

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



**Conductas y decisiones de cruce de los peatones en los alrededores de la
Pontificia Universidad Católica del Perú**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

Vanessa Stephany Lescano Rubiños
Richard Bien Fa Tang Tang

ASESOR

Félix Israel Cabrera Vega

Lima, Setiembre, 2019

Resumen

De manera similar a otros países en vías de desarrollo, en el Perú, la inseguridad vial es una de las mayores causas de mortalidad. La organización mundial de la salud (OMS) indicó, en el *Global status report on road safety 2018*, que esta es la principal causa de muerte para niños y jóvenes adultos (entre 5 a 29 años). Sin embargo, el enfoque actual respecto a una de las variables más influyentes en la interacción vehículo-peatón, el comportamiento de cruce, se atribuye netamente a factores humanos.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar las actitudes y percepciones que tienen los peatones frente a las facilidades de cruces existentes (cruces semaforizados, no semaforizados y puentes peatonales) alrededor de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Se identificaron los principales factores (variables individuales y latentes) que influyen en las conductas y decisiones de cruce de los peatones y se evaluó la efectividad de las medidas regulatorias actuales.

La metodología consistió en realizar encuestas a los usuarios de la PUCP con un tamaño de muestra de 404 personas y observación directa en los cruces aledaños seleccionados en dos turnos por cruce correspondientes a los horarios de mayor ingreso y salida de alumnos de la universidad (de 7:45 a 8:45 a.m y de 12:30 a 13:30 p.m). Luego de obtener los datos, se utilizó el software estadístico IBM SPSS Statistics 25 para realizar pruebas chi cuadrado y determinar con 95% de confianza la significancia y el tamaño del efecto de cada variable.

Los resultados de la investigación reflejan la baja tasa del conocimiento de las medidas regulatorias en los usuarios aun cuando estos opinan que sí las conocen. También, se denota el efecto que tiene este desconocimiento, junto a la sensación de impunidad y baja frecuencia de aplicación de las medidas, en el comportamiento peatonal. Además, se determinó que el género y la edad fueron significativos en la percepción de seguridad de los peatones y que; la disminución del flujo vehicular, el aumento del flujo peatonal y el cambio del motivo de viaje generaron un comportamiento más agresivo en los peatones.

Agradecimientos

A nuestras familias, por apoyarnos en todo momento.

A nuestro asesor por su confianza y dedicación.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis.....	2
1.4. Alcances y limitaciones de la investigación	3
1.5. Justificación.....	3
2. Estado del arte	5
2.1. Comportamiento peatonal en cruces no semaforizados	5
2.1.1. Antecedentes	5
2.1.2. Tipos de comportamiento peatonal	6
2.1.3. Factores que determinan la prioridad en los cruces.....	7
2.1.3.1. Factores individuales	7
2.1.3.2. Factores del entorno.....	8
2.1.4. Medidas para generar prioridad para los peatones	9
2.1.4.1. Medidas de ingeniería.....	9
2.1.4.2. Medidas regulatorias.....	16
2.2. Comportamiento peatonal en cruces semaforizados	19
2.2.1. Antecedentes	19
2.2.2. Tipos de comportamiento peatonal	20
2.2.2.1. Respetuoso de la ley (Law abiding).....	21
2.2.2.2. Infractor (Law breaking).....	22
2.2.3. Factores determinantes en el comportamiento de los peatones	23
2.2.3.1. Factores individuales	23
2.2.3.2. Factores del entorno.....	25
2.2.3.3. Variables latentes.....	27
2.2.3.4. Interacciones.....	28
2.2.4. Tiempo de semáforo óptimo.....	31
2.2.4.1. Fases peatonales	32
2.2.4.2. Cambios de velocidad repentino.....	35
2.2.4.3. Velocidad peatonal	36
2.2.4.4. Demoras peatonales	36
2.2.4.5. Tiempo máximo de espera.....	37
2.2.4.6. Ratio del rojo peatonal o verde vehicular respecto al ciclo total del semáforo...	37
2.3. Comportamiento en puentes peatonales	39
2.3.1. Antecedentes	39
2.3.2. Tipos de comportamiento peatonal	41
2.3.2.1. Propósito.....	41

2.3.2.2.Necesidad	43
2.3.2.3.Accesibilidad	44
2.3.3.Factores determinantes en el uso de puentes	46
2.3.3.1.Factores individuales	46
2.3.3.2.Factores del entorno.....	47
2.3.3.3.VARIABLES LATENTES.....	48
2.3.4.Medidas para incentivar el uso de puentes peatonales	50
3.Metodología	52
3.1.Observación directa.....	52
3.1.1.Área de estudio.....	52
3.1.2.Recolección y análisis de datos	56
3.2.Encuestas	58
3.2.1.Tamaño de muestra	58
3.2.2.Recolección y análisis de datos	59
4.Resultados	61
4.1.Normas de tránsito.....	61
4.2.Facilidades de cruce	64
4.2.1.Análisis de cruces no semaforizados.....	64
4.2.2.Análisis de cruces semaforizados.....	71
4.2.3.Análisis de puentes peatonales:	79
4.2.4.Comparación entre facilidades de cruce:.....	84
4.3.Análisis de factores individuales	85
5.Conclusiones y recomendaciones.....	90
5.1.Conclusiones	90
5.2.Recomendaciones	92
Referencias	95

Lista de figuras

Figura 1: Comparación entre una disposición única y configuración del pórtico.....	11
Figura 2: Faro rectangular de destello rápido	11
Figura 3: Faro híbrido peatonal	13
Figura 4: Medidas realizadas en la ruta provincial “Del Rabbi”	15
Figura 5: Análisis basado en indicadores convencionales vs. análisis basado en interacciones	30
Figura 6: Margen de seguridad de los peatones según velocidad y posición de los vehículos	34
Figura 7: Porcentaje de infractores vs duración y proporción del rojo peatonal.....	37
Figura 8: Factor de siniestros debido al ciclo de semáforo respecto a distintas proporciones de rojo peatonal y vehículos que interactúan con los peatones	38
Figura 9: Determinación del tipo adecuado de facilidad de cruce para un flujo peatonal, flujo vehicular y velocidad de operación de los vehículos.	42
Figura 10: Anchos requeridos para puentes peatonales en zonas rurales	45
Figura 11: Pendientes máximas y longitud de descansos mínimos para una rampa	46
Figura 12: Modelo híbrido de elección y variables latentes	49
Figura 13: Distribución de casos de estudio	55
Figura 14: Conocimiento y cumplimiento de la norma de tránsito.....	61
Figura 15: Tipos de comportamiento inadecuados más frecuentes.	61
Figura 16: ¿La multa desalienta a los peatones?.....	62
Figura 17: Sanción más desalentadora.....	63
Figura 18: Comparación de flujos peatonales en los cruceros no semaforizados	64
Figura 19: Secuencia de cruce de grupo de peatones.....	66
Figura 20: Peatones cruzan en diagonal ante la saturación del cruce.	67
Figura 21: Vehículos se estacionan en cruce no semaforizado (zona G)	70
Figura 22: Medidas para priorizar el cruce peatonal.....	70
Figura 23: Ciclos de semáforo promedio en los cruceros semaforizados observados	71
Figura 24: Influencia del cambio repentino de fase en el comportamiento peatonal.	72
Figura 25: Flujos peatonales en los cruceros semaforizados observados.	73
Figura 26: Cruce en diagonal y uso de la ciclovía como vereda.....	74
Figura 27: Variación del flujo peatonal en el tiempo.....	74
Figura 28: Flujos vehiculares en los cruceros semaforizados observados.	75
Figura 29: Tasa de flujos vehiculares en los cruceros semaforizados	76
Figura 30: Flujos vehiculares en los cruceros semaforizados observados.	77
Figura 31: Comparación de respuesta in situ y a usuarios de PUCP	80
Figura 32: Esquema la zona F	81
Figura 33: Preferencia de ubicación de puente peatonal.....	81
Figura 34: Posibles perjuicios de usar puente peatonal (in situ vs general).....	83
Figura 35: Población adulta mayor con discapacidad.....	84
Figura 36: Percepción de seguridad de las tres facilidades de cruce.	84

Lista de tablas

Tabla 1: Proporción de conductores que ceden el paso a diferentes distancias de la señal en calzada.....	10
Tabla 2: Proporción de conductores que ceden el paso a diferentes medidas.....	14
Tabla 3: Zonas de casos de estudio.....	53
Tabla 4: Fechas de videograbación.....	56
Tabla 5: Alternativas de cruce	57
Tabla 6: Tamaño mínimo para muestra estratificada.....	59
Tabla 7: Incremento debido a urgencia de cruce en el cruce A.....	68
Tabla 8: Problemas con el semáforo en los distintos cruces semaforizados.....	72
Tabla 9: Correlación entre el tipo de usuario y la edad	86
Tabla 10: Incidencia de la edad en las respuestas de los usuarios	87
Tabla 11: Incidencia del sexo en las respuestas de los usuarios	89

1. Introducción

La inseguridad vial es uno de los problemas más característicos del Perú. Esta se presenta en las carreteras, como múltiples volcaduras y choques vehiculares; y en las zonas urbanas, como una preocupante cantidad de siniestros que involucran a los peatones.

Debido a las altas tasas de siniestros peatonales y a las medidas inefectivas que se han realizado en las últimas décadas es necesario replantear el enfoque que se tiene en el Perú respecto a las principales causas en las conductas de cruce de los peatones; las cuales, hasta la actualidad, se perciben como factores de carácter netamente humanos.

Por ejemplo, en el V Censo Nacional de Comisarías (INEI, 2016) se registró que, de las causas de siniestros automovilísticos, solamente el 4.5% se atribuían a factores relacionados a la infraestructura y entorno, y 2.2% atribuidos a factores relacionados al vehículo. El resto (93.3%) se atribuyó a factores humanos.

Desde otro ángulo, varios expertos e instituciones internacionales explican el fenómeno mediante parámetros que afectan al peatón, pero que son independientes de él. Moore y Older (1965) tomaron en cuenta una de las variables más estudiadas: el tiempo; y determinaron que los puentes peatonales no se usarían si el tiempo de viaje utilizando el puente peatonal fuese 1.5 veces el tiempo de viaje de un cruce a nivel.

Onelcin & Alver (2017) concluyeron que la velocidad de cruce del peatón con la cual se diseñan los semáforos es mucho mayor a la real. Bennet, Manal & Van Houten (2014) encontraron que, en ciertos cruces no semaforizados, que solo contaban con paso de cebra, solamente el 1% de los conductores cedieron el pase a los peatones, mientras que al optimizar la señalización se obtuvo que el 85% de los conductores cedieron el pase.

Por otro lado, en el Perú existe una falta de interés respecto a las causas de los siniestros y la implementación de medidas más efectivas que tomen en cuenta parámetros independientes al factor humano, sean estas ingenieriles o regulatorias; es por ello que, la presente investigación busca identificar los principales factores individuales y latentes que influyen en las conductas y decisiones de los peatones, para la cual se ha seleccionado como población bajo estudio a la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) por su diversidad cultural y las distintas facilidades de cruce.

1.1. Objetivo general

El objetivo general de la presente tesis es determinar las actitudes, preferencias, percepciones y el comportamiento peatonal de los alumnos, docentes y personal de la Pontificia Universidad Católica del Perú en las distintas facilidades de cruce existentes en sus alrededores.

1.2 Objetivos específicos

Explorar si el comportamiento de cruce de los peatones guarda relación con su conocimiento de las normas de tránsito.

Además, describir el comportamiento de los peatones en las facilidades de cruce ubicados en el perímetro de la universidad y comparar sus características.

Finalmente, determinar los principales factores influyentes en el comportamiento de cruce de los usuarios de la PUCP y en las facilidades encontradas en el entorno de la universidad.

1.3 Hipótesis

La mayoría de los peatones tienen un conocimiento vago sobre las normas de tránsito. Aquellos que la conocen muestran la misma actitud frente a éstas que aquellos que no; es decir,

el conocimiento de las normas de tránsito guarda poca o nula relación frente al comportamiento que los peatones tienen. Esto se debe a la creencia de que las autoridades desconocen las normas de tránsito, a la poca severidad de los castigos ante el incumplimiento de la ley, y al conocimiento de la impunidad que tienen ante las normas.

Los peatones tendrán un comportamiento más agresivo durante las horas pico, demostrando comportamientos como el cruce en rojo peatonal, cruce en diagonal y cruce corriendo.

Finalmente, los factores individuales o demográficos son poco incidentes, mientras que las variables consideradas más influyentes por los usuarios serán las variables latentes que incluyen las actitudes y preferencias de estos.

1.4 Alcances y limitaciones de la investigación

La presente investigación tiene como fin dejar un precedente para futuros estudios acerca de las actitudes, preferencias, percepciones y el comportamiento de peatones iniciando con una población diversa como alumnos, profesores y personal de la PUCP.

Se estudiaron facilidades de cruce presentes en sus alrededores y se buscó establecer los factores que determinen el comportamiento peatonal, sin embargo, no se puede generalizar el comportamiento y afirmar que la población bajo estudio represente a toda Lima.

1.5 Justificación

La siguiente tesis pone en énfasis un tema de relevancia social, puesto que el comportamiento peatonal en los cruces y el no uso de los puentes peatonales es condenado socialmente y considerado como una de las principales causas de siniestros de tránsito en el Perú.

Los casos más comunes de comportamiento conflictivo son el cruce en luz roja peatonal, el cruce a mitad de la cuadra y la falta de uso de los puentes peatonales. Además, contemplará medidas de mejora en la seguridad vial en los cruces ya mencionados y en los cruceros cebra, en los cuales existe una inversión de las prioridades del peatón y del vehículo.

Se investigarán los principales factores que determinan este comportamiento y se examinará si el principal factor tras esta problemática es el factor humano, como se ha pensado en las últimas décadas.

Se pretende iniciar el análisis en los exteriores de una universidad concurrida como la PUCP, ya que existe una diversidad cultural entre los usuarios, lo cual nos permite tener una visión más íntegra.

2. Estado del arte

2.1. Comportamiento peatonal en cruces no semaforizados

2.1.1. Antecedentes

Los cruces no semaforizados o cruces en cebra son secciones de la calzada en las cuales existen marcas longitudinales desde una acera a la otra. Según las leyes de tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) los conductores están obligados a ceder el paso a los peatones en ambos sentidos del cruce; sin embargo, el éxito que tienen es con bastante frecuencia mínimo o nulo.

En primera instancia se podría decir que esta falta de consideración hacia el peatón de parte de los conductores es un fenómeno cultural, con lo cual se podría relacionar como posibles razones al desconocimiento del significado de los cruces cebra de parte de los peatones y conductores en sí, a la actitud agresiva de los conductores y a la falta de medidas suplementarias que aseguren la efectividad de este tipo de facilidades.

Sin embargo, varias investigaciones muestran situaciones similares en otros países: Shi et al. (2007) encontraron que, en los alrededores de la Beijing University of Technology (BJUT) ningún conductor cedió el pase al peatón; Van Houten, Ellis y Marmolejo (2008) observaron que en el Northwest 67th Street de Miami el 0% de los conductores cedieron el pase; y Bennet, Manal & Van Houten (2014) señalaron que solamente el 1% de los conductores cedieron el paso en la Livernois Avenue ubicada en la ciudad de Detroit.

También existen cruces no semaforizados con proporciones de conductores que sí ceden el paso que se consideran aceptables, como en las afueras del campus del North Carolina State University (33.6%) (Schroeder & Rouphail, 2011), y en la intersección de Via Padova, Via Cambini y Via Cavezzali (52%) en la ciudad de Milán (Gorrini et al., 2018). No obstante,

es notable la posibilidad de una mejora en el porcentaje de situaciones en las que se genera prioridad para el peatón.

2.1.2. Tipos de comportamiento peatonal

Al explicar los tipos de comportamiento que tienen los peatones en los cruces cebra se pueden encontrar diferentes puntos de vista. Ciertos autores se centran más en las acciones que realizan los peatones antes, durante y después del cruce, mientras que otros prefieren vincularlos con características intrínsecas como la asertividad o la aceptación del riesgo.

Algunos ejemplos de estos puntos de vista se encuentran en las siguientes investigaciones:

Shi et al. (2007) observaron 6 tipos de comportamientos: utilizar el cruce dada una brecha aceptable (entre 51.7 a 61.4%), cruzar en diagonal (4.8 a 18%), cruzar aceptando una brecha para cada carril en vez de una brecha para la calzada entera (7.6 a 18.8%), equivocarse al determinar la brecha y regresar a la vereda (0.9 a 1%), cruzar perpendicularmente pero fuera del cruce (8.2% a 10%), y correr (5.8% a 11.8%).

Schroeder y Roupail (2011) señalaron 2 tipos de comportamiento: peatones asertivos y no asertivos, los cuales están asociados a la aceptación del riesgo: un peatón asertivo es aquel que suele aceptar un riesgo moderado o alto, mientras que uno no asertivo es aquel que acepta un riesgo bajo. Se ha determinado que los conductores suelen ceder el paso en mayor proporción a los peatones asertivos.

Gorrini et al. (2018) distinguen 3 fases del comportamiento peatonal: fase de acercamiento, fase de evaluación y fase de cruce. En la primera fase, el peatón se aproxima al cruce peatonal con una velocidad constante, en la segunda fase el peatón desacelera para evaluar las brechas existentes y en la última fase el peatón decide cruzar y acelera. Se encontró que la velocidad fue mayor en la fase de cruce, seguido de la fase de acercamiento y finalmente

la fase de evaluación. La determinación de estas fases es útil para obtener modelos de microsimulación peatonal más exactos.

2.1.3. Factores que determinan la prioridad en los cruces

2.1.3.1 Factores individuales

Están conformados por características demográficas (género y edad) y situacionales (tamaño del grupo y propósito del viaje). Hasta la actualidad, no se han desarrollado medidas que incorporen estos factores.

Género: Shi et al. (2007) encontraron que los hombres jóvenes cruzaban con una velocidad mayor que el de las mujeres (1.57 m/s y 1.47 m/s respectivamente). Cabe mencionar que las velocidades encontradas en cruces no semaforizados fueron mayores a las velocidades encontradas en cruces semaforizados (entre 1.25 a 1.29 m/s) y mucho mayores a las velocidades de caminata (en promedio 1.13 m/s). Esto concuerda con los resultados de Muley et al. (2017) los cuales señalan que los hombres tienen una velocidad de cruce 8.96% mayor que el de las mujeres. También, encontraron que las mujeres esperan en promedio 87.48% más tiempo que los hombres para realizar el cruce.

Edad: Se ha observado que, en los cruceros no semaforizados cercanos a los colegios, los niños tienen una mayor tendencia a cruzar corriendo y no mirar a los lados antes de cruzar respecto a los adultos (Li et al., 2013). Además, los adultos mayores tienen una velocidad de cruce menor a la de adultos jóvenes. (Gorrini et al., 2018)

Tamaño del grupo: Shi et al. (2007) encontraron que cuando los peatones cruzaban en pares, la velocidad de estos era menor, mientras que si cruzaban en grupos mayores el rango de velocidades entre los peatones permanecía cercano. Esto se debe a que las parejas suelen hablar mientras cruzan y los grupos mayores intentan preservar la armonía del paso. Además, se encontró que los conductores tienden a ceder el paso más mientras mayor es el grupo de

peatones cruzando. De igual manera, Muley et al. (2017) observaron que los peatones que cruzaban solos tenían una velocidad 10.37% mayor que los peatones que cruzaban en grupo.

