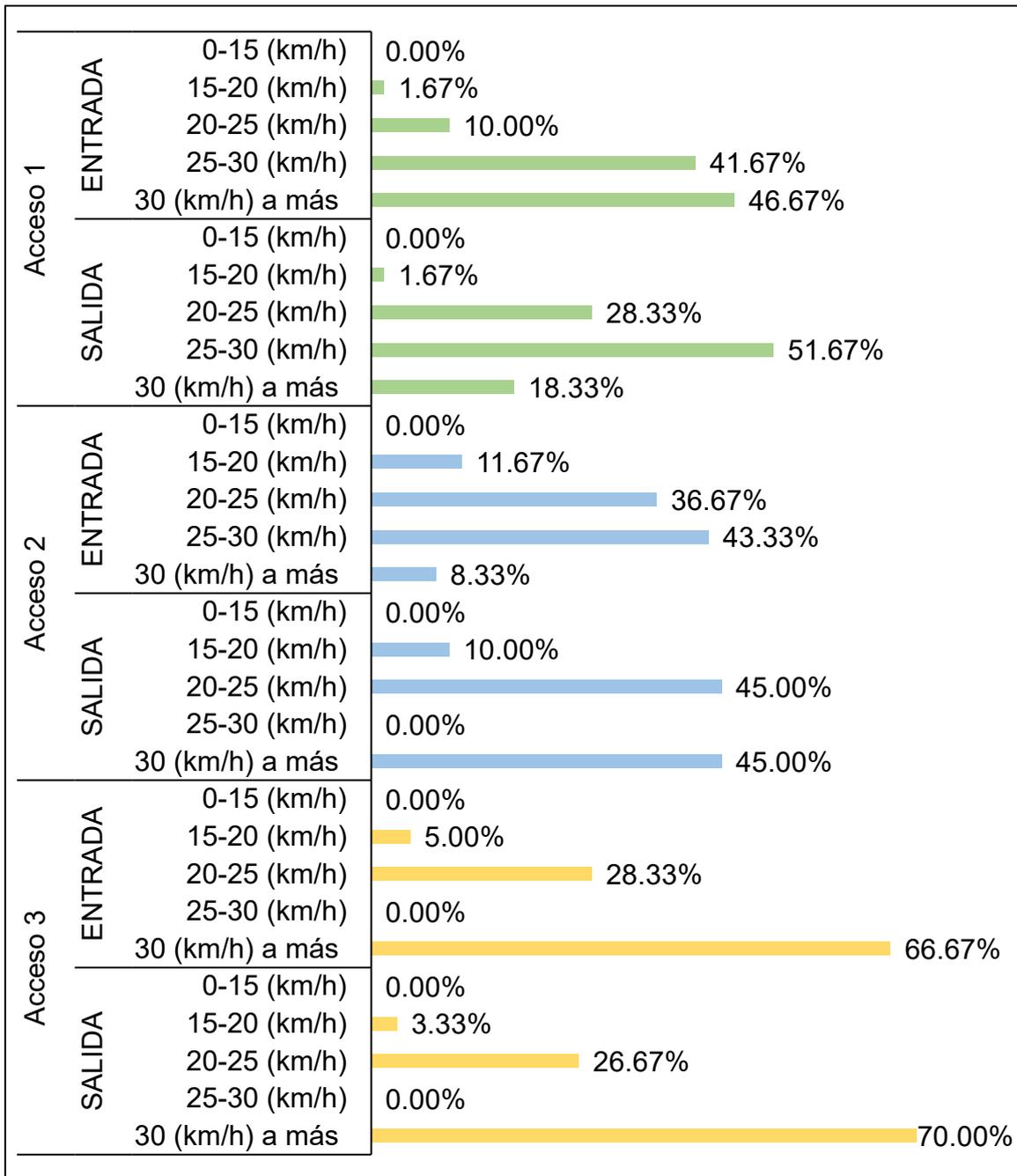


Figura 66: Frecuencia de velocidades de los vehículos en cada acceso (km/h)