Propósito del viaje: Shi et al. (2007) encontraron que los peatones que salían del campus universitario cruzaban con menor velocidad que aquellos que estaban yendo o regresando al campus universitario.

Tiempo de espera o demoras: Se ha encontrado que mientras mayor es el tiempo de espera, menor será la brecha aceptada. Esta variable a la vez es correlacionada directamente con el flujo vehicular; mientras mayor es este, mayor es el tiempo de espera. (Shi et al., 2007)

2.1.3.2 Factores del entorno

Consisten en las características del lugar, del tráfico vehicular y del tránsito peatonal. Mientras que algunas variables son situacionales (flujo vehicular y peatonal), existen varias (características del lugar) que pueden influenciar la interacción vehículo-peatón. Estas últimas se describirán brevemente en este inciso y se detallarán en el siguiente segmento, puesto que forman parte de las medidas más efectivas para generar prioridad para los peatones.

Respecto al flujo vehicular, Gorrini et al. (2018) encontraron que mientras mayor era la cantidad de vehículos, menor era la tasa de conductores que cedían el paso.

Además, se ha determinado que mientras mayor es la máxima velocidad permitida, menor será la cantidad de vehículos que cedan el paso a los peatones. (Turner et al., 2006, Bennet et al., 2014).

Asimismo, en varios cruces peatonales el número de carriles suele estar vinculado a menor porcentaje de prioridad para los peatones; sin embargo, también se ha encontrado que en los cruces cebra en los cuales se encuentran medidas de señalización superiores como el

faro rectangular de destello rápido y el faro híbrido peatonal, el número de carriles es irrelevante. (Turner et al., 2006).

Esto último se debe a que estos dispositivos establecen fases “rojas” para los vehículos en las cuales no están permitidos avanzar. Por otra parte, se ha encontrado que existe una cantidad considerablemente mayor de conflictos en los carriles más alejados del inicio del cruce; y que la velocidad de los peatones es mayor en estos (Almodfer et al., 2016). Este efecto se explicó por la reducción en visibilidad que se dan en los carriles más aledaños.

2.1.4. Medidas para generar prioridad para los peatones

Debido a que los cruces cebra (señalización horizontal) no son efectivos por sí mismos e incluso pueden generar perjuicios en la seguridad (New Zealand Transport Agency, 2009), es necesario implementar medidas adicionales que aseguren la prioridad de los peatones:

2.1.4.1. Medidas de ingeniería

Consisten en cambios en las características del entorno y colocación de señalización. El propósito de estas medidas varía entre reducir la velocidad de los vehículos y alertar a los conductores que se encuentran próximos a un cruce peatonal.

Señalización en la calzada o *in-street signs*:

Consiste en señales rectangulares con dimensiones de 12” de ancho y 36” de alto que indican la presencia de un cruce peatonal y la instrucción de ceder el paso a los peatones. El costo de instalación es de aproximadamente \$300 por señal. (Bennet et al., 2014).

Ellis, Van Houten y Kim (2007) compararon la efectividad de las señales en medio de la calzada ubicadas a diferentes distancias del cruce peatonal: justo antes del cruce, 6 metros y 12 metros delante del cruce.

El siguiente cuadro detalla los resultados obtenidos en los tres sitios estudiados (tres cruces no semaforizados ubicados en Collins Avenue):

Tabla 1: Proporción de conductores que ceden el paso a diferentes distancias de la señal en calzada

Condición/Street	6th Street	9th Street	13th Street
Sin señalización	32%	21%	34%
Señal en el cruce	78%	65%	69%
Señal a 6 metros	75%	63%	43%
Señal a 12 metros	70%	54%	43%
Señal en las 3 posiciones	79%	56%	52%

Fuente: Ellis, Van Houten y Kim (2007)

Como se puede ver, la señalización en la calzada generó efectos positivos en la proporción de conductores que ceden el pase. Adicionalmente, se pudo concluir que la localización y la cantidad de señales no fueron factores significativos. En general, la localización de una señal en el cruce peatonal da resultados más efectivos.

Igualmente, Bennet et al. (2014) compararon dos tipos de disposiciones de las *in-street signs*: una sola señal en medio de la calzada y una configuración “pórtico” en la cual se añaden dos señales a los lados (véase Figura 1). Los resultados que obtuvieron indican que, al colocar una señal en medio, el porcentaje de conductores que ceden el paso incrementa, y cuando se colocan en configuración “pórtico” este aumenta aún más.

La razón por la cuál la configuración en pórtico tiene mayor éxito es debido a que al aumentar la cantidad de señales es más probable que el conductor pueda distinguirlos y porque estas generan un efecto de estrechar el carril lo cual hace que el conductor reduzca su velocidad y por ende ceda el paso.



Figura 1: Comparación entre una disposición única y configuración del pórtico

Fuente: Bennet, Manal & Van Houten (2014)

Faro rectangular de destello rápido o *rectangular rapid-flash beacon* (RRFB):

Consiste en un poste con señalización de cruce peatonal y dos faros amarillos rectangulares con luz intermitente, de 6 pulgadas de ancho y 2.5 pulgadas de alto, separados a 12 pulgadas. Este dispositivo es activado por los peatones cuando se presiona un botón localizado en el medio del poste. La secuencia de parpadeo es intercalada y la cantidad de parpadeos es de 190 en el ciclo de 30 segundos. El costo de instalación es aproximadamente de \$20 000. (Bennet et al., 2014)



Figura 2: Faro rectangular de destello rápido

Fuente: Shurbutt et al. (2009)

Además, Shurbutt et al., (2009) realizaron tres experimentos para determinar la efectividad de los RRFB según sus características:

En el primer experimento determinaron los efectos de la cantidad de faros (2 o 4) y observaron las distancias en las cuales los conductores cedían el paso. Se concluyó que la

proporción de conductores que cedieron el paso antes de la implementación del RRFB (18.5%) fue mucho menor que ante la existencia de un RRFB de 2 faros (81.2%) y 4 faros (87.85%). Esto indica que el RRFB sí es una medida eficaz y que la cantidad de faros aumenta su efectividad, pero en pequeña medida. La explicación de este último fenómeno se encuentra en la mejora de visibilidad que otorgan los faros adicionales, los cuales se encuentran en la mediana. También se encontró que después de la implementación del RRFB los conductores cedían el paso con mayor anticipación.

En el segundo experimento, se comparó el RRFB con dos medidas ya existentes: el faro parpadeante amarillo suspendido u *overhead yellow flashing beacon* y faro amarillo lateral o *side mounted yellow beacon*. Estos sistemas empleaban faros de doce pulgadas de diámetro que parpadeaban 55 veces por minuto.

En el primer lugar, en el que se encontraba el faro suspendido, se encontró que esta medida no era muy efectiva, puesto que la proporción de conductores que cedían el paso (15.5%) no fue muy mayor a la que se tenía sin el faro (10.9%). Al implementar los RRFB esta proporción aumento a 78.3% con dos faros y 88% con cuatro faros. En el segundo lugar, en el que se encontraba el faro lateral, se dieron condiciones similares. La proporción de vehículos que cedieron el paso fue de 2.15% sin ninguna medida, 12.2% con el faro lateral y 67.7% con el RRFB tradicional (2 faros).

En el tercer experimento, se estudió los efectos de la implementación de los RRFB en el tiempo. La conclusión fue que la proporción de vehículos que ceden el paso a los peatones se mantiene en el tiempo prácticamente constante.

Faro híbrido peatonal o *pedestrian hybrid beacon* (PHB):

Este consiste en un dispositivo activado por los peatones al igual que el RRFB. El bastón se extiende por encima de la calzada y tiene dos luces rojas que y una luz amarilla. Al tocar el botón la luz amarilla parpadea, luego se mantiene encendida y finalmente se prenden las luces rojas, indicando un ciclo en el cual los vehículos deben detenerse. El costo de instalación ronda entre los \$60 000 y \$100 000. (Bennet et al., 2014)



Figura 3: Faro híbrido peatonal

Fuente: Shurbutt et al. (2009)

Finalmente, Bennet et al. (2014) compararon la efectividad de cada una de las tres medidas ya mencionadas: señales en la calzada, faros de destello rápido y faros híbridos peatonales.

Se obtuvo que los dispositivos PHB y RRFB tienen mejor comportamiento que una sola señal en la calzada, pero menor beneficio que una configuración en modo pórtico de estas. Además, al combinar los dispositivos y la señalización en calzada se obtienen resultados óptimos (entre 85 y 95% de prioridad para los peatones).

Tabla 2: Proporción de conductores que ceden el paso a diferentes medidas

Lugar	Livernois Avenue	Cass Road	Grand River Avenue
Características			
Velocidad máxima (km/h)	48	40	40
Zona de dilema (m)	21.24	15.67	15.67
Tipo de medidas			
Sin medidas	1%	10%	20%
PHB*	62%	85%	-
RRFB**	-	-	69%
Señalización en la calzada (una sola señal)	44%	-	-
Señalización en la calzada (configuración pórtico)	72%	-	80%
PHB* y señalización en la calzada	85%	95%	-
RRFB** y señalización en la calzada	-	-	85%

*PHB: *Pedestrian hybrid beacon* ó faro híbrido peatonal

**RRFB: *Rectangular rapid-flash beacon* ó faro rectangular de destello rápido

Fuente: Elaboración propia a partir de Bennet et al. (2014)

De igual manera, Turner et al. (2006) compararon cruces peatonales en los cuales se encontraron distintas medidas y su efectividad (proporción de vehículos que ceden el paso). De mayor a menor efectividad se encontraron: semáforo en medio de la cuadra (99%), intersecciones señalizadas a medias (97%), faro híbrido peatonal (97%), señalización en medio de la calzada (87%), faros suspendidos de activación manual (47%), isla de refugio en la mediana (34%), señalización de alta visibilidad (32%) y faros suspendidos automáticos (31%).

Respecto a las velocidades máximas se pudo notar que mientras mayor fueron éstas, menor fue el porcentaje de prioridad y mayor fue la zona de dilema (zona en la cual los vehículos pueden tener dificultades para ceder el paso).

Bandas de alerta transversales o *rumble strips*:

Las bandas de alerta transversales son irregularidades colocadas en la calzada que alertan a los conductores mediante vibraciones audibles. Aunque estas se suelen utilizar en los bordes para alertar a conductores distraídos que están saliendo de su carril; también se han utilizado en medio de la calzada, como avisos sobre una situación atípica en las carreteras tales como cruces peatonales.

Liu et al. (2011) investigaron la efectividad de las bandas de alerta transversales en doce ubicaciones localizadas en tres carreteras rurales con velocidades máximas de 40, 60 y 80 km/h respectivamente. Nueve de estas ubicaciones contaron con siete sets de tres bandas de alerta transversales de 15 centímetros de ancho y 9 milímetros de espesor espaciados a 15 metros entre sí. Las demás ubicaciones fueron tomadas en cuenta para la comparación.

En primera instancia los resultados obtenidos respecto a la implementación de bandas de alerta transversales parecen ser óptimos, puesto que la reducción estimada de siniestros fue del 25%. Sin embargo, la desviación estándar de esta estimación es del 24%, lo cual significa que la reducción de siniestros se encuentra en un rango del 1% al 49%. Además, se encontró que la velocidad promedio fue reducida en un rango del 0.8 al 16.9 km/h.

Cabe mencionar que la respuesta encontrada por Liu et al. (2011) no reflejó la efectividad que tendrían las bandas de alerta transversales en zonas urbanas, ya que una de sus observaciones fue que estas no reducían la velocidad en zonas con velocidades máximas bajas.

Señales parpadeantes verticales e islas de refugio:

Vignali et al. (2019) estudiaron los efectos que generó la implementación de señales parpadeantes LED laterales de 3.50 metros de alto y una isla de refugio de 4 metros de ancho en una ruta provincial de Italia llamada “Del Rabbi”.

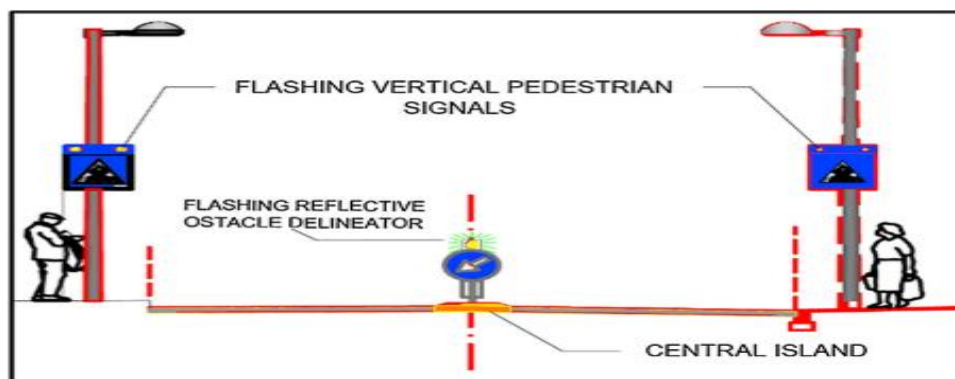


Figura 4: Medidas realizadas en la ruta provincial “Del Rabbi”

Fuente: Vignali et al. (2019)

Los resultados obtenidos indican que después de la intervención los conductores observaron las señales verticales 50.8% de las veces y la isla de refugio 60.6%, de las veces. La distancia observación aumentó de 56.49 metros a 81.72 metros. Asimismo, la velocidad de los vehículos se redujo en 3kmh. De estos dos efectos se generó un tercer efecto: la proporción de casos inseguros (situaciones en la cual la distancia de observación era menor que la distancia de parada) se redujo de 86.5% a 31.7%.

2.1.4.2. Medidas regulatorias

Las medidas regulatorias están conformadas por cambios en las normas, operaciones de control e implementaciones de programas de seguridad y educación. Estas son las más promovidas por el Estado y son recomendadas por varios autores. (Shi et al., 2007)

Cambios en las normas: Se ha encontrado que los cambios en las normas sin implementación de medidas adicionales no producen resultados significativos respecto a la seguridad. Por ejemplo, después de establecer que los peatones tienen el derecho de paso en los cruces cebra, en Suiza, Austria y Suecia en los años 1994, 1994 y 2000 respectivamente, la cantidad de peatones accidentados no disminuyó. (Johansson & Leden., 2007)

Van Houten y Malenfant (1990) estudiaron el efecto de un programa de seguridad multifacético llamado “*Courtesy Promotes Safety*” en tres ciudades canadienses: St John’s Newfoundland, Fredericton y Moncton-Dieppe, este programa tuvo un costo de \$40 000 y consistió en varias medidas conjuntas:

Se repartieron volantes sobre el inicio del programa junto a las boletas de electricidad y agua, y se colocaron señales de retroalimentación fueron colocados en lugares óptimos. Estas proveían información sobre la tasa de conductores que cedían el paso en la semana anterior y la mayor tasa obtenida hasta la fecha (fueron actualizadas semanalmente).

Además, se colocaron señales para motivar a los peatones a cruzar. La conducta de cruce apropiada según estas era una secuencia de cuatro pasos: extender la mano, poner un pie en el cruce, esperar a que los vehículos se detengan y agradecer a los conductores. Adicionalmente, se colocó señalización horizontal a 15 metros del cruce peatonal, indicando a los conductores que paren para los peatones. Esta medida se realizó para que los conductores del sentido opuesto puedan observar con mayor claridad a los peatones que cruzan.

Asimismo, se implementaron programas de educación en todos los centros educativos primarios. En estos se informó a los estudiantes sobre el programa y se les entregaron stickers que promovían la ceda de paso a los peatones y panfletos informativos que llevarían a sus hogares. De forma complementaria, se situaron “guardianes” en los cruces peatonales para ayudar e informar sobre la conducta de cruce a los niños.

Finalmente, se realizaron operaciones regulatorias en las cuales los policías pararon a los conductores que no cedieron el pase, informándoles sobre su conducta. Se les pidió presentar su licencia de conducir y se les entregó un volante de advertencia que contenía información sobre la cantidad de peatones que cruzaban los cruces peatonales y las posibles consecuencias de siniestros peatonales.

Los resultados indican que, al introducir el programa, la frecuencia de conductores que ceden el paso aumento de 54 a 71% en St John´s; de 9 a 52% en Fredericton y de 44 a 68% en Moncton-Dieppe. Además, al finalizar el programa, esta fue de 81% en St John´s; 68% en Fredericton y 71% en Moncton-Dieppe. Respecto a los siniestros vehiculares: en Fredericton el número de colisiones en los cruces no semaforizados fue de 1.4 por año antes del programa y 0.5 por año después del programa; mientras que en St John´s la cantidad de peatones accidentados disminuyo en la mitad.

De igual manera, Van Houten y Malenfant (2004) analizaron el efecto de un programa regulatorio intensivo de dos semanas en el cual se incluyeron peatones “señuelo”, volantes de retroalimentación, advertencias escritas y orales, y operaciones regulatorias de saturación (presencia de una alta cantidad de policías o agentes reguladores en una zona específica, lo cual genera un sentimiento de omnipresencia).

Se compararon tres fases respecto a la implementación del programa: situación no tratada, implementación y mantenimiento. Los resultados indicaron que la proporción de conductores que cedían el paso a los peatones en la situación no tratada era de 3.3% en el oeste y 18.2% en el este; en la fase de implementación se obtuvo 27.6% en el oeste y 33.1% en el este; y, en la fase de mantenimiento (una operación regulatoria cada 6 semanas) se observó 27.8% en el oeste y 34.1% en el este.

Además, se notó un incremento en esta proporción en las zonas donde no se realizó la implementación, en la fase de mantenimiento. Esto se dio porque el efecto se generalizó mediante los conductores al internalizar las operaciones reguladoras como una medida realizada en toda la ciudad.

Aunque los efectos de las medidas regulatorias sean menores que las medidas ingenieriles, en cruces semaforizados en donde no se pueden dar las últimas el impacto puede ser notable para el peatón, ya que una proporción de conductores que ceden el paso de 10% es equivalente a la necesidad de esperar que pasen en promedio 9 vehículos; mientras que, si esta es de 33.3%, la espera se reduce a un promedio de 2 vehículos. (Van Houten & Malenfant, 2004)

2.2. Comportamiento peatonal en cruces semaforizados

2.2.1. Antecedentes

En la actualidad, uno de los dispositivos de control de tráfico más utilizados para evitar el conflicto entre vehículos y peatones son los semáforos. Su efectividad radica en que determinan una división clara de los turnos de prioridad entre los vehículos y peatones. Sin embargo, el origen de estos nace de un propósito completamente diferente:

A raíz del incremento exponencial del volumen automotor en los inicios del siglo XX, surgieron problemas intensos de tráfico. La solución adoptada por efectividad fueron los semáforos, los cuales separaban las fases de prioridad de los vehículos y evitaban los conflictos entre ellos. Este cambio adoptado fue estudiado por ingenieros de tráfico y se optimizaron para reducir las demoras vehiculares. Sin embargo, la seguridad en las intersecciones se vio seriamente afectada, puesto que las colisiones aumentaron en 40%. Esto fue causado principalmente porque los diseños de las intersecciones semaforizadas no tenían en cuenta a los peatones, considerándolos incluso como obstáculos o ciudadanos de segunda clase. (Clay, 1999)

Esto generaría incomodidad en los peatones que estaban acostumbrados a considerar las calles como espacio público. Sus reacciones se verían reflejadas como reclamos, tomando las rutas que utilizaban anteriormente y cruzando en lugares considerados inapropiados. Los medios y la opinión pública rechazaron este comportamiento, etiquetándolos como *jay walkers* (término despectivo originado en Estados Unidos) y vinculándolo como el responsable del aumento de siniestros viales (Norton, 2007). Estas afirmaciones siguen siendo populares en la actualidad, catalogando a estos peatones como “imprudentes”.

En el presente segmento, se contemplará identificar los tipos de comportamiento de los peatones en los cruces semaforizados y sus principales factores. Cabe mencionar que, aunque en la actualidad existen cruces semaforizados a mitad de la cuadra, se estudiará

principalmente aquellos que se encuentran en una intersección, pues en estas ubicaciones se dan la mayor cantidad de problemas para los peatones debido a que su diseño convencional está orientado a disminuir demoras vehiculares y no toma en cuenta las necesidades del peatón.

2.2.2. Tipos de comportamiento peatonal

En los cruces semaforizados se pueden observar distintos tipos de comportamiento peatonal los cuales se pueden clasificar -respecto a la actitud frente a las leyes- como: respetuosos a la ley o *law abiding* e infractor o *law breaking*. También, se pueden vincular estos tipos de comportamiento peatonal a conceptos de la economía del comportamiento: *risk averse* (con aversión al riesgo), *risk neutral* (neutral ante el riesgo) o *risk seeking* (amante del riesgo). (Li, 2014)

Cabe mencionar que la frecuencia con la que se da cada tipo de comportamiento varía en cada intersección analizada, pues los factores que afectan la decisión de cruce de los peatones cambian para cada una de estas; Marisamynathan & Vedagiri (2013) encontraron que el 60% de los peatones infringían la ley. mientras que, Dommes et al. (2015) obtuvieron que el 32% eran infractores, Koh et al. (2014) hallaron que el 18% no respetaban el rojo peatonal y Rosenbloom (2009) observó que solamente el 13.5% de los peatones cruzaban en rojo peatonal.

Además, ciertos autores (Koh & Wong, 2014, Alhajyaseen & Iryo-Asano, 2017) separan la acción de cruce ante la presencia de una mediana en dos etapas: *near end crossing* y *far end crossing*. El *near end crossing* hace referencia al cruce en el cual existe conflicto con los vehículos que giran a la izquierda, mientras que el *far end crossing* es el cruce desde la mediana hasta el final del cruce, en el cual no ocurren conflictos.

2.2.2.1. Respetuoso de la ley (*Law abiding*)

Entre los peatones que deciden cruzar en la fase de verde peatonal pueden distinguirse dos razones: la falta de oportunidades de cruzar en rojo (comportamiento oportunista) o el cumplimiento absoluto de la ley (comportamiento obediente).

Sin embargo, este último comportamiento no conduce necesariamente a un cruce seguro. En una investigación hecha por Koh, et al., (2014) se encontró que el 45% y 100% de las personas que cruzaban en las fases *Flashing Green Light* (10 segundos después de iniciarse el verde peatonal) y *Late Flashing Green Light* (últimos 5 segundos del verde peatonal) respectivamente, siguieron en la acción de cruce cuando la fase ya había cambiado al rojo peatonal.

Además, Brousseau, et al. (2013) señala que en varias intersecciones el tiempo de cruce dado es menor al necesario, por lo que se observa cruces legales peligrosos los cuales pueden llegar a ser hasta el 10.3% del total de cruces en determinadas intersecciones.

Por un lado, el comportamiento oportunista es considerado un punto intermedio entre el comportamiento respetuoso hacia la ley y el comportamiento infractor. Dado que el peatón oportunista es potencialmente infractor, se pueden tomar medidas ingenieriles para reducir la cantidad de comportamiento infractor y convertirlo en comportamiento oportunista; puesto que si se reduce las brechas reales -diferencia de tiempo entre el pase de dos vehículos consecutivos- los peatones tendrán menos oportunidades de cruzar. Es importante reconocer el tiempo máximo que puede esperar un peatón para una oportunidad de cruce, en vista de que mientras más se exceda este tiempo, menor será la brecha aceptada por el peatón. (Yang, Deng, Wang, Li & Wang, 2006)

Por otro lado, el comportamiento obediente depende intrínsecamente de las actitudes respecto a la ley. Dommes et al. (2015) vinculó este comportamiento con otros micro

comportamientos antes de cruzar como mirar hacia el suelo, mirar hacia el semáforo, y tener una posición de espera, como también con micro comportamientos durante el cruce tales como: cruzar en línea recta, sin correr, y mirando a los demás peatones. La proporción de este comportamiento respecto al total puede aumentar si se aplican medidas reguladoras efectivas como aumentar el tamaño de las multas y realizar campañas educativas sobre seguridad vial para peatones (Koh & Wong, 2014, Zhang et al., 2016, Onelcin & Alver, 2017)

2.2.2.2. Infractor (*Law breaking*)

El comportamiento infractor de los peatones puede separarse en dos tipos de cruce predominante: el cruce en la fase de rojo peatonal y el cruce a cierta distancia del cruce semaforizado.

La inseguridad en estos tipos de cruce es evidente: King, et al. (2009) estimaron que se dan 0.73, 5.92 y 5.71 siniestros por cada millón de cruces legales, cruces en rojo y cruces a 20 metros del cruce semaforizado respectivamente. Se destaca que la inseguridad del comportamiento infractor es equivalente a ocho veces la del comportamiento legal.

Cruce en rojo: Dommes et al. (2015) vinculó este comportamiento con otros micro comportamientos antes del cruce como mirar hacia el tráfico y correr, como también con micro comportamientos durante el cruce tales como cruzar en diagonal (lo cual ocurrió un 18% de las veces), correr, y mirar constantemente al tráfico.

Los micro comportamientos antes del cruce indican que los peatones toman la decisión de infringir la ley de manera anticipada puesto que, antes de llegar a la intersección analizan las condiciones de tráfico sin considerar la fase actual del semáforo, mientras que los que se dan durante el cruce explican que, el ahorro de tiempo y la conveniencia son las principales razones que incentivan un comportamiento infractor.

Esta última afirmación concuerda con las respuestas de los peatones entrevistados por Onelcin & Alver (2017), en las cuales se observaron que en el 46% la razón principal de realizar la infracción fue el ahorro de tiempo y 31%, la ausencia de vehículos. La ausencia de vehículos representa una situación conveniente para los peatones, puesto que las brechas existentes y percibidas son menores mientras menor sea el flujo vehicular.

Cruce dentro de cierta distancia del cruceo semaforizado: Cuando no se toman las medidas necesarias los peatones hacen el cruce a cierta distancia del cruceo semaforizado debido a la conveniencia. Aunque este tipo de comportamiento es frecuente, está más asociado a los cruces a mitad de la cuadra o *midblock crossings*, por lo tanto, no se detallará sobre este en la presente investigación.

2.2.3. Factores determinantes en el comportamiento de los peatones

2.2.3.1. Factores individuales

Son aquellos que provienen de las características demográficas y situacionales de los peatones. Entre ellos se encuentran: la edad, el género, tamaño de grupo, posición del peatón, propósito de viaje y frecuencia de cruce.

Edad: Ciertos autores (Onelcin & Alver, 2017; Brousseau et al, 2013) han concluido que la edad sí es un factor determinante en la proporción de comportamientos infractores respecto al total, argumentando que los adultos mayores tienen una inclinación mayor a comportarse de forma más segura.

Por otro lado, Dommès et al, (2015) concluyó que la edad no fue un factor determinante del comportamiento general, pero sí de los micro comportamientos. Mientras mayor fue la edad de los peatones, estos corrían menos, miraban más al semáforo y al suelo antes de cruzar y esperaban más en la acera que en la pista. Esto se debe a que los adultos mayores son más

cautelosos, pues deben compensar las dificultades motoras, sensoriales y cognitivas que van desarrollando con el tiempo.

Género: Varios estudios (Onelcin & Alver, 2017; Rosenbloom, 2009; Brousseau et al. 2013; Koh et al., 2014; Marisamynathan & Vedagiri, 2013, 2014) señalan que los hombres tienden a tener un comportamiento infractor con mayor frecuencia que las mujeres. Sin embargo, al igual que con la edad, Dommes et al. (2015) observó que el género no influye el comportamiento general, pero sí en la frecuencia de los micro comportamientos. Concluyó que los hombres corren con mayor frecuencia y las mujeres esperan en la pista en vez de en la vereda más que los hombres.

Tamaño del grupo: Brousseau et al. (2013) y Dommes et al. (2015) concluyeron que los peatones que cruzaban solos eran más propensos a ser infractores que aquellos que cruzaron en grupo; y Koh et al. (2014) encontró que un peatón es 2.5 veces menos propenso a cometer una infracción si se encuentra acompañado.

Sobre esta afirmación, Rosenbloom (2009) explica que los peatones se preocupan más por la crítica social cuando caminan en grupo, por lo cual se sienten más motivados a mantener el orden social; sin embargo, esto se da de forma contraria en los niños y adolescentes, puesto que bajo la presión social son más propensos a tener un comportamiento riesgoso lo cual es aceptado socialmente para dichas edades. Además, notó que la presencia de infractores en el cruce no fue un factor significativo en el comportamiento peatonal.

Marisamynathan & Vedagiri (2014) añaden otra posible explicación: al ser mayor el volumen de peatones, existe una restricción de movimiento mayor, por lo que los peatones están menos dispuestos a realizar un cruce inseguro. Adicionalmente, Onelcin & Alver (2015) notaron que mientras mayor era el tamaño del grupo, mayor era el tiempo necesario para cruzar.

Posición del peatón: Los peatones son más propensos a tener un comportamiento infractor cuando se encuentran en la primera fila. De hecho, se encontró que los peatones que se encuentran detrás de otros son cuatro veces menos propensos a ser infractores. (Koh et al., 2014)

Propósito de viaje: Zhang et al. (2014) determinó que, si el propósito del peatón es pasear, existe 2.5 veces menos probabilidad de cruzar en rojo que si este es ir al trabajo o centro de estudios, regresar al hogar, realizar compras o entretenerse. Además, si el peatón se encuentra apurado tendrá 3.33 veces más chance de cruzar en rojo que si no lo está.

Frecuencia de cruce: Onelcin & Alver (2017) encontraron que mientras mayor era la frecuencia de cruce en los peatones, menor era la proporción de infracciones. Explican que, al estar más familiarizados con el lugar, los peatones reconocían el tiempo de semáforo por lo cual cumplían con la ley.

2.2.3.2. Factores del entorno

Los factores del entorno están conformados por aquellos que describen las características del tráfico y del lugar. Estos son de gran importancia, pues el estudio de estos permite la incorporación de medidas ingenieriles en intersecciones nuevas y existentes.

La importancia de estos es evidente en la investigación de Zhang et al. (2014), el cual constató que los peatones que son afectados por el entorno son dos veces más propensos de tener un comportamiento infractor que aquellos que no. Algunos de los factores de entorno estudiados son:

Bidireccionalidad del flujo: Lee & Lam (2008) desarrollaron un modelo de simulación peatonal que incluye los efectos de la bidireccionalidad del flujo. Se obtuvo que la velocidad de los peatones es significativamente menor que en flujos unidireccionales; además, según la proporción del flujo de un sentido respecto al total se generaban reducciones de capacidad del

cruce. Estas reducciones varían desde 1.7% (para ratios de 0.5) hasta 14.7% (ratios de 0.1), lo cual significa que existe una relevante reducción de capacidad en el cruce si un sentido del flujo bidireccional es dominante respecto al otro. El resultado es una reducción en la velocidad de cruce y, por ende, el tiempo necesario de cruce de los peatones es mayor, lo cual resulta en un incremento del riesgo a la cual están sujetos los peatones.

Presencia de contadores regresivos en los semáforos: su presencia influye positivamente en la obediencia de los peatones (Onelcin & Alver, 2017). Se ha encontrado que la proporción de infractores se reduce en un 15% si los semáforos cuentan con contadores regresivos. (Brousseau et al., 2013)

Longitud de cruce o ancho de calzada: Onelcin y Alver (2017) obtuvieron en su investigación, que en el cruce con mayor número de carriles el porcentaje de infracciones fue menor. La velocidad de cruce en su investigación fue alta (1.40 m/s) debido a esta condición y el alto volumen peatonal, la cual denota un entorno más riesgoso para el peatón.

Se encontraron resultados similares en la investigación de Koh et al. (2014), en la cual se observó que en los cruces con cuatro carriles y una mediana el comportamiento infractor se daba 2.5 veces más que en los cruces con seis carriles. Por lo tanto, es claro que, mientras mayor es la longitud de cruce, menor será la proporción de infracciones, puesto que la percepción de riesgo es mayor. Sin embargo, el riesgo real también aumenta, por lo cual no es una medida viable aumentar la longitud de cruce solamente para reducir la proporción de infracciones. Se recomienda encontrar otras medidas más efectivas y menos perjudiciales para el peatón.

Número de vehículos estacionados: El número de vehículos estacionados afecta directamente a la visibilidad lo cual provoca un comportamiento más arriesgado en los peatones. (Dommes et al., 2015). Este efecto es contemplado en varios manuales de diseño

urbano, por lo cual se recomienda el uso de extensiones de acera o curb extensions; además de asegurar la visibilidad al reducir los obstáculos visuales.

2.2.3.3. Variables latentes

Las variables latentes son aquellas que no pueden medirse directamente y que requieren una relación con las variables directas, mediante modelos matemáticos y estadísticos, entre las cuales se encuentran actitudes, preferencias y percepciones.

Respecto a los cruces semaforizados, la principal variable latente estudiada ha sido la percepción de seguridad, puesto que se ha reflejado que esta es un factor determinante en el comportamiento de los peatones (Onelcin & Alver, 2017). Mientras menor sea la percepción de seguridad, menor será la tendencia a cometer infracciones.

Ni et al. (2017) entrevistaron a 1286 peatones en 32 cruces peatonales de 12 intersecciones sobre la percepción seguridad para diversos parámetros de horario, condiciones del entorno, tipo de comportamiento de cruce e interacción con los vehículos. Encontraron que las variables individuales no fueron significativas en la percepción de seguridad de los peatones con la excepción de la edad en la percepción del cruce tardío (en los últimos segundos de verde peatonal). Los adultos mayores tienden a percibir este tipo de cruce como inseguro.

Respecto a la presencia de medianas, esta aumenta la percepción de seguridad de los peatones comenzando por los peatones que realizan un cruce tardío, seguido por los que cruzan en rojo y finalmente los que cruzan temprano. Esto indica, que la presencia de una mediana puede estimular el comportamiento infractor o un cruce tardío, puesto que los peatones lo percibirán como menos riesgoso. Asimismo, el descanso adicional en la mediana es apreciado por los peatones que cruzan de forma tardía, mas no por los infractores.

De manera contraria, la interacción con los vehículos es percibida como insegura para todos los peatones con excepción de los infractores, lo cual explica su predisposición a cruzar en rojo. Además, la existencia de un contador regresivo en los semáforos tiene un impacto negativo, pues los peatones tienden a estar intranquilos si consideran que el tiempo restante es insuficiente para realizar el cruce.

2.2.3.4. Interacciones

Es necesario estudiar las interacciones entre los vehículos y los peatones para los distintos tipos de comportamiento de cruce en cruces semaforizados, puesto que, mientras mayor sea la cantidad de interacciones o conflictos, mayor será la probabilidad de colisiones. Además, estas influyen en la proporción de infracciones respecto al total de cruces, por ejemplo, a mayor cantidad de vehículos que ceden el paso a los peatones, mayor será la cantidad de infracciones (Onelcin & Alver, 2017).

Respecto a relación de la proporción de interacciones con las otras variables, Marisamynathan & Vedagiri (2014) encontraron que los adultos jóvenes fueron ocho veces más probables de interactuar con los vehículos (encontrarse en la zona de conflicto) que los niños y adultos mayores. Además, el tipo de vehículo y la brecha aceptada por los peatones fueron los principales factores determinantes de la interacción entre vehículos y peatones.

Respecto a la interacción con vehículos que giran a la izquierda, Qi & GuoGuo (2017) estudiaron los efectos en la seguridad de los peatones que generan los giros a la izquierda que se dan en las intersecciones a la par de la fase verde peatonal mediante un simulador de manejo y los parámetros de máxima desaceleración, tiempo al choque contra el peatón y la distancia mínima de parada. Los resultados que encontraron fueron los siguientes:

La presencia de un camión en el carril de giro a la izquierda genera problemas de visibilidad en los conductores posteriores a este, lo cual aumenta significativamente el riesgo de los peatones.

Adicionalmente, se obtuvo que mientras mayor sea volumen de peatones, existirá más probabilidad de colisiones. Sin embargo, a medida que aumenta el volumen de peatones, también será más fácil para los vehículos visualizar a los peatones.

Respecto al volumen opuesto de peatones, se concluyó que mientras mayor era este, se daban mayores tiempos de cruce. Sin embargo, también se da un efecto en los conductores, reduciendo la brecha crítica aceptada debido al aumento en el tiempo de espera, por lo tanto, se aumenta el riesgo para los peatones.

En general, se concluye que la relación entre los volúmenes de peatones y la seguridad es compleja. Ni la velocidad límite ni el número de carriles fueron factores significantes en los resultados. Cabe mencionar que un mayor número de carriles no significó mayor posibilidad de realizar el giro a la izquierda, hecho que se suele observar intersecciones sin carriles definidos o zonas en las cuales no se respetan estas disposiciones.

Finalmente, se concluyó que una intersección en cruz era más insegura una intersección en T, respecto a los giros a la izquierda, puesto que al tener más “ramas” existía una mayor cantidad de interacciones entre vehículos y peatones.

Alhajaseen et al. (2012) también analizaron la interacción entre los peatones y los vehículos que giran a la izquierda. Sin embargo, ellos estudiaron la toma de decisiones de los conductores antes estos eventos en vez del comportamiento de los peatones. Los resultados explican que la variación de velocidades de los vehículos respecto a la del flujo libre se da debido a la consideración por parte de los conductores, de dos tipos de brechas: “lags” (tiempo

necesario para un peatón en llegar al área de conflicto) y “gaps” (diferencia de tiempo entre el cruce consecutivo de dos peatones).