Fuente: Propia

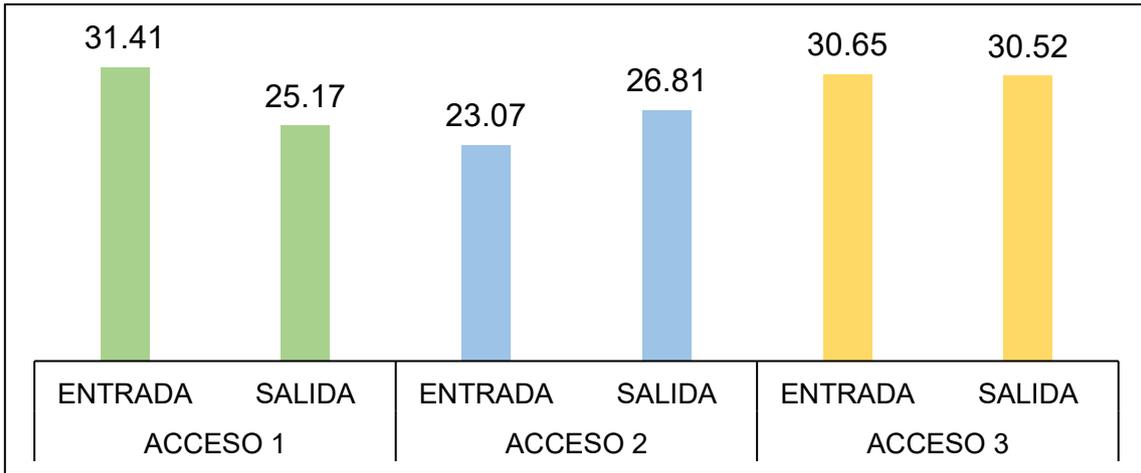


Figura 67: Velocidades promedio de los vehículos en cada acceso (km/h)

Fuente: Propia



Capítulo V: Conclusiones Y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Objetivo N°1: Identificar cuáles son las principales dificultades relacionadas a la seguridad vial que padecen los peatones para desplazarse en la rotonda. Luego de realizar la investigación, en relación al primer objetivo se encontró lo siguiente: las principales dificultades que padecen los peatones para desplazarse están relacionadas al comportamiento temerario de los conductores, los estacionamientos vehiculares cercanos a los cruces peatonales y los paraderos informales que afectan a su visibilidad.

Objetivo N°2: Determinar si las características geométricas de la rotonda afectan a las líneas de deseo peatonales. Después de efectuar la investigación, respecto al segundo objetivo se determinó que la mayoría de los peatones que no utilizan los cruces peatonales ni las islas de refugio es debido a que buscan la ruta más corta para desplazarse y prefieren cruzar las avenidas a través de la calzada. Debido a ello, se concluyó que las líneas de deseo no eran afectadas principalmente por las características geométricas de la rotonda, ya que en su mayoría presentaban dimensiones adecuadas a excepción del ancho de las rampas.

Objetivo N°3: Explorar si el comportamiento, los tiempos de espera y velocidades de los peatones se ven afectados debido al tránsito vehicular en la rotonda. Luego de llevar a cabo la investigación, en relación al tercer objetivo se identificó que el comportamiento de los peatones no se veía afectado de forma directa por las velocidades de desplazamiento vehicular, ya que la mayoría de los peatones realizó el cruce de forma normal puesto que esperaban que los vehículos se encuentren a distancias alejadas o detenidos para recién cruzar. De igual forma, se encontró que las velocidades de los peatones tampoco guardaban alguna relación proporcional a las velocidades vehiculares, ya que en algunos carriles las velocidades peatonales eran altas independientemente de las velocidades de los vehículos.

Por otro lado, se logró determinar que los tiempos de cruce peatonales si eran afectados por las velocidades de los vehículos, teniendo una relación directamente proporcional. Se encontró que en los carriles donde las velocidades de los vehículos eran bajas, los peatones presentaban tiempos de cruce reducidos, sin embargo, en los accesos donde las velocidades de los vehículos eran relativamente altas, los peatones presentaban mayores tiempos de espera inicial y transitorios, lo cual generaba mayores tiempos totales de cruce.

Finalmente, durante el periodo de evaluación no hubo presencia de peatones de movilidad reducida o peatones con habilidades diferentes, lo que no permite llegar a una conclusión importante acerca de sus características de desplazamiento. Sin embargo, si se encontró casos particulares de peatones como son las mujeres embarazadas, niños acompañados por adultos y niños solos. Respecto a sus características de desplazamiento, se logró identificar que presentaban tiempos de cruce mayores y velocidades de desplazamiento menores comparados a lo de un peatón estándar, por lo cual se concluye que al momento de diseñar una intersección se debe considerar las características de desplazamiento de este tipo de peatones.