Analizando la interacción vehículo – peatón, el enfoque tradicional para el análisis de la seguridad en una intersección se daba mediante el uso de 4 indicadores: **TTC** – *time to collision* - tiempo en el cual dos usuarios colisionaran si continúan con su velocidad y trayectoria actual, **DST** – *deceleration to safety time*- la desaceleración necesaria para que un usuario no entre en conflicto con el ya presente, **PET** – *post encroachment time* -diferencia de tiempo entre la salida de un usuario y la llegada del siguiente y **GT** – *gap time*- tiempo entre la salida de un usuario y la llegada del siguiente si ambos mantienen su velocidad y trayectoria). (Ni et al., 2016)

Debido a la poca consideración de las interacciones entre los vehículos y los peatones, Ni et al. (2016) decidieron tomar un enfoque distinto a los convencionales, en el cual utilizaron los indicadores de conflicto para determinar patrones de interacción entre el vehículo y el peatón, con los cuales recién se hizo el análisis de seguridad.

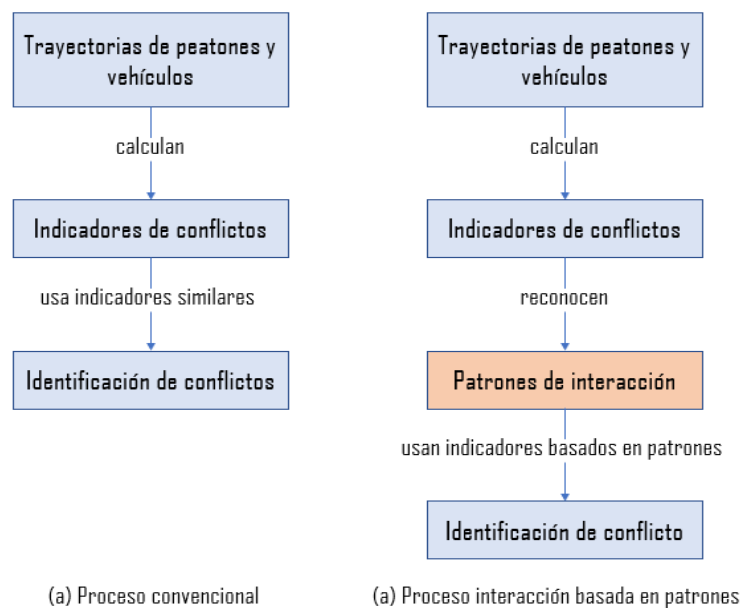


Figura 5: Análisis basado en indicadores convencionales vs. análisis basado en interacciones
Fuente: Adaptado de Ni et al. (2016)

En los resultados, determinaron tres patrones de interacción: Interacción dura o *hard interaction*, sin interacción e interacción suave o *soft interaction*. El primero, interacción dura, consiste en escenarios en los cuales cualquiera de los dos usuarios toma medidas o reacciones evasivas abruptas (por ejemplo, el peatón acelera para poder cruzar antes que llegue el vehículo). En el segundo, sin interacción, ninguno de los usuarios toma medidas, es decir, mantienen la velocidad y trayectoria. Finalmente, en el tercero, interacción suave, cualquiera de los dos usuarios toma medidas leves, ajustando su velocidad en el proceso de la interacción.

Se concluyó que el tercer patrón (comportamientos dudosos) era el más riesgoso, seguido del primer patrón (velocidades altas); además, la cantidad alta de conflictos en el segundo patrón se justifica por la posibilidad de que los peatones y los vehículos no hayan notado la presencia del otro usuario.

2.2.4. Tiempo de semáforo óptimo

El tiempo del semáforo en rojo y en verde para los peatones es uno de los factores que más influencia tiene sobre el comportamiento de estos. Los tiempos del semáforo se definen mediante “fases”. El conjunto de éstas se denomina ciclo y en conjunto determinan el tiempo total en el que se realizan todos los movimientos posibles en una intersección (Mathew, 2014).

En caso de los vehículos las conforman el tiempo de verde, ámbar y rojo, mientras que para los peatones suelen haber solamente dos fases: verde peatonal o *green man* y rojo peatonal o *red man*. Sin embargo, en países del continente asiático y europeo, se añade una fase la cual podría interpretarse como ámbar peatonal la cual es denominada como *flashing green man* (verde peatonal parpadeante). Koh et al. (2014) analiza además una fase ficticia *late flashing green man* (LFGM) la cual consiste en los últimos 5 segundos de verde peatonal.

2.2.4.1. Fases peatonales

Steady green man o verde peatonal continuo (SGM)

Koh et al. (2014) encontró que el 12% de los peatones llegaron al cruce en esta fase. Aunque solamente el 1% de los peatones no logró terminar el cruce antes del cambio del cambio al RM, esto indica que el tiempo total de verde no fue suficiente para algunos peatones, de los cuales pudo haberse encontrado un adulto mayor o peatones con cierto tipo de discapacidad.

Las medidas para evitar este problema consisten en aumentar el tiempo de verde peatonal, y en caso de no ser factible esta medida, colocar medianas o islas que proporcionen seguridad al peatón.

Flashing green man o verde peatonal parpadeante (FGM)

También considerado como el ámbar peatonal. Se recomienda tomar en consideración el tiempo de despeje o *clearance time* (tiempo requerido por los peatones para poder terminar el cruce al final de la fase en verde peatonal) en el diseño (Alhajyaseen & Iryo-Asano, 2014); no obstante, en varias intersecciones se observa que el FGM es menor al tiempo de despeje. El 22% de los peatones llegan al cruce en esta fase de los cuales el 100% deciden cruzar (Koh et al.,2014).

Comparando con los resultados obtenidos por Lee & Lam (2008), encontramos similitud, puesto que ellos encontraron que prácticamente todos los peatones que llegaron en los primeros 7 segundos de los 13 segundos de FGM cruzaron de forma inmediata. Se obtuvo también que el 45% de los peatones que llegaron en esta fase no logaron terminar el cruce antes del cambio al RM. Esta fase inició a los 10 segundos.

Sobre la fase ficticia indicada por Koh et al. (2014) LFGM, se encontró que el 4% de los peatones llegaron al cruce en esta fase de los cuales el 66% decidió cruzar. Al igual que con el FGM, los resultados obtenidos por Lee & Lam (2008) son semejantes: solamente la mitad de los peatones que llegaron en los últimos 6 segundos del FGM (prácticamente equivalente al LFGM) cruzaron. Además, el 100% de los peatones que llegaron en esta fase no lograron terminar el cruce antes del cambio al RM, por lo cual Koh et al. (2014) considera el cruce en esta fase como inseguro y recomienda campañas educativas respecto al cruce tardío y cruce en la fase FGM.

Red man o rojo peatonal (RM)

Respecto el rojo peatonal, Koh et al. (2014) encontró que el 63% de los peatones llegaron al cruce en esta fase, de los cuales el 18% decidió cruzar. Asimismo, el 88% de los infractores cruzó antes de la fase verde peatonal, mientras que el 12% cruzó después. Esto quiere decir, que la mayoría de los peatones decidió esperar una brecha menor a la que aceptan, mientras que algunos cruzaron de forma bastante tardía (en el tiempo de reacción de los conductores).

En el comportamiento de cruce de los peatones existen márgenes de seguridad, estos se refieren a la diferencia de tiempo entre el término de cruce de un peatón con la llegada del vehículo siguiente al cruce. Estas guardan una relación estrecha con las brechas críticas (brechas mínimas aceptadas por los peatones), puesto que si el margen de seguridad resulta ser menor a la brecha aceptada ocurre una alta posibilidad de accidente fatal. Onelcin & Alver (2015) estudiaron los factores que afectan los márgenes de seguridad de los peatones en cruces semaforizados y encontraron que la velocidad de los vehículos tiene la mayor influencia en el margen de seguridad y el tiempo de cruce de los peatones. El margen de seguridad fue menor mientras mayor fue la velocidad del vehículo.

Además, cuando la velocidad fue menor de 30 km/h los peatones comenzaron a cruzar cuando el vehículo estaba a 25 m del cruce, mientras que, cuando esta fue mayor a 30 km/h el cruce solo se dio cuando el vehículo se encontraba entre 25 y 50 metros del cruce.

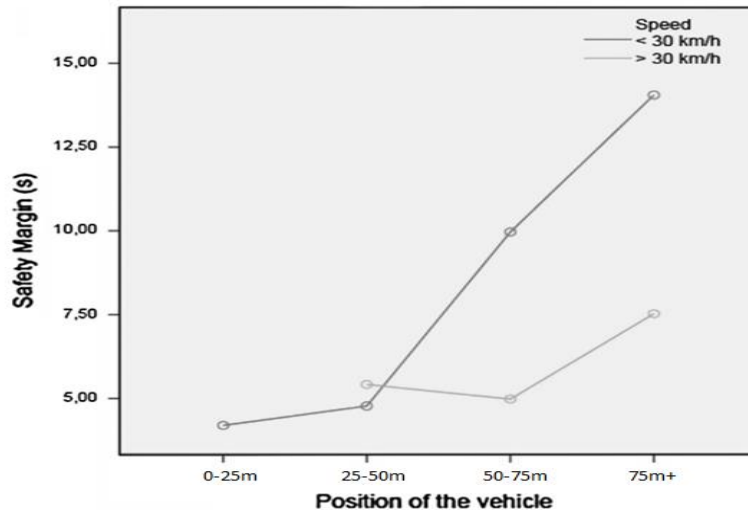


Figura 6: Margen de seguridad de los peatones según velocidad y posición de los vehículos

Fuente: Onelcin & Alver (2015)

Koh & Wong (2014) determinaron las brechas críticas con relación a los *near end crossing* y *far end crossing*. Se obtuvo como resultado que la brecha crítica en la parte del cruce (6.3 segundos) fue mayor que la de la segunda (5.2 segundos). Algunas razones especuladas por el autor son el tiempo de decisión de realizar la infracción en la primera parte del cruce, el riesgo percibido por el peatón al encontrarse en la mediana y el miedo de recibir una sanción de parte del policía al encontrarse ella.

También se observó que el 32% de los infractores cruzaron en brechas rodantes o *Rolling gaps*, es decir brechas en las cuales se genera una situación en la que tanto el peatón como el vehículo se encuentren en la zona de conflicto.

Estos se separaron en dos tipos: el primero es aquel en el que el peatón decide cruzar cuando aún existen vehículos en el área de conflicto (22%) y el segundo es aquel en el peatón aún se encuentra en esta área cuando el siguiente vehículo llega (10%).

Esto evidencia que existe un porcentaje significativo de peatones que acepta brechas pequeñas y que el riesgo percibido de los peatones es menor cuando tienen contacto visual con los vehículos.

Finalmente, Koh & Wong (2014) concluyeron que los 3 factores más determinantes en la aceptación de brechas, o cruce en rojo, fueron el tamaño de la brecha, el tipo de brecha y la parte del cruce. Hubo una mayor aceptación para mayores tamaños de brechas, el primer tipo de brecha rodante y para la parte de cruce *far end*.

2.2.4.2. Cambios de velocidad repentino

Los peatones tienden a acelerar para evitar los conflictos con los vehículos que giran, sean los que realicen el *near end crossing* o los que vengan de la dirección opuesta.

De igual manera los peatones deciden cambiar de velocidad cuando consideran que la velocidad necesaria para cruzar antes de rojo peatonal es mayor o mucho menor que la velocidad actual. Cuando es mayor, los peatones aceleran para poder terminar el cruce en tiempo, mientras que si es mucho menor los peatones pueden llegar a desacelerar si su velocidad actual es mayor a la deseada (Alhajyaseen & Iryo-Asano, 2017).

La identificación de aceleraciones y desaceleraciones en el comportamiento de los peatones ayuda a identificar cuando no hay un correcto diseño del ciclo del semáforo y cuando el tiempo de despeje resulta insuficiente.

Además, la incorporación de aceleraciones y desaceleraciones en un modelo refleja mejores resultados sobre diversos parámetros (por ejemplo: el tiempo de cruce), a comparación de modelos de velocidad constante (Alhajyaseen & Iryo-Asano, 2017).

2.2.4.3. Velocidad peatonal

Onelcin & Alver (2017) recalcan la necesidad de considerar una velocidad peatonal menor a la que se utiliza en los diseños actuales para semáforos. Recomiendan considerar una velocidad de 0.93 m/s (correspondiente al percentil 15 del estudio) para incluir a los adultos mayores y peatones con discapacidad motora, mientras que la velocidad de diseño del reglamento de su país indica una velocidad de 1.4 m/s.

2.2.4.4. Demoras peatonales

Las demoras peatonales son una de las principales razones por las cuales los peatones deciden tener un comportamiento infractor. Mientras mayor sean las demoras generadas para los peatones, estos estarán más propensos a cometer infracciones.

Marisamynathan & Vedagiri (2013) modelaron la demora peatonal en intersecciones semaforizadas incorporando factores del comportamiento peatonal y de la interacción entre el vehículo y el peatón. La demora fue dividida en 3 tipos: demora debido a la espera, al cruce y la interacción con los vehículos.

La demora debido a la espera considera variables respecto al ciclo de semáforo y porcentaje de infractores (7.18 segundos). La demora debido al cruce considera variables respecto la longitud del cruce y velocidad de los peatones (se calculó como la diferencia entre el tiempo de cruce actual y el tiempo de cruce esperado, 0.8 segundos). La demora debido a la interacción con los vehículos considera variables respecto a la brecha aceptada por los peatones y el volumen de vehículos y peatones. Este último resultado ser mayor de 11.78 segundos.

Se puede notar que estas demoras pueden ser reducidas mediante medidas ingenieriles. Por ejemplo, modificando el ciclo del semáforo se puede reducir el primer tipo de demora; ampliando el ancho del crucero, la segunda; y reduciendo la posibilidad de interacciones entre vehículos y peatones, la tercera.

2.2.4.5. Tiempo máximo de espera

Onelcin & Alver (2017) estudiaron la relación entre el tiempo de espera y el porcentaje de infracciones, utilizando como parámetro la duración del tiempo de rojo peatonal y se concluyó que mientras menor sea este, se tienen porcentajes más bajos de violación de la ley. Además, de las encuestas realizadas obtuvieron que el 66% de los peatones aceptarían como tiempo de espera máxima, 45 segundos; mientras que solamente el 11% aceptaría 90 segundos.

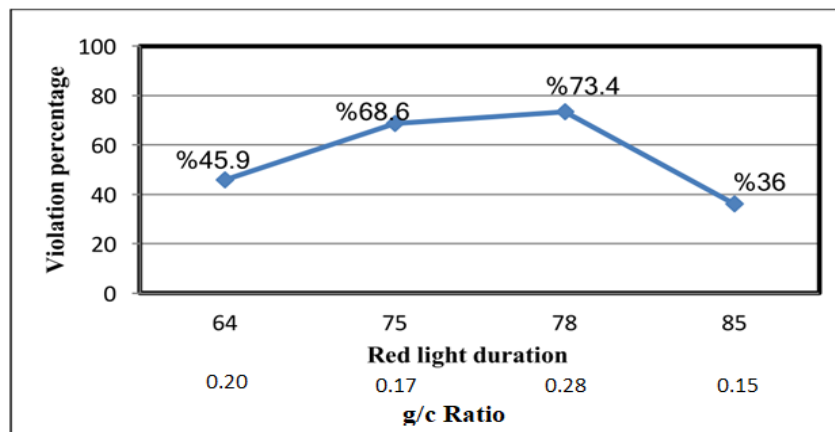


Figura 7: Porcentaje de infractores vs duración y proporción del rojo peatonal

Fuente: Onelcin & Alver (2017)

Al igual que Onelcin & Alver (2017), Brousseau et al. (2013) observaron que, a mayor tiempo de espera, mayor era la proporción de infracciones, de tal forma que un incremento en 10% del tiempo de espera significaba un incremento en 7.9% de infracciones y 2.1% de infracciones peligrosas. Esto concurre con la afirmación de Koh et al. (2014) que establece que mientras menor es el tiempo aceptado de espera, la probabilidad de cruce en rojo es mayor.

2.2.4.6. Ratio del rojo peatonal o verde vehicular respecto al ciclo total del semáforo

Tarko & Tracz (1995) plantearon un modelo que relacionó la frecuencia de siniestros, con el volumen vehicular peatonal y de transporte público. Además del ciclo del semáforo, presencia de medianas o islas y la proporción de vehículos que pasaban el cruce en la fase de verde peatonal. Este último parámetro es caracterizado por el símbolo “u”. Esta proporción está

conformada por los giros permitidos de los vehículos en la fase de rojo peatonal y ciertas excepciones. Cabe mencionar que en el sitio estudiado se obtuvo un u de 0.20.

Respecto al volumen de transporte público, puede considerarse dentro de la variable de volumen peatonal o viceversa si en el lugar de estudio el transporte público genera gran parte del volumen peatonal.

Se puede observar el factor en el porcentaje de siniestros debido al ciclo de semáforo aumenta mientras mayor aumenta el u y la proporción de la fase roja peatonal respecto al ciclo. En la intersección analizada el beneficio de considerar el diseño del ciclo de semáforo llega a ser hasta una reducción a la mitad en siniestros vehiculares. Asimismo, Tarko & Tracz (1995) recomiendan una proporción de 0.6 del rojo peatonal respecto al ciclo como máximo.

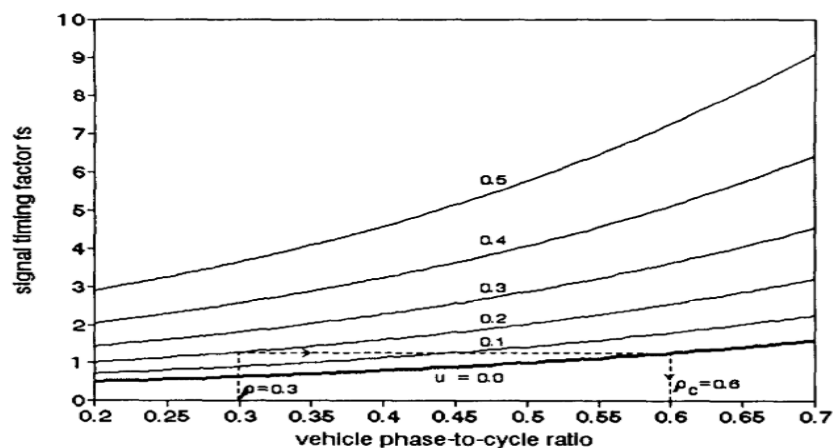


Figura 8: Factor de siniestros debido al ciclo de semáforo respecto a distintas proporciones de rojo peatonal y vehículos que interactúan con los peatones

Fuente: Tarko & Tracz (1995)

Aparentemente puede parecer que evitar todos los conflictos peatonales y vehiculares es la opción más segura ($u=0$), sin embargo, al diseñar un ciclo de semáforos con esta característica la fase de rojo peatonal incrementa, lo cual puede generar efectos contraproducentes, pues el peatón puede volverse impaciente debido al incremento en el tiempo de espera. (Tarko & Tracz, 1995)

Finalmente, en intersecciones con flujos peatonales inusualmente altos se ha propuesto una fase exclusiva para peatones la cual evita todo tipo de conflicto con los vehículos ($u=0$). En estas fases el movimiento vehicular es detenido y el cruce peatonal puede realizarse en varias formas, incluido el cruce en diagonal. Una de las intersecciones más conocidas en aplicar este concepto es la intersección *Scramble Kousaten* en el barrio de Shibuya en Tokio, Japón.

2.3. Comportamiento en puentes peatonales

2.3.1. Antecedentes

En las últimas décadas, se ha evidenciado que el cruce de los peatones a nivel de la vía, en zonas donde existen puentes peatonales, es condenado socialmente como un acto irresponsable e ignorante; se afirma que es provocada por la falta de educación y criterio y, a la vez se considera como un problema que debe ser solucionado por las autoridades competentes: por los integrantes del hogar, alcaldes distritales y municipales e inclusive por el presidente de la República.

Un tema con tan alta relevancia social y tan recurrente en distintos países del mundo no ha pasado desapercibido por los expertos en el tema. Por un lado, los resultados de algunas investigaciones afirman que el principal factor detrás del desuso de los puentes peatonales es la falta de valores cívico-viales (Gallegos, 2012) y educación sobre la seguridad que proveen los puentes peatonales, de parte de los peatones (Abojaradeh, 2013). Esta concepción es la más popular en la sociedad y es mediatizada cuando se presentan noticias con temas afines.

Sin embargo, ciertos autores especializados en el comportamiento y la psicología de los peatones afirmaron con anticipación la gran probabilidad de desuso de los puentes peatonales; por ejemplo, Moore y Older (1965) determinaron que ningún peatón utilizará un puente peatonal si el tiempo de viaje fuese mayor a 1.5 veces el tiempo de viaje requerido por un cruce

a nivel; asimismo, Tanaboriboon y Jing (1994) encontraron que, en Beijing, los peatones prefieren transitar en cruces señalizados en lugar de puentes peatonales. Es decir, incluso antes de la construcción de este tipo de facilidad de cruce se advirtió sobre su posible fracaso, el cual es evidenciado en la actualidad.

De esta manera, múltiples investigaciones han resaltado diversos factores que influyen a los peatones a comportarse de tal forma. Rikko Rasanen (2007) afirma que uno de los principales factores que afectan el uso de los puentes peatonales es el hábito, pues notó que los peatones que frecuentaban la zona eran más propensos a realizar el cruce a nivel que los “primerizos”; Hidalgo-Solórzano et al. (2012) llegaron a la conclusión de que la mayoría de peatones que presentaban este tipo de comportamiento tenían como razones principales la menor cantidad de esfuerzo que representa cruzar a nivel y la falta de necesidad de los puentes peatonales; Metolft y Norby (2013) determinaron que el principal factor en el uso y desuso de los puentes peatonales es la distancia que hay que caminar para llegar al puente peatonal.

Los resultados de la investigación de Hidalgo-Solórzano et al. (2012) ponen en cuestión la efectividad, propósito y accesibilidad de los puentes peatonales. Al encuestar a los peatones sobre la razón del desuso de los puentes peatonales: 30.7 % respondieron que implica mucho esfuerzo, 25.7 % respondieron que pueden cruzar por la calle, 24.8% respondieron que eran muy inseguros -se refiere a la relacionada con la seguridad ciudadana- y 13.8 % respondieron que no podían utilizar el puente peatonal.

Se puede notar, entonces, la falta de propósito del puente peatonal, puesto que el cruce a nivel es factible; la falta de conveniencia, puesto que utilizar puentes peatonales resulta en un esfuerzo mayor; la falta de accesibilidad, ya que más de la décima parte de los peatones no podía hacer uso de los puentes; y, finalmente, los problemas que pueden surgir al construir dicha infraestructura.

2.3.2. Tipos de comportamiento peatonal

2.3.2.1. Propósito

Como se ha explicado con anterioridad, los peatones prefieren cruzar a nivel de la vía que hacer uso de un puente peatonal. Bajo esta línea de pensamiento se podría llegar a la idea de que no existe razón para construir un puente peatonal. Sin embargo, existen ciertas circunstancias en las cuales los puentes peatonales pueden ser adecuados.

En primer lugar, en zonas rurales, los puentes peatonales tienen el propósito de brindar acceso a recursos naturales tales como el agua, la leña, y los cultivos a la comunidad. También son construidos para poder cruzar ríos y quebradas; con lo cual se pueden evitar desvíos inseguros y distancias de viaje muy extensas que comprometen la seguridad de los pobladores. (Department for International Development, 2004)

En zonas urbanas, los puentes peatonales se usan más bien para aislar los flujos peatonales de los flujos vehiculares, colocando al peatón en un nivel superior. Este tipo de uso se debe de considerar cuando las rutas peatonales entran en conflicto con vías de mayor clase (tales como vías expresas y carreteras), vías con flujos vehiculares elevados, cuando la seguridad de los peatones se vea comprometida o cuando las demoras generadas para peatones y vehículos sea significativa. (Miśkiewicz, Pyrzowski & Okraszewska, 2017)

Este tipo de uso genera beneficios cuantificables que han sido estudiados por Li, Cai, & Liu (2012), quienes utilizaron un modelo microscópico aplicando el software *Quadstone Paramics* al cual integraron el modelo de emisiones modales “*Comprehensive Modal Emissions Model*” o CMEM para analizar dos intersecciones con la *Xingangxi Road* de la ciudad de Guangzhou, China: la intersección con Yile Road y la intersección con Shiweitian.

Estos beneficios están asociados a la disminución de demoras vehiculares y peatonales, disminución de emisión de gases contaminantes y disminución del uso de combustibles. Al

2.3.2.2. Necesidad

En determinadas circunstancias, los puentes peatonales son la facilidad de cruce más adecuada, la mayoría de los existentes no caben dentro de este contexto. En una investigación realizada por Stephen Maiseloff en 2016 sobre los puentes peatonales existentes en la ciudad de Detroit, Estados Unidos, se concluyó que no existe ninguna razón que justifique la existencia de estos. De manera contraria, los resultados indican que no son necesarios y en algunos casos han generado un impacto negativo, puesto que se han convertido en lugares inseguros que sirven de refugio para la venta de drogas y vandalismo de parte de los adolescentes.

Inclusive para zonas rurales, el DFID (Department for International Development, 2004) pone en énfasis el análisis de la necesidad de los puentes peatonales, tomándolos como una solución de última instancia, puesto que representa un gran compromiso para las comunidades.

En el manual *“Foodtbridges: A Manual for Construction at Community and District Level”* (Department for International Development, 2004) se proponen otras alternativas de solución para el cruce de ríos y quebradas tales como cunetas cuando se tienen distancias de cruce cortas, balsas o barcos cuando se tienen distancias de cruce largas y teleféricos cuando el flujo peatonal sea bajo.

En zonas urbanas, el Boston Civic Design Commision (2010) hace un énfasis en el impacto sobre el espacio público que tienen los puentes peatonales entre edificios y recalca los efectos negativos que propician estos, como la desvitalización de las calles, la privatización del espacio público y la reducción de la luz ambiental; considerándolos como una solución “raramente aceptable para la ciudad de Boston” y reitera la búsqueda de otras soluciones para resolver conflictos entre peatones y vehículos. De esta forma, añade que no es aceptable la localización de puentes peatonales para desviar el tránsito peatonal que se presente de forma natural en las calles.

Además, la FHWA (Federal Highway Administration, 2006) y la New Zealand Transport Agency (2009) hacen mención sobre la poca practicidad de este tipo de facilidad; poniendo énfasis en su alto costo y la escasa preferencia de uso de los peatones respecto a ella. Esto se debe a distintas razones; en primer lugar, el monto a invertir es tanto que no se pueden colocar en cada lugar de cruce deseado por los peatones; además, varias veces la distancia adicional generada por el puente peatonal desmotiva su uso (si se desea hacer un puente peatonal accesible, la distancia adicional puede llegar a 305 m debido a la necesidad del uso de rampas); y finalmente, en muchos casos se deben desarrollar medidas suplementarias tales como la colocación de barreras o rejas que desincentivan el cruce a nivel de vía.

2.3.2.3. Accesibilidad

Una de las variables más influyentes en la preferencia del uso de distintas facilidades de cruce es la accesibilidad. Entre las características más importantes que determinan la accesibilidad en un puente peatonal se encuentran el ancho, el desnivel, la pendiente y la altura de las barandas. Varias normas y guías asignan un valor para estas características:

Ancho: El ancho de un puente peatonal depende principalmente del flujo peatonal en la zona y de las características de los peatones. En el 2004, el DFID determinó el ancho requerido en un puente peatonal en zonas rurales:

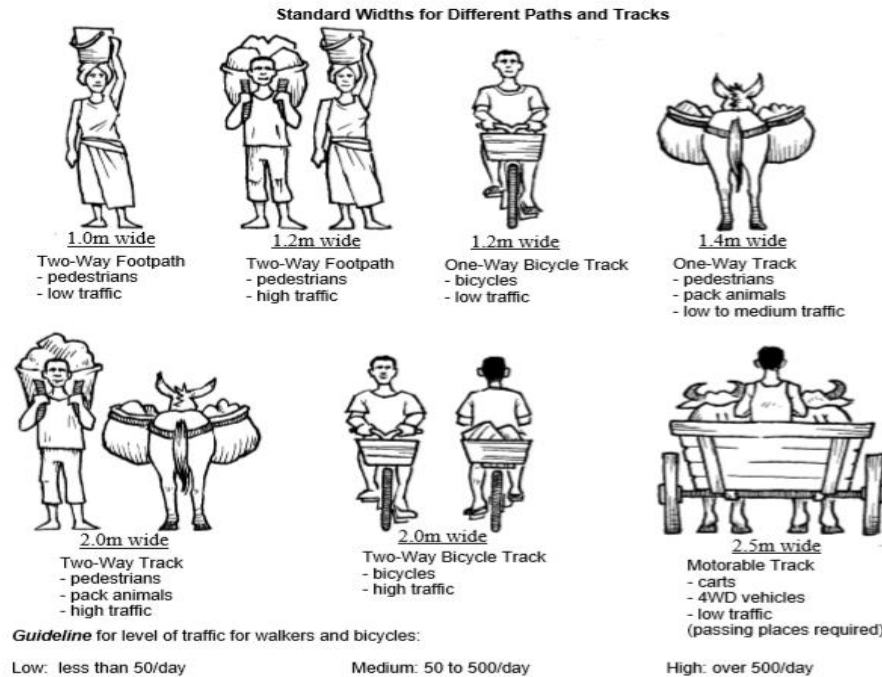


Figura 10: Anchos requeridos para puentes peatonales en zonas rurales

Fuente: Department for International Development, 2004

Para zonas urbanas, la NZ Transport Agency (2009) recomienda un ancho mínimo de 2.4 metros para puentes exclusivamente peatonales.

Desnivel: La altura en la cual se encuentra el puente respecto al nivel de la acera es determinante en la distancia total que deben caminar los peatones, del impacto visual que tienen en el espacio público y del tipo de vehículo que pueda transitar debajo de este. Respecto al valor apropiado que debería tener esta característica la NZ Transport Agency (2009) sugiere una altura menor a 6.5 metros.

Pendiente: Para garantizar la accesibilidad en un puente peatonal es indispensable la colocación de rampas, adicionalmente a las escaleras si es que se estas fuesen consideradas convenientes. Aunque la norma A.120 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017) se encuentra asociada a obras de edificaciones, se suele referenciar el artículo 9, sobre diseños de rampas a obras públicas y de infraestructura. En este artículo se especifican las siguientes pendientes máximas y longitud de descansos mínimos que debería tener la rampa.

Artículo 9.- Las condiciones de diseño de rampas son las siguientes:	
a) El ancho libre mínimo de una rampa será de 90cm. entre los muros que la limitan y deberá mantener los siguientes rangos de pendientes máximas:	
Diferencias de nivel de hasta 0.25 m.	12% de pendiente
Diferencias de nivel de 0.26 hasta 0.75 m.	10% de pendiente
Diferencias de nivel de 0.76 hasta 1.20 m.	8% de pendiente
Diferencias de nivel de 1.21 hasta 1.80 m.	6% de pendiente
Diferencias de nivel de 1.81 hasta 2.00 m.	4% de pendiente
Diferencias de nivel mayores	2% de pendiente
Las diferencias de nivel podrán sortearse empleando medios mecánicos	
b) Los descansos entre tramos de rampa consecutivos, y los espacios horizontales de llegada, tendrán una longitud mínima de 1.20m medida sobre el eje de la rampa.	
c) En el caso de tramos paralelos, el descanso abarcará ambos tramos más el ojo o muro intermedio, y su profundidad mínima será de 1.20m.	

Figura 11: Pendientes máximas y longitud de descansos mínimos para una rampa

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017

Barandas: Para aumentar la seguridad percibida y la seguridad real de un puente peatonal se requiere hacer uso de señalizaciones, garantizar la visibilidad e iluminación, y colocar barandas. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) especifica en el Manual de Puentes, una altura de barandas mínima de 1.10 m. para puentes solo peatonales y, si se añade la posibilidad de tránsito de bicicletas, de 1.40 m.

2.3.3. Factores determinantes en el uso de puentes

2.3.3.1. Factores individuales

La relación que tienen las características individuales de los peatones (edad, género, grado de educación, posesión de licencia de conducir y tamaño del grupo de peatones) con la preferencia de uso de los puentes peatonales puede ser incierta, puesto que en distintas investigaciones se han llegado a diversas conclusiones:

Márquez (2015) determinó que los peatones menos dispuestos a usar los puentes peatonales serían hombres menores de 35 años con nivel de estudios inferior al universitario, así como también Gallegos (2012) recalca la importancia del género al señalar que el género masculino tiene más probabilidades de evitar el uso del puente que el género femenino debido a que existe una mayor falta de conciencia. Sin embargo, estudios como los de Hidalgo-Solórzano et al. (2010), Alver & Onelcin (2018), Räsänen, Lajunen, Alticafarbay, & Aydin

(2007) concluyen con que estas variables individuales de los peatones no fueron variables significativas para determinar el uso o no uso de los puentes peatonales.

2.3.3.2. Factores del entorno

El entorno en el cual se encuentra el puente peatonal tiene una gran importancia en el uso o desuso de este. Las variables que más influyen en el comportamiento peatonal para estas facilidades de cruce son: el flujo y la velocidad vehicular, en ancho de la calzada, la presencia de medianas o islas y la presencia de barreras que imposibiliten el cruce a nivel de la vía.

Flujo y velocidad vehicular: El flujo vehicular alto aumenta el tiempo de cruce que se da a nivel de la vía desincentivando a los peatones a cruzar de esta manera; además, la velocidad vehicular determina la brecha existente de manera que mientras mayor velocidad existe menor será la brecha existente y, por lo tanto, mayor el tiempo de espera del peatón para encontrar la oportunidad de cruce, es decir, cuando la brecha aceptada sea mayor a la brecha existente. (Hasan & Napiah, 2014)

Ancho de calzada y presencia de medianas o islas: El ancho de la calzada y la presencia de islas o medianas van directamente ligados a la longitud total de cruce, la cual es un factor determinante sobre el uso y desuso del puente peatonal. (Abojaradeh, 2013). El ancho de calzada no solo aumenta la distancia del cruce, sino que también permite el desarrollo de una mayor velocidad para los vehículos; mientras que, la presencia de islas o medianas dan la posibilidad de realizar el cruce de la vía por partes y generan zonas de protección para los peatones. Cabe rescatar que este factor debería ser considerado en la etapa de diseño, pues si la calzada no es ancha y presenta medianas o islas no existe necesidad de colocar un puente peatonal.

Presencia de barreras: La presencia de barreras en las medianas es uno de los factores más influyentes, sino el más influyente en el uso y desuso de los puentes peatonales. Sin

embargo, los detalles de la colocación de estas son de gran importancia: la efectividad disminuirá si existen espacios vacíos entre dos módulos (R. A. Hasan & Napiah, 2014) y si la longitud de esta no es suficiente los peatones bordearán las barreras hasta encontrar el punto de cruce deseado. (Hasan & Napiah, 2014; Gallegos, 2012)

2.3.3.3. Variables latentes

Como se indicó anteriormente, las variables latentes son aquellas que no son posibles medir de forma directa, sino que son derivados de variables observables directamente mediante un modelo matemático o estadístico.

Las principales variables latentes correspondientes al comportamiento peatonal en los puentes peatonales son: la percepción de seguridad vial, la percepción de seguridad social, actitudes y preferencias respecto al uso de puente peatonales.

Actitudes: Tanaboriboon y Jing (1994) determinaron que la principal actitud de los peatones en Beijing respecto a las normas de tránsito era el conocimiento, pero el incumplimiento intencionado de estas.

Observaron que, respecto a la suficiencia de facilidades de cruce, que el 53% reportaron insuficiencia, 37%, no podían asegurar y solamente 10% opinaron que eran suficientes. Asimismo, Chancí (2012) encontró que, en Medellín, los peatones consideran a los puentes peatonales como una facilidad de cruce importante pues otorga seguridad y, sin embargo, estos no son utilizados con frecuencia.

Percepciones: Márquez (2015) hace un análisis detallado sobre la variable latente de seguridad respecto al uso de puentes peatonales, y la relaciona con variables individuales (sexo, edad, y nivel de educación) la cual utiliza en un modelo híbrido integrado de elección y variables latentes.

Cabe mencionar que, esta se midió basándose en los siguientes parámetros: frecuencia con la que camina en el área de influencia, frecuencia con la que se usa el puente peatonal, motivo por el que se usa el puente peatonal y sensación de seguridad que genera el puente peatonal.

Los resultados indican que el parámetro más influyente fue la sensación de seguridad que genera el puente peatonal siendo este significativo al 9.21%, seguido de la frecuencia con la que usa el puente peatonal (4.06%), la frecuencia con la que se camina en el área de influencia (1.77%) y el motivo por el que se usa el puente (0.93%). Por lo tanto, concluye que es necesario mejorar las condiciones físicas de los puentes peatonales de modo que generen una mayor sensación de seguridad.