5.2. Recomendaciones

En relación a la geometría de la rotonda y sus elementos viales se sugiere lo siguiente: primero desplazar los estacionamientos vehiculares de los accesos 2 y 3 a una distancia mínima de dos metros de los cruces peatones, para evitar puntos de conflicto y mejorar la visibilidad peatonal. Segundo, colocar paradero autorizado en el acceso 1 a una distancia alejada de los cruces peatonales para evitar afectar la visibilidad y desplazamiento de los peatones. Tercero, se recomienda colocar reductores de velocidad en los carriles de ingreso a la rotonda debido a las altas velocidades vehiculares registradas.

De acuerdo con el reporte N° 834 de NCHRP (2016), se recomienda colocar los cruces peatonales a una distancia mínima de 6 metros del ingreso a la rotonda para que así los peatones presenten menores distancias de recorrido en la isla de refugio y además puedan diferenciar el tráfico circulante y el tráfico entrante-saliente de la rotonda. Asimismo, este mismo estudio recomienda colocar los cruces peatonales a desnivel respecto a la calzada y un semáforo de luz intermitente para que brinde un diseño accesible para los peatones de habilidades diferentes.

Finalmente, durante el periodo de evaluación se evidenció un comportamiento temerario por parte de los conductores donde no cedían el paso a los peatones a pesar de que el artículo 63 del decreto supremo N° 016-2009-MTC, indica que el peatón tiene la preferencia de paso sobre todos los vehículos sin necesidad de contar con la presencia de semáforos y policías de tránsito del Perú. Esto se cumple siempre que, el cruce que se realice sea de forma directa hacia la acera opuesta y los vehículos se encuentren a una distancia donde no representen peligro de atropello.

Debido a ello, se concluye que para que todas las medidas planteadas de mejora funcionen se requiere el apoyo de todos los usuarios de vía, un cambio en su comportamiento y en su forma de pensar. Se sugiere realizar campañas sobre la seguridad vial, los derechos del peatón,

educación cívica, todo ello permitirá concientizar a la población sobre la solidaridad y empatía por los demás.



Bibliografía

- NCHRP. (2010). *Roundabouts: An informational Guide. Second Edition*. Washington, USA: National Cooperative Highway Research Program.
- Alarcón, J. (2015). Listas de chequeo para realizar auditorías de seguridad vial en Colombia. *Puente Revista Científica*, 51-60.
- Alcaldía de Bogotá. (2017). *Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Vías Urbanas*. Bogotá, Colombia: Secretaría Distrital de Movilidad.
- Arias, J., Villasís, m., & Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Alergia*, 201-206.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). México: Grupo Editorial Patria.
- Bañon, L., & Beviá, J. (2000). *Manual de carreteras*. España.
- BID. (2004). *Guía operativa de accesibilidad para proyectos de desarrollo urbano con criterios de diseño universal*. Río de Janeiro, Brasil: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bie, J., Lo, H. k., & wong, S. (2010). Capacity evaluation of multi-lane traffic roundabout. *Journal of advance transportation*, 245-255.
- Boudeguer, A., Prett, P., & Squella, P. (2010). *Manual de Accesibilidad Universal*. Santiago de Chile: Corporación Ciudad Accesible Boudeguer & Squella ARQ.
- CCMTA. (2013). *Countermeasures to Improve Pedestrian Safety in Canada*. Canada: Canadian Council of Motor Transport Administrator .
- CCMTA. (2013). *Countermeasures to Improve Pedestrian Safety in Canada* . Cánada: Canadian Council of Motor transpor Administrators .
- Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. (2003). *Guía para realizar una Auditoría de Seguridad Vial* . Santiago, Chile: CONASET.
- CUD . (1997). *Universal Design Principles*. North Carolina. USA: Center of Universal Design.
- Departamento de Estadística - C.P.I. (2019). *Perú: Población 2019* . Lima, Perú.
- Dextre, J. (2001). *Curso de ingeniería de tráfico: Seguridad vial*. Lima, Perú.
- Dextre, J. (2010). *Seguridad vial: La necesidad de un nuevo marco teórico*. Barcelona, España.
- Dextre, J., Pirota, M., Tabasco, C., Bermúdez, J., & García, A. (2008). *Vías humanas*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.
- DGT. (2011). *La movilidad segura de los colectivos más vulnerables. La protección de peatones y ciclistas en el ámbito urbano*. Madrid, España: Dirección General de Tráfico del Ministerio del interior de Madrid.
- Díaz, S. (2014). Los métodos mixtos de investigación: presupuestos generales y aportes a la evaluación educativa. *Revista portuguesa de pedagogia*, 8-23.