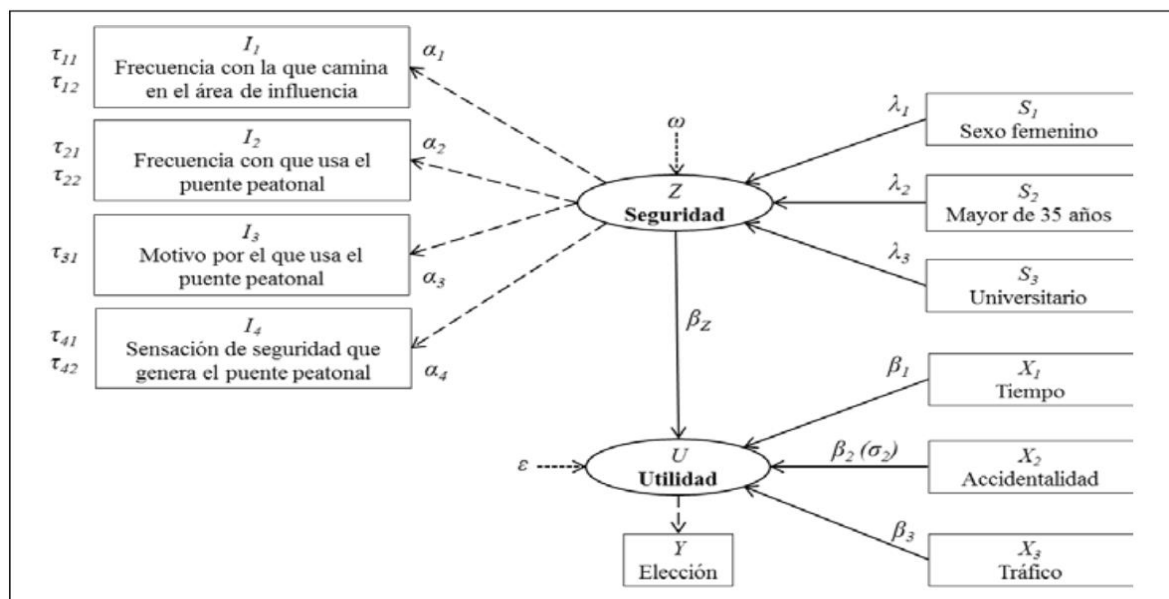


Figura 12: Modelo híbrido de elección y variables latentes

Fuente: Márquez, 2015

Preferencias: Tanaboriboon y Jing (1994) midieron las preferencias de los peatones respecto al uso de distintas facilidades de cruce y encontraron que solamente el 50.7% de los peatones estaban dispuestos a utilizar puentes peatonales. Este bajo porcentaje estaba relacionado a la poca conveniencia que trae utilizarlos, puesto que los peatones no dispuestos afirmaban que se encontraban muy cansados como para subir escaleras, en especial, el género

femenino. Además, solamente el 25% de los entrevistados que manifestaron una insuficiencia de facilidades de cruce demandaron puentes peatonales.

2.3.4. Medidas para incentivar el uso de puentes peatonales

Cuando la necesidad de un puente peatonal es inminente y no exista otra alternativa de solución, se pueden generar situaciones de inseguridad altas si la preferencia de los peatones no lo utilizan. Para ello es necesario dictar medidas que incentiven a los peatones el uso de esta facilidad de cruce considerando los factores para uso y desuso antes mencionados. Estas medidas se pueden categorizar en dos grupos: medidas ingenieriles y medidas reguladoras (*enforcement measurements*).

Medidas ingenieriles: Las medidas ingenieriles son todas aquellas que aseguren la accesibilidad, aumenten la conveniencia y minimicen el tiempo de viaje a través de este tipo de facilidad. En primer lugar, toda medida derivada de un diseño adecuado que sigue los lineamientos dados en manuales o guías a nivel internacional. Además, una medida efectiva que involucra el diseño es añadir escaleras mecánicas o elevadores. Esta última medida es recomendada por Räsänen et al. (2007) y Alver y Onelcin (2018).

Medidas regulatorias o *enforcement measurements*: Las medidas regulatorias son aquellas que obligan al peatón a utilizar el puente castigándolo mediante una multa y/o amonestaciones, o imposibilitando cualquiera alternativa de cruce utilizando; por ejemplo, la presencia de vigilancia o colocación de barreras en la mediana. Esta última medida es recomendada en varios artículos como el de Gallegos (2012), Abojaradeh (2013), Hasan & Napiah (2014, 2017) y Márquez (2015).

Otras medidas alternativas están basadas en teorías conductistas del aprendizaje, específicamente, en el condicionamiento operante. Estas consisten generar un estímulo o consecuencia positiva ante una conducta adecuada. En el caso de los peatones, al utilizar el

puente peatonal, se les premia con una golosina extraída de dispensadores de caramelos ubicados en la mitad de los puentes peatonales (Gallegos, 2012) o la entrega de un certificado de apreciación o buena conducta (Tanaboriboon y Jing, 1994). Una posibilidad cercana por investigar será el sistema de crédito social desarrollado por China, el cual determina la reputación de un ciudadano dependiendo de su conducta, generando méritos por una conducta positiva y restricciones por una conducta negativa.

3. Metodología

La investigación realizada tiene un carácter principalmente cuantitativo. Para desarrollar los objetivos de la presente tesis se realizaron dos diseños de investigación: la primera consistió en realizar observaciones sobre el comportamiento peatonal en las facilidades de cruce encontradas en el perímetro de la PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú); y la segunda, en la toma de datos de las preferencias y actitudes de los usuarios de la PUCP mediante encuestas.

3.1. Observación directa





Las observaciones sobre el comportamiento peatonal en las facilidades de cruce en el perímetro de la PUCP se realizaron in situ a través de videograbaciones en horarios previamente establecidos y anotaciones de los comportamientos observados.




3.1.1. Área de estudio

El área de estudio es el perímetro de la Pontificia Universidad Católica del Perú, ubicada en el distrito de San Miguel, provincia de Lima del departamento de Lima el cual se encuentra en la costa central del Perú.

Las facilidades de cruce estudiadas en esta investigación fueron: cruces peatonales semaforizados en las intersecciones de la avenida Bolívar y la avenida Mariano Cornejo con la avenida Universitaria, cruces no semaforizados en los cruces en que se encuentran conflictos con los vehículos que giran a la derecha en la intersección de la Av. Universitaria con Av. Mariano Cornejo y el que se encuentra en la calle Urubamba; y el puente peatonal en la Av. Universitaria próximo al instituto Idiomas Católica (véase tabla 3 y Figura 13).

Tabla 3: Zonas de casos de estudio

Cruceros Semaforizados		
Zona	Ubicación	Imagen
B	Cruce de la Av. Universitaria con la Av. Mariano Cornejo.	
C	Cruce de la Av. Mariano cornejo con la Av. Universitaria	
D	Cruce de la Av. Bolívar con la Av. Universitaria	
E	Cruce de la Av. Universitaria con la Av. Bolívar (Cerca de EEGGCC)	

Cruceros No semaforizados		
Zona	Ubicación	Imagen
A	Mariano cornejo con Av. Universitaria (vehículos doblan hacia Av. Universitaria)	
G	Entrada auxiliar de la PUCP (Calle Urubamba)	
Puente peatonal*		
Zona	Ubicación	Imagen
F	Av. Universitaria (altura de CeprePUC y del instituto Idiomas Católica)	

Fuente: Propia

*En este caso existe infraestructura con barreras en la mediana, por ello no se realizó la observación directa ya que no se esperarían comportamientos diferentes de cruce, en su defecto, se realizaron encuestas para conocer las actitudes y preferencias de los usuarios del puente peatonal.

A continuación, se muestra el mapa de distribución de las zonas en los alrededores de la PUCP.

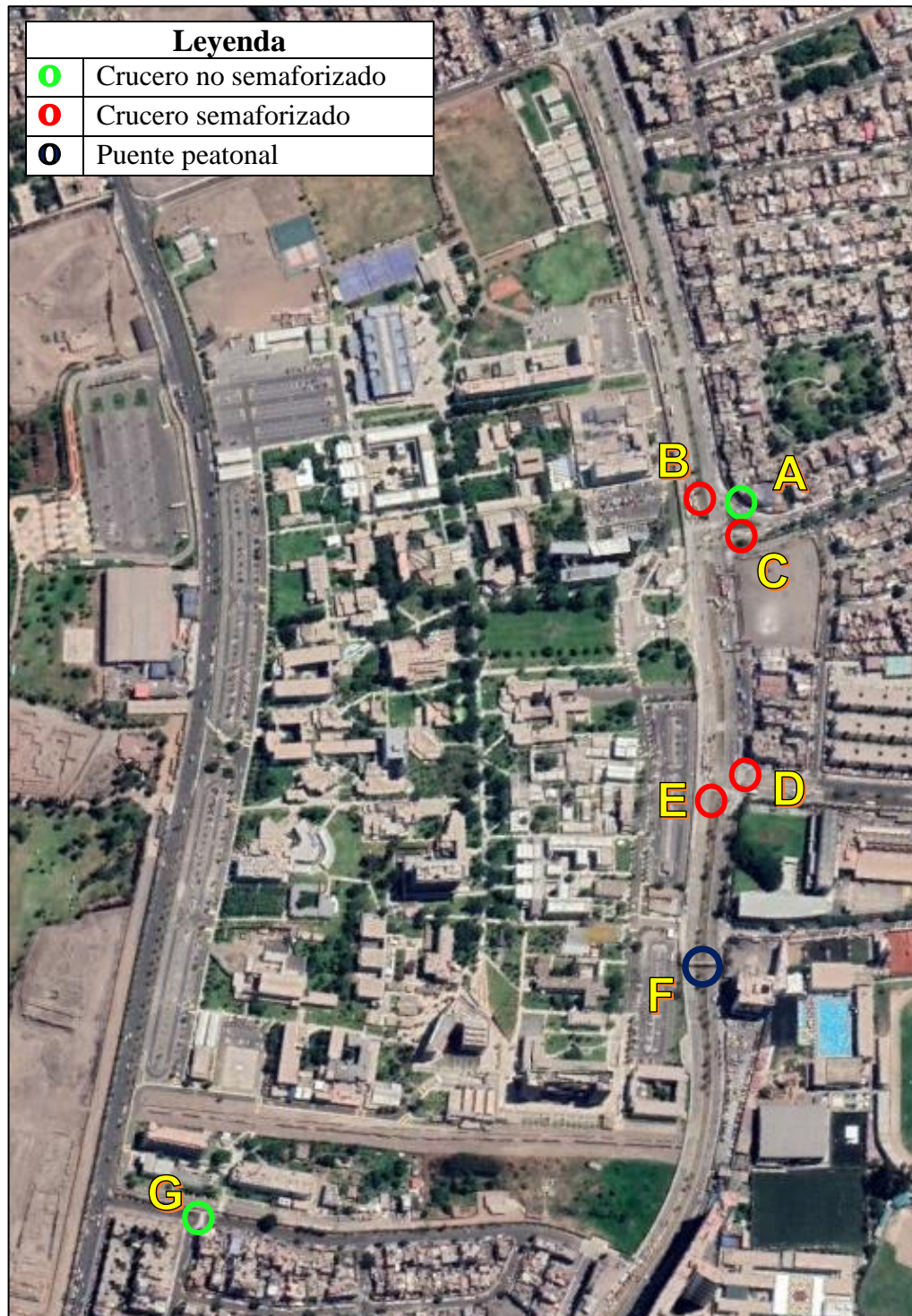


Figura 13: Distribución de lugares de estudio

Fuente: Adaptado de Google Earth, fecha de consulta: 23 de abril 2019

3.1.2. Recolección y análisis de datos

Se realizaron videograbaciones en todas las facilidades de cruces analizadas (mencionadas en áreas de estudio) en las siguientes fechas:

Tabla 4: Fechas de videograbación

Zona	Fecha de videograbación	Zona	Fecha de videograbación
A	1 de abril del 2019	D	8 de abril del 2019
B	9 de abril del 2019	E	10 de abril del 2019
C	3 de abril del 2019	G	2 de abril del 2019

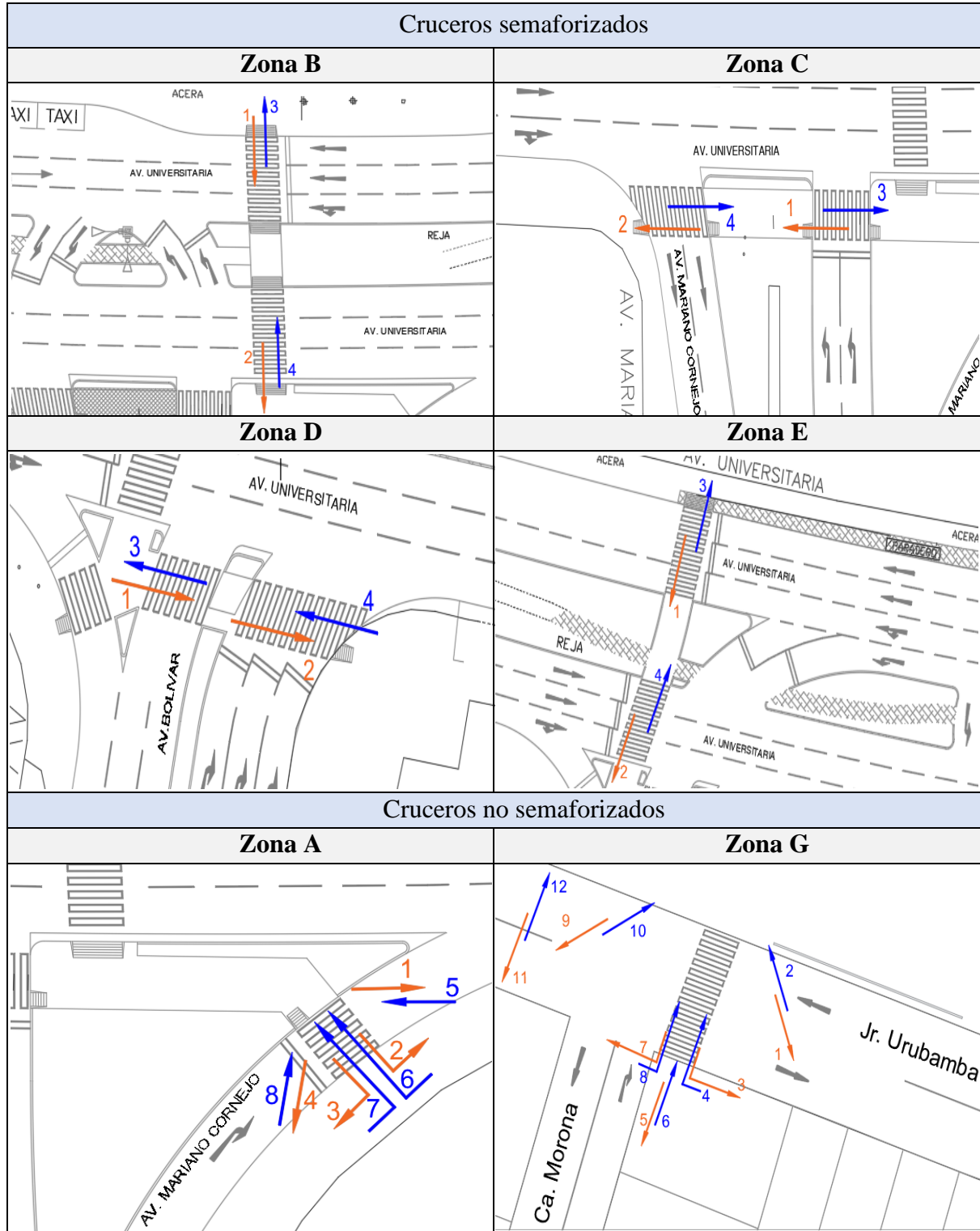
Fuente: Propia

Para cada fecha se consideraron dos horarios representativos: de 7:45 am a 8:45 am (horario de alto ingreso peatonal a la universidad) y 12:30 pm a 1:30 pm (horario de alta salida peatonal de la universidad). Estos corresponden al inicio de clases y al horario de almuerzo respectivamente.

Se midieron de forma visual todas las variables que se pueden cuantificar mediante videograbaciones (flujos peatonales y vehiculares), para ello se identificaron las respectivas alternativas de cruce en el sentido de ida y vuelta a la PUCP. En la tabla 5 se muestran las rutas mencionadas; la numeración sirvió para diferenciar las alternativas de cruce y el conteo de peatones respectivo; los colores fueron usados para diferenciar el sentido de recorrido; el color naranja corresponde a salidas peatonales de PUCP y el color azul a ingreso peatonal a PUCP.

Respecto a los cruces no semaforizados se obtuvo la proporción de vehículos que podían tomar la decisión de ceder o no ceder el paso a peatones y respecto a la cantidad de vehículos que tuvieron esta decisión se obtuvo la proporción de los que ceden el paso. Asimismo, para los cruces semaforizados se determinó la proporción de peatones que cruzaron en rojo y verde peatonal. Además, dentro de cada fase (rojo y verde peatonal) se subdividió cuatro categorías según el tiempo de semáforo: mayor a 15 seg., 15-5 seg., menor a 5 seg. y la posibilidad de carencia del contador regresivo (--).

Tabla 5: Alternativas de cruce



Leyenda: De la PUCP Hacia la PUCP

Fuente: Propia

3.2. Encuestas

3.2.1. Tamaño de muestra

El tipo de muestra a considerar fue una muestra no probabilística y el tamaño de muestra elegido fue de 404 personas. Las encuestas se realizaron tanto de forma presencial como mediante la herramienta de encuestas virtuales *Google Forms*. La elección de esta combinación fue debido a que las encuestas en vivo resultaban tediosas para algunos usuarios y les demandaba tiempo, de esta manera la herramienta de *Google Forms* fue utilizada para los usuarios con menor probabilidad de responder la encuesta presencial, tales como los profesores.

El tamaño mínimo de la muestra para las encuestas fue calculado para una muestra estratificada proporcional (considerando como estratos cada tipo de usuario de la PUCP: alumnos de pregrado, alumnos de posgrado, alumnos de CEPREPUC, personal administrativo y obreros, y profesores). Este se calculó para estimar proporciones y se verificó para aquellas variables en las que se estimaba una media.

$$\frac{Z^2 \sum_{i=1}^n W_i p_i (1 - p_i)}{e^2}, \quad \frac{Z^2 \sum_{i=1}^n W_i \sigma_i^2}{e^2}$$

donde:

- Z (Z=1.96 para un nivel de confianza del 95%)
- n es el número de estratos e i indica un estrato en concreto
- p_i es la proporción de la variable estudiada en cada estrato
- σ_i^2 es la varianza de la variable estudiada en cada estrato
- e es el margen de error aceptado (en este caso 0.05)

Tabla 6: Tamaño mínimo para muestra estratificada

Cantidad de personas en la PUCP según tipo (actualizado hasta el 13/5/2019)				
Pregrado	24372	64.78%	246.34	247
Postgrado	6332	16.83%	64.00	64
Profesores	3125	8.31%	31.59	32
Personal administrativo y obreros	3021	8.03%	30.53	31
CEPREPUC	775	2.06%	7.83	30
Totales (personas)	37625	100.00%	380.29	404

Fuente: Adaptado de Datos Académicos de la PUCP.

Asimismo, para el caso de la zona F (puente peatonal) se realizó una encuesta el día 20 de mayo durante 4 horas de 2:00 pm a 6:00 pm donde se encuestaron a 81 usuarios del puente peatonal entre edades 12 a 62 años.

3.2.2. Recolección y análisis de datos

A través de las encuestas a la muestra de la población “usuarios de la PUCP” se buscó conocer las actitudes frente al cumplimiento de la ley, preferencias y percepciones sobre las facilidades de cruce de los peatones:

- *Actitudes frente al cumplimiento de la ley:*

Mediante un total de ocho preguntas se determinó si existe una relación entre conocimiento de la norma y su cumplimiento, el tipo de comportamiento inadecuado más frecuente, la efectividad de las medidas regulatorias actuales y la razón de su efectividad o ineffectividad. Además, se buscó determinar el monto mínimo de una sanción efectiva para una frecuencia del 100% y una equivalente con la frecuencia de multas que se aplican a los vehículos.

- *Preferencias y percepciones sobre las facilidades de cruce:*

Se realizaron treinta y ocho preguntas respecto a las preferencias y percepciones de los usuarios sobre las facilidades de cruce en general (cruce semaforizados y no semaforizados y puentes peatonales).

Respecto a los cruces no semaforizados se buscó obtener la percepción de los usuarios sobre la seguridad que estos proporcionan, sobre el derecho de paso, y sobre las medidas que lo garantizan. Luego, en cuanto a los cruces semaforizados, las preguntas realizadas se relacionaron con la razón del cruce en rojo peatonal, de las actitudes y preferencias de los usuarios antes de cruzar.

Además, para los puentes peatonales, se evaluaron características como la accesibilidad, la distancia y el tiempo requerido y la necesidad de estos. Finalmente, se determinó el tiempo máximo que estarían dispuestos a esperar los usuarios en cruces semaforizados y no semaforizados.

- *Análisis del comportamiento en los puentes peatonales:*

Al igual que en las encuestas para los usuarios de la PUCP se evaluó la preferencia de los usuarios del puente peatonal respecto a determinadas características (accesibilidad, la distancia y el tiempo requerido y la necesidad). Además, se cuestionó la distancia a la cual los peatones decidirían colocar un cruce a nivel para no utilizar el puente peatonal.

Cabe resaltar que, los resultados fueron sujetos a distintos sesgos: en las encuestas de los puentes peatonales insitu el sesgo más determinante fue el de “no respuesta” (*non response bias*); mientras que, en las encuestas realizadas para los usuarios de la PUCP predominó el sesgo de selección (*selection bias*).

4. Resultados

4.1. Normas de tránsito

Los peatones consideran que conocen las leyes de tránsito y que las respetan (véase figura 14); sin embargo, la proporción de peatones que reporta que no realiza ningún comportamiento inadecuado es de 38%. Entre los comportamientos inadecuados que se dan con mayor frecuencia, observamos el cruce a mitad de la calle/ en diagonal (48%), cruzar en rojo (39%) y cruce debajo del puente peatonal (6%). Además, se encontró que el 43% de los encuestados suele cruzar corriendo (veáse figura 15).

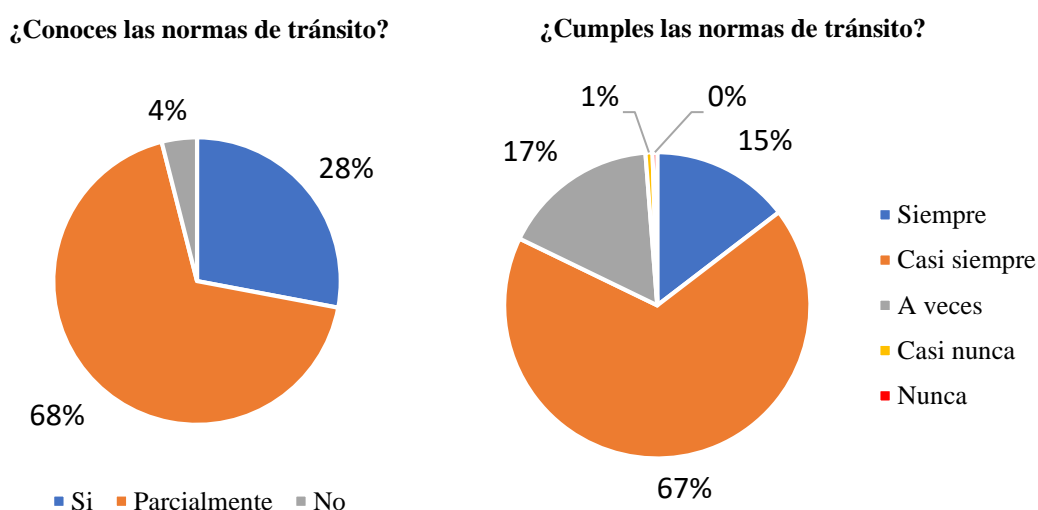


Figura 14: Conocimiento y cumplimiento de la norma de tránsito

Fuente: Propia

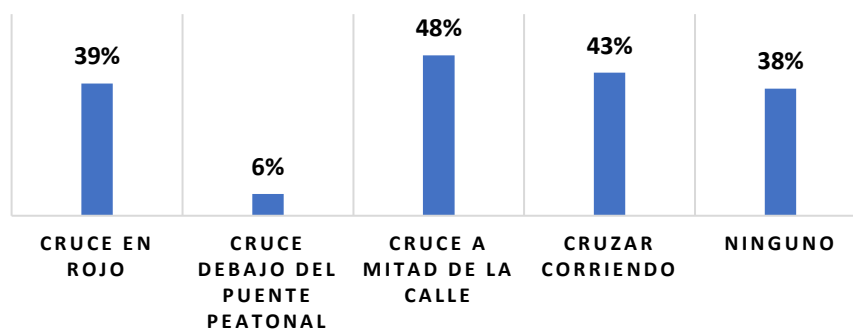


Figura 15: Tipos de comportamiento inadecuados más frecuentes.

Fuente: Propia

El monto actual de las sanciones por incumplimiento de las normas de tránsito peatonales puede ser hasta S./ 84.00 (2% UIT). Solamente el 19% de los encuestados conocía la existencia de esta sanción.

Como se puede ver en la figura 16, el 23% afirma que el monto de S./84.00 los desalienta a cruzar indebidamente, el 22% de los encuestados considera que el monto será desalentador siempre que haya policía y solamente el 4% de los encuestados considera que el monto es muy bajo.

Además, el 21% de los encuestados consideran que las autoridades no conocen la norma y el 11% de los encuestados considera que, aunque la conocieran no estarían presentes para observar el comportamiento peatonal. Asimismo, el 19% de los encuestados afirma que la existencia o inexistencia de la multa no influye en su comportamiento.

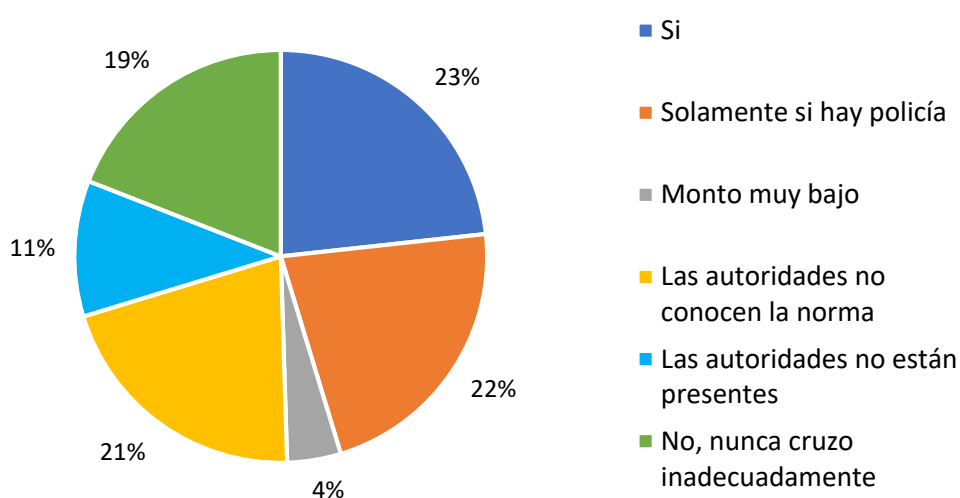


Figura 16: ¿La multa desalienta a los peatones?

Fuente: Propia

Denotamos que, un factor muy importante por la cual no es efectiva la medida regulatoria es el desconocimiento de la norma. Además, podemos observar que la baja frecuencia con la cual se aplican estas medidas y el sentido de impunidad son otros motivos por los cuales no es efectiva la medida.

En comparación con los países Suiza, Austria y Suecia (Johansson & Leden, 2007) donde se realizaron cambios en las normas sin la implementación de medidas adicionales, no se obtuvo cambios en la tasa de siniestros que involucraron peatones; en la presente investigación se ha registrado que, de igual manera en Perú no existe una medida regulatoria que tenga influencia significativa en el comportamiento peatonal.

Podemos observar en la figura 17, que las opciones alternativas que ofrecen la norma de tránsito peruana son más desalentadoras que la multa, por lo cual se podría considerar cambiar el enfoque de estas medidas regulatorias.

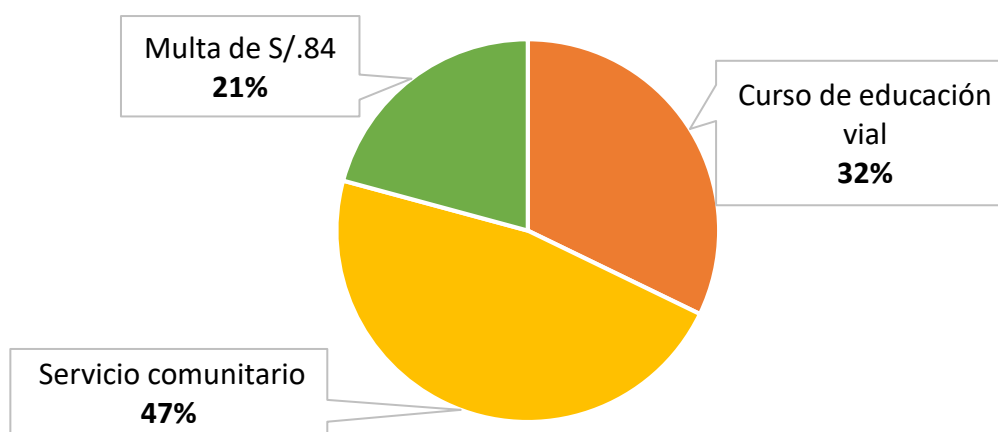


Figura 17: Sanción más desalentadora para encuestados

Fuente: Propia

Finalmente, respecto a los montos que desalentarían a los usuarios de cruzar de manera inadecuada se obtuvieron respuestas muy variadas y por lo tanto no se pudo concluir ninguna correlación. Se realizaron dos preguntas, una referida al monto mínimo que desalentaría a los usuarios si la sanción se aplicara cada vez que cruzaran de manera inadecuada; y otra, si estas se aplicarían con la misma frecuencia que las sanciones para vehículos.

Una de las respuestas obtenidas fue que estos preferirían cruzar de manera adecuada antes que pagar cualquier monto (7.92% de los encuestados), mientras que otra fue que la sanción debería ser suficientemente alta como para que ningún peatón cruce de forma inadecuada

(6.68% de los encuestados). Además, el 57.7% de los encuestados contestó con el mismo monto para ambas preguntas. Esto podría significar que la frecuencia no es un factor relevante o que los usuarios perciben que esta es igual en ambos casos.

4.2. Facilidades de cruce

4.2.1. Análisis de cruceiros no semaforizados

En la figura 18 podemos observar que los flujos peatonales desde la universidad aumentan en la tarde en ambos cruceiros, mientras que aquellos que se dirigen hacia la universidad permanecen constantes. Además, se registró en la zona A que, del flujo peatonal total solamente entre 29 a 60% de los peatones hace uso del cruceiro, mientras que en la zona G el porcentaje obtenido fue entre el 80% al 90%.

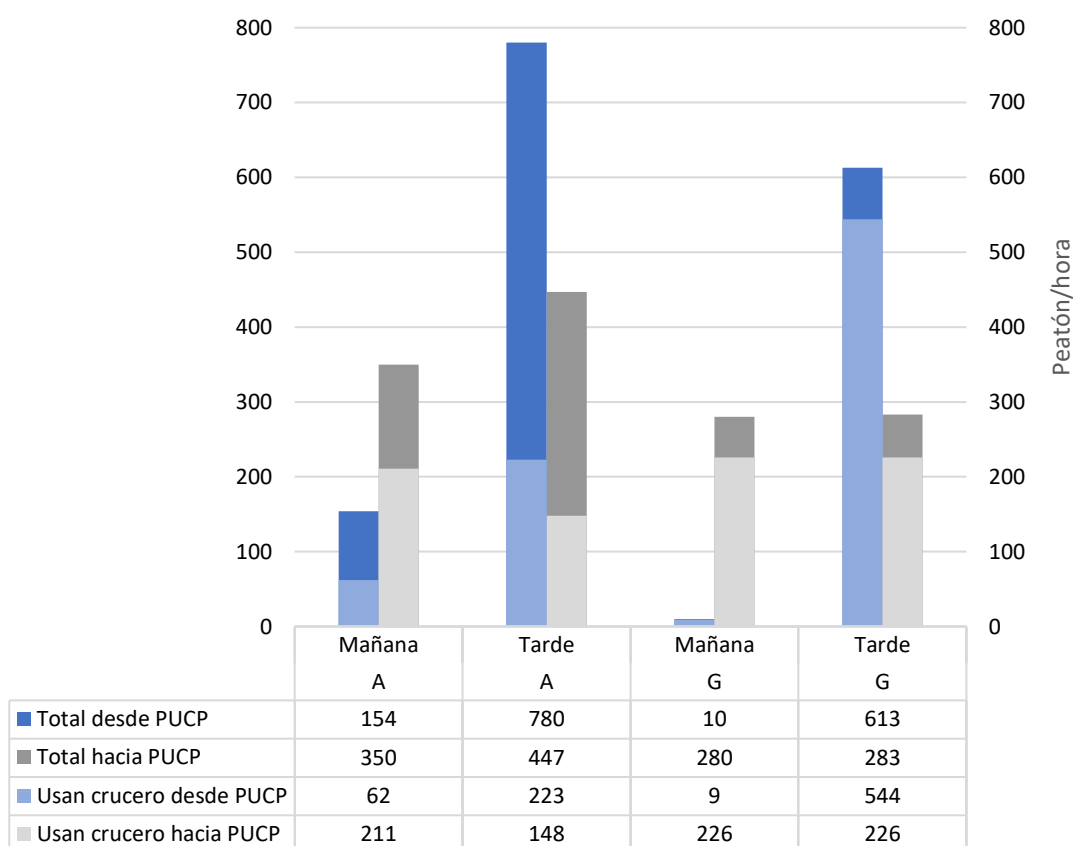


Figura 18: Comparación de flujos peatonales (peatón/ hora) en los cruceiros no semaforizados
Fuente: Propia

Se ha registrado en el cruce A, para las diferentes rutas, que un 62.80% del total de peatones observados prefieren cruzar en diagonal. Además, se observó que los peatones que cruzan de esta manera toman la decisión de acuerdo a la visibilidad que tienen de los vehículos, la decisión de cruce del grupo con el que se trasladan, la accesibilidad de las rutas y a la urgencia que tienen de moverse.

En el caso de la zona G el análisis es diferente ya que en este caso hay hasta 6 diferentes caminos que puede tomar el peatón, siendo 12 las alternativas de cruce, del total de peatones que transitaron en ambas direcciones solo cruzaron en diagonal o a mitad de la calle (ruta 11 y 12) el 15.26%.

La diferencia podría radicar en que el cruce de la zona G conecta directamente la esquina de la calle Morona con la puerta de salida de la PUCP y la universidad ha colocado barreras en la salida para restringir un cruce inadecuado y guiar a los peatones hacia las líneas peatonales. Esta medida genera que la alternativa de cruce más rápida y conveniente sea utilizar el cruce peatonal.

La visibilidad de los vehículos es uno de los factores que considera el peatón para tomar la decisión de cruce en la zona A. Por ejemplo, en el sentido de ida hacia la PUCP, se registró en la ruta 8 (cruce en diagonal sin visión de vehículos) un 32% de preferencia respecto a la ruta 7 (cruce por líneas peatonales). Mientras que, en el sentido desde la PUCP: la ruta 4 (cruce en diagonal con visión de vehículos) tuvo un 58.80% de preferencia, respecto a la ruta de cruce 3 (cruce por líneas peatonales).

Por otro lado, utilizar la ruta 6 de la zona A implicaba recorrer una mayor distancia. Por ello, solo se registró una preferencia del 1.45% respecto a la ruta 5. La visibilidad de los vehículos que se tiene en esta alternativa es completa, lo que le da mayor confianza al peatón para realizar un cruce en diagonal.

De la encuesta realizada el 59.16% afirma que al cruzar en esta facilidad de cruce prefiere hacerlo en grupo con otros peatones y/o grupos cercanos (amigos, familiares). Dentro de la observación insitu en la zona A se destacó que gran cantidad de peatones basa su decisión de cruce en el factor grupal y en muchos casos, la ruta escogida se ve influenciada por la decisión de un miembro que va delante o líder.

Tal es el caso observado en la figura 19: se ve que el grupo sigue al primero en marcar la tendencia de cruce en diagonal (veáse 19-1); como consecuencia los dos peatones que iban a tomar la ruta 3 como se ve en 19-2 siguieron a los demás en el cruce en diagonal (veáse 19-3).



Figura 19: Secuencia de cruce de grupo de peatones

Fuente: Propia

La accesibilidad de la ruta de cruce en el caso de la zona A es baja (veáse figura 20). En consecuencia, los peatones cambian su decisión de cruce debido a la presencia de arbustos y una vereda de ancho reducido para paso peatonal. Se registró que, del total de peatones que se movilizaban de la isla hacia la acera (ruta 1 y 4), el 69.5% ha preferido cruzar de forma diagonal; los que iban hacia la isla prefirieron cruzar de forma diagonal (ruta 5 y ruta 8) el 55%.



Figura 20: Peatones cruzan en diagonal ante la saturación del pase peatonal

Fuente: Propia

Se obtuvo que el 68.8% considera que cruzar por el cruce no semaforizado es similar a cruzar por la calzada; es decir que, para los peatones, cruzar en diagonal y/o a mitad de la calle es una forma de cruce válida y este juicio se ve reflejado en sus acciones.

Solo el 11% considera que los cruces no semaforizados están bien ubicados, esta afirmación guarda relación con su comportamiento de preferir cruzar por la calzada; además el 75.5% considera que esta facilidad de cruce es insegura.

Por otro lado, la urgencia que tienen los peatones al movilizarse influye en su decisión de cruce: en el horario de la tarde (alrededor de la 1 p.m), registrado en la zona A, se encontró que todas las proporciones de preferencia de cruce en diagonal se vieron incrementadas (ver tabla 7). Se hace una distinción entre los que cruzaron con una adecuada visualización de los vehículos y los que no, dado que este es un factor que considera el peatón al decidir cruzar en diagonal.

Tabla 7: Incremento debido a urgencia de cruce en el cruce A

	Rutas de cruce en diagonal			
	Sin visión de vehículos	Con visión de vehículos	Con visión de vehículos	Sin visión de vehículos
	Prefiere ruta 1	Prefiere ruta 4	Prefiere ruta 5	Prefiere ruta 8
7:45-8:45 am	77.78%	50.00%	96.34%	22.39%
12:30-1:30 pm	80.05%	61.28%	99.48%	42.13%

Fuente: Propia

Acerca de la interacción vehículo peatón, el 74.26% de los encuestados consideran que los peatones deberían tener el derecho de paso, de igual manera el 79.21% perciben que los vehículos no suelen ceder el paso a los peatones y el 68.81% opinan que la mayoría de vehículos viaja a demasiada velocidad como para ceder el paso. Como consecuencia, el 66.83% de peatones prefiere esperar y ceder el paso a vehículos.

De acuerdo a lo observado en la zona A el 90.20% de vehículos que pueden ceder el paso a peatones deciden no hacerlo, de igual manera, en la zona G el 98.05% no cedió el paso a peatones durante el tiempo de observación.