- DMRB. (2019). *Geometric design of roundabouts*. Londres: Design Manual for Roads and Bridges.
- Ekberg, J. (2000). *Un paso adelante. Diseño para todos*. Madrid España: Proyecto INCLUDE.CEZPAT-IM-SERSO.
- FHWA. (2000). *Roundabouts: an informational guide*. Washington: U.S. Department of transportation.
- FHWA. (2006). *Road Safety Audit Guidelines*. Washinton, USA: Federal Highway Administration.
- FHWA. (2006). *University Course on Bicycle and Pedestrian Transportation*. Washington, USA: Federal Highway Administration.
- FHWA. (2010). *Roundabouts*. Washinton: U.S. Department of transportation.
- FHWA. (2013). *Signalized Intersections Informational Guide*. Washington: U.S. Department of transportation.
- Fundación ONCE para la cooperación e inclusión social de personas con discapacidad. (2011). *Accesibilidad universal y diseño para todos - Arquitectura y urbanismo*. Madrid, España.
- Hauer, E. (1999). *Safety in geometric Design Standards*. Toronto, Canada: Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: McGraw-Hill.
- Huerta, J. (2006). *Discapacidad y accesibilidad*. Lima, Perú: Fondo Editorial del Congreso del Perú.
- Hurtado, J. (2008). *Metodología de la investigación Holística* (Sexta ed.). Caracas: Sypal Quirón.
- INEI. (2018). *Perú: Perfil Sociodemográfico. Informa Nacional*. Lima, Perú: Instituto Nacional De Estadística e Informática.
- INEI. (2019). *Estadísticas de Seguridad Ciudadana*. Lima, Perú: Intituto Nacional de Estadística e Informática.
- Mace, R., Hardie, G., & Place, J. (1991). *Accesible environments. Towards Universal Design*. New York: Routledge Revivals.
- Medina, M.; Borja, G.; Flores, M. (2014). *Manejo de emergencia a víctimas de accidentes de tránsito*. Quito, Ecuador: EDIMEC.
- MINEDU. (2008). *Guía de educación en seguridad vial*. Lima, Perú: Ministerio de Educación - Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (2005). *Manual para un entorno accesible*. Madrid, España.
- MINSA. (2005). *Políticas Municipales para la Promoción de la Seguridad Vial. Cuadernos de Promoción de la Salud N°18*. Lima, Perú: Ministerio de Salud.

- NCHRP. (2007). *Report 572 Roundabouts in the United States*. Washington, USA: National Cooperative Highway Research Program.
- NCHRP. (2010). *Roundabouts: An Informational Guide*. Washington, USA: National Cooperative Highway Research Program.
- NCHRP. (2016). *Crossing Solutions at Roundabouts and Channelized Turn Lanes for Pedestrians With Vision Disabilities*. Washington, DC: National Cooperative Highway Research Program.
- NZTA. (2009). *Pedestrian planning and design guide*. New Zealand Transport Agency.
- OMS. (2015). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2015*. Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 227-232.
- Sorensen, M., & Mosslemi, M. (2009). *Subjective and Objective Safety. The effect of Road Safety Measures on Subjective Safety among Vulnerable Road Users*. Oslo, Noruega.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (Cuarta ed.). México, D. F.: Editorial Limusa, Noriega Editores.
- Trafikverket. (2012). *La visión cero en camino*. Suecia: The Swedish Transport Administration.
- Tupayachi, G. (2016). Análisis del desplazamiento peatonal en la rotonda de la avenida Angélica Gamarra. (*Tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Valdivieso, C., Valdivieso, R., & Valdivieso, O. (2011). Determinación del tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión. *Investigación & Desarrollo*, 148-176.
- Vergara, C. (2018). Análisis del desplazamiento peatonal en la rotonda Pavletich de la carretera central Huánuco-Tingo María. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Huánuco, Huánuco.
- Wadwa, L. (2001). Vision Zero Requires Five Star Road Safety System. *Road Safety, Research, Policing and Education Conference*, (págs. 19-21). Melbourne, Australia.