En comparación con casos similares a la zona de estudio (exteriores de PUCP), en exteriores de la Beijing University of Technology nadie cedió el paso (Shit el al, 2007); por otro lado, en exteriores de las afueras del campus North Carolina State University el 33.6% cedió el paso a peatones. (Schroeder & Roupail, 2011)

En ambas zonas casos se observó de forma directa, lo afirmado por Gorrini et al. (2018), que mientras mayor era la cantidad de vehículos, menor era la tasa de conductores que cedían el paso. Se observó que el flujo de vehículos en la zona A (un carril) es menor a la zona G (2 carriles, doble sentido) y que los vehículos en la zona G circulaban a mayor velocidad. Esta característica es afirmada por Gorrini et. al (2018), mientras mayor es la cantidad de vehículos menor es la tasa de cedencia.

En el caso de la zona G se pudo comprobar que la tasa de cedencia de los vehículos que doblan de la calle Morona hacia Jr. Urubamba y en sentido inverso es mayor a la tasa de cedencia de vehículos que circulan a través del mismo Jr. Urubamba. Se registró que para los vehículos que circulaban a lo largo de Jr. Urubamba, el 1.19% cedió el paso y 4.21% de los vehículos que giraban hacia/desde Morona.

Para la misma zona, solamente el 0.58% de los vehículos cedió el paso en el turno de la mañana, mientras que el 3.43% de los vehículos cedió el paso en el turno de la tarde, esta diferencia se debe al aumento del flujo peatonal y la disminución del flujo vehicular en el horario 12:30-1:30 pm. Como respaldo de lo observado, Shiet et. al (2007) concluyeron que, los conductores tienden a ceder el paso más frecuentemente cuanto mayor es el grupo de peatones cruzando.

Para el caso de la zona A, en el turno de mañana se ha registrado que 88 vehículos de los 251 que circularon pudieron decidir si ceder el paso o no, de ellos solo el 6.8% ha decidido ceder el paso. Asimismo, en el turno de tarde se ha registrado que 126 vehículos de los 247 que circularon tuvieron la opción de decidir, y el 11.9% decidió ceder el paso. El porcentaje de vehículos que ceden el paso se ha incrementado en la zona A en el turno tarde como consecuencia del flujo peatonal alto, y la mayoría de los vehículos cedió el paso por la gran cantidad de peatones que encontraron.

Adicionalmente, como vemos en la figura 21, los vehículos se detenían en el cruce peatonal con frecuencia, ya sea para usar el teléfono o subir/dejar personas impidiendo el flujo adecuado de peatones a través del cruce. Esto afecta en la decisión de cruce de los peatones, ya que reduce la zona de paso peatonal y los incentiva a cruzar de forma inadecuada y riesgosa.



Figura 21: Vehículos se estacionan en cruce no semaforizado (zona G)

Fuente: Propia

Respecto a las medidas que se consideran en distintos cruces no semaforizados, la mayoría de los peatones asegura que la presencia de reductores de velocidad facilita el cruce peatonal; asimismo, la presencia de la policía refuerza el derecho de paso y en menor medida la presencia de señalizaciones. (véase figura 22)

Finalmente, la mayoría considera que se deberían de tomar medidas regulatorias para mejorar la interacción vehículo-peatón (% de vehículos que ceden el paso) y el comportamiento peatonal en esta facilidad de cruce.

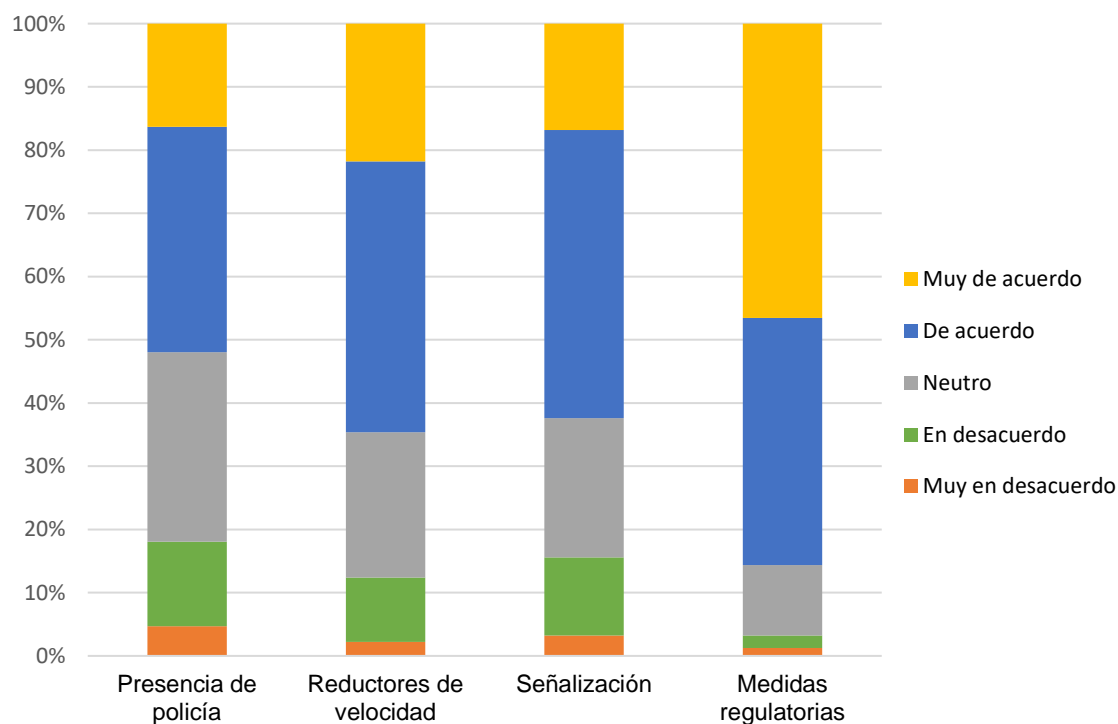


Figura 22: Medidas para priorizar el cruce peatonal

Fuente: Propia

4.2.2. Análisis de cruces semaforizados

En cuanto a los ciclos del semáforo se obtuvo una medida similar entre las zonas B y E (las cuales estaban ubicadas en la Av. Universitaria) y entre las zonas C y D (las cuales estaban ubicadas en las avenidas Mariano Cornejo y Bolívar) (veáse figura 23).

La proporción de rojo peatonal respecto al ciclo total para las zonas B, C, D y E son de: 0.66, 0.43, 0.39 y 0.63 respectivamente, y el ciclo total es de 180 segundos con ciertas variaciones a determinadas horas.

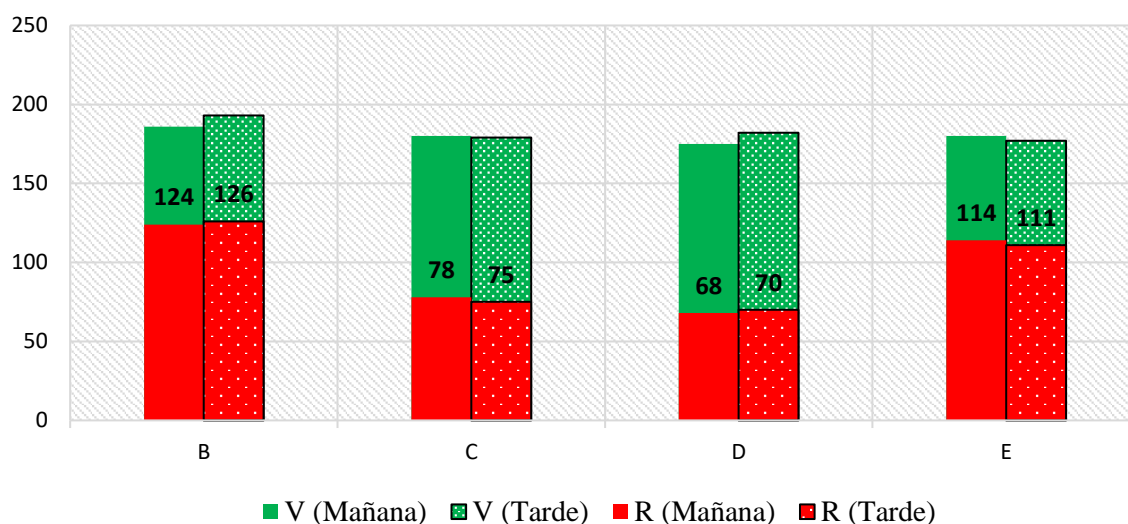


Figura 23: Ciclos de semáforo promedio en los cruces semaforizados observados

Fuente: Propia

Además de las variaciones, los semáforos presentaron una serie de problemas con sus contadores. El primer problema observado fue que, debido a que las fases eran mayores que 99 segundos (tiempo máximo que muestran sus contadores): en los cruces B, C y D, la fase se separó en dos (99 segundos y la diferencia) y en el cruce E el contador mostró “99 segundos” durante la diferencia de tiempo.

Asimismo, en el caso del turno de la tarde del cruce E, el contador no mostró ningún tiempo en el 30% de las fases. En general, se encontraron dos problemas recurrentes en los semáforos los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 8: Problemas con el semáforo en los distintos cruces semaforizados

Problemas						
Cruce	Turno	Fase	Cambio de fase repentino		Fase continúa después del 0	
			Promedio (s)	% incidencia	Promedio (s)	% incidencia
B	7:45 - 8:45	R	15	35%	18	35%
		V	16	35%	14	40%
	12:30 - 13:30	R	9	47%	16	26%
		V	10	50%	15	33%
C	7:45 - 8:45	R	-	0%	24	5%
		V	-	0%	13	5%
	12:30- 13:30	R	18	14%	28	10%
		V	9	10%	8	10%
D	7:45 - 8:45	R	21	38%	27	33%
		V	23	29%	18	33%
	12:30- 13:30	R	18	25%	26	15%
		V	20	19%	18	14%
E	7:45 - 8:45	R	-	0%	-	0%
		V	-	0%	-	0%
	12:30- 13:30	R	25	14%	14	24%
		V	17	10%	3	5%

Fuente: Propia

Podemos evidenciar mediante la siguiente figura, el efecto que tienen los problemas del contador del semáforo en el comportamiento de los peatones. Se observa que el peatón inicia el cruce en la fase de verde peatonal (véase figura 24-1) y esta al cambiar repentinamente, faltando 15 segundos, pone al peatón en una situación insegura y decide correr. (véase figura 24-2)

**Figura 24: Influencia del cambio repentino de fase en el comportamiento peatonal.**

Fuente: Propia

En cuanto al flujo peatonal, se encontró que aquel que provenía desde la universidad (alternativas de cruce 1 y 2) aumentó en el segundo horario, mientras que, el flujo peatonal que llegaba a la universidad (alternativas de cruce 3 y 4) disminuyó. (veáse Figura 25)

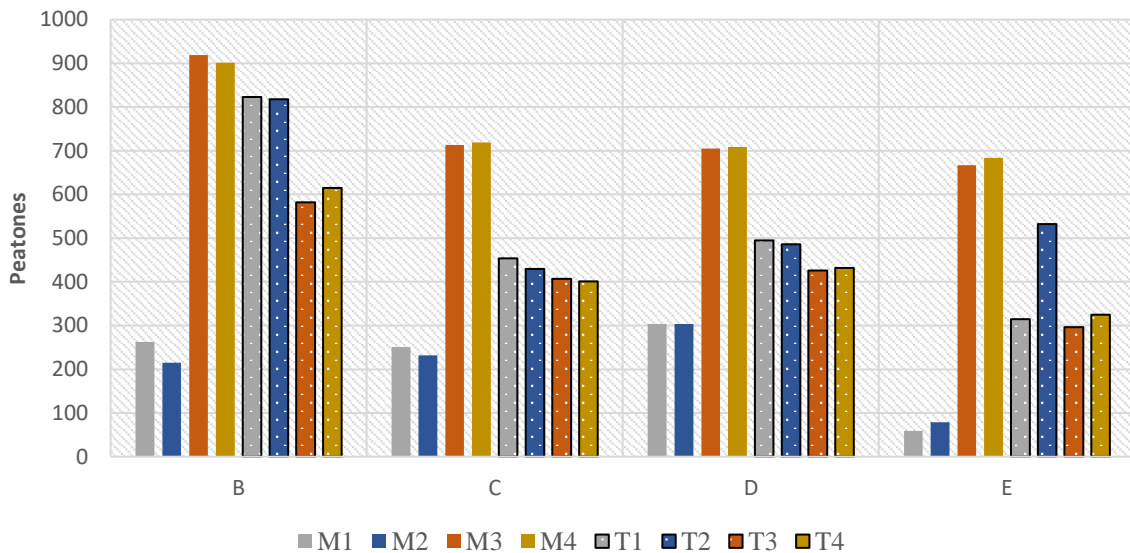


Figura 25: Flujos peatonales en los cruces semaforizados observados.

M: Mañana T: Tarde

Fuente: Propia

Además, se notó que la cantidad de peatones que usaban la ciclovía como vereda (la cual se estimó como la diferencia entre alternativas de cruce 1-2 y 3-4) fue escasa con excepción de la zona E, en el sentido desde la universidad (1-2). El porcentaje de los peatones que usaron la ciclovía como vereda fue de 25% y de 41% en la mañana y en la tarde respectivamente.

Los principales factores que influenciaron este comportamiento fueron la ausencia de barreras en el primer tramo o *near end crossing*, la visibilidad que tenían los peatones de los vehículos con los cuales podrían interactuar y el aumento de la brecha que significó realizar un cruce a mitad de la cuadra.

El cruce en diagonal se realizaba con una mayor distancia si el semáforo indicaba verde peatonal (figura 26-1), y con una menor exposición si el semáforo indicaba rojo peatonal

(figura 26-2). Es decir, el uso de la ciclovía como vereda se daba en una mayor longitud cuando la fase era de rojo peatonal.



Figura 26: Cruce en diagonal y uso de la ciclovía como vereda.
Fuente: Propia

Respecto a la variación del flujo peatonal en el tiempo se muestra:

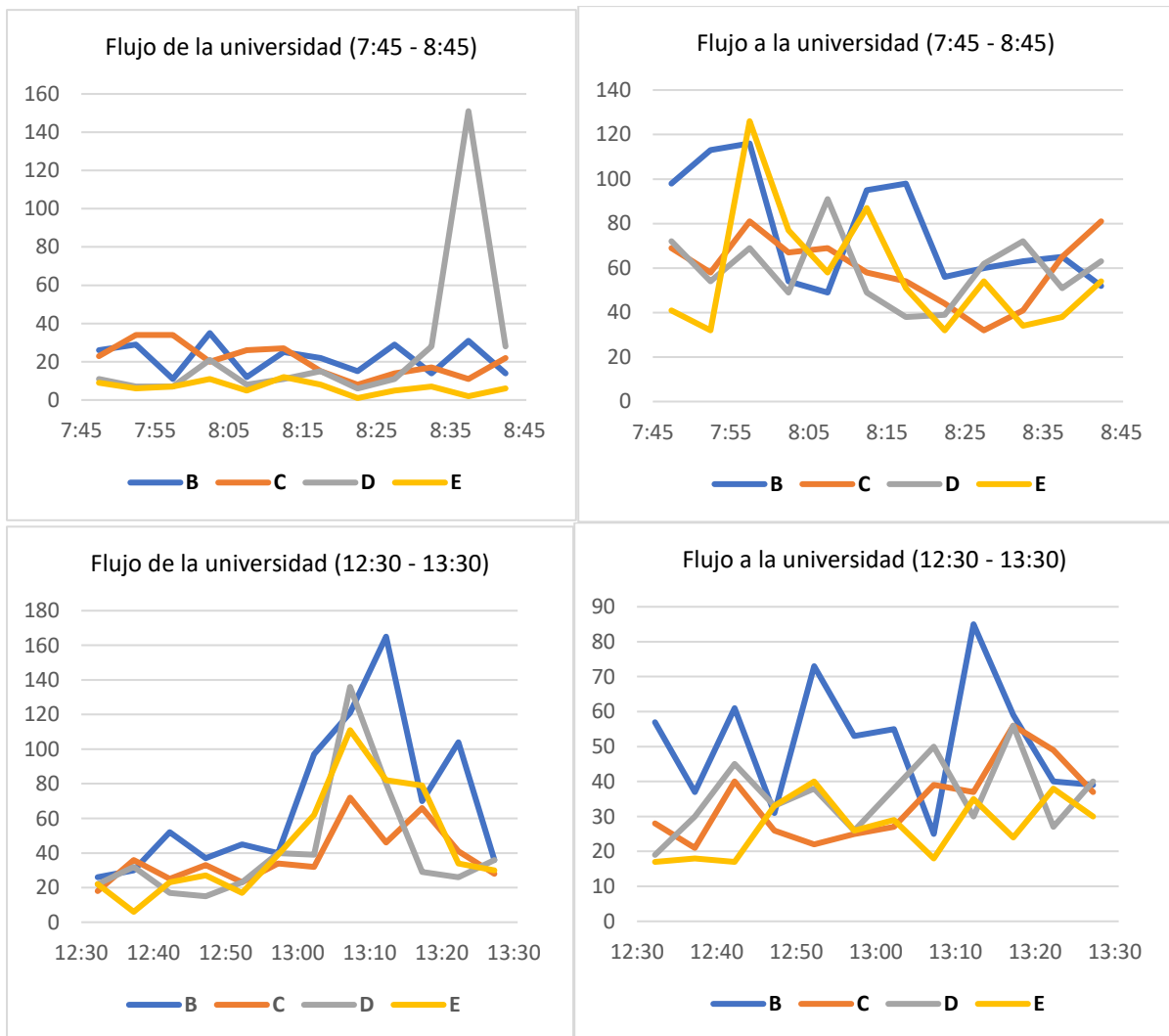


Figura 27: Variación del flujo peatonal en el tiempo.
Fuente: Propia

En el primer horario entre las 7:45 a.m y 8:45 a.m se observó un pico en cruceo semaforizado D entre las 8:35 a.m y 8:40 a.m debido al incremento del flujo peatonal por los estudiantes del instituto Idiomas Católica; no obstante, en el resto de la hora se observa un flujo peatonal mínimo y constante. (véase figura 27)

El flujo peatonal a la universidad en este horario presenta varios picos entre las 7:55 a.m a 8:15 a.m. Esto se debe a que el horario de varias clases en la universidad comienza a las 8:00 a.m. En el segundo horario entre las 12:30 p.m. a 1:30 p.m. se observó un pico entre la 1:05 p.m a 1:15 p.m correspondiente al incremento de flujo peatonal en el sentido desde la universidad, el cual estuvo compuesto principalmente por los estudiantes de la PUCP que se dirigen a almorzar en las afueras de la universidad. De manera similar, se pueden observar fluctuaciones en el flujo peatonal hacia la universidad correspondientes a los estudiantes que ingresan a la universidad en el horario de tarde.

Respecto a los flujos vehiculares, se observó que estos se redujeron en el segundo horario (entre 5 a 24%), pero no de manera significativa (véase figura 28). En cuanto a su variación en el tiempo de cada horario, estos se mantuvieron prácticamente constantes.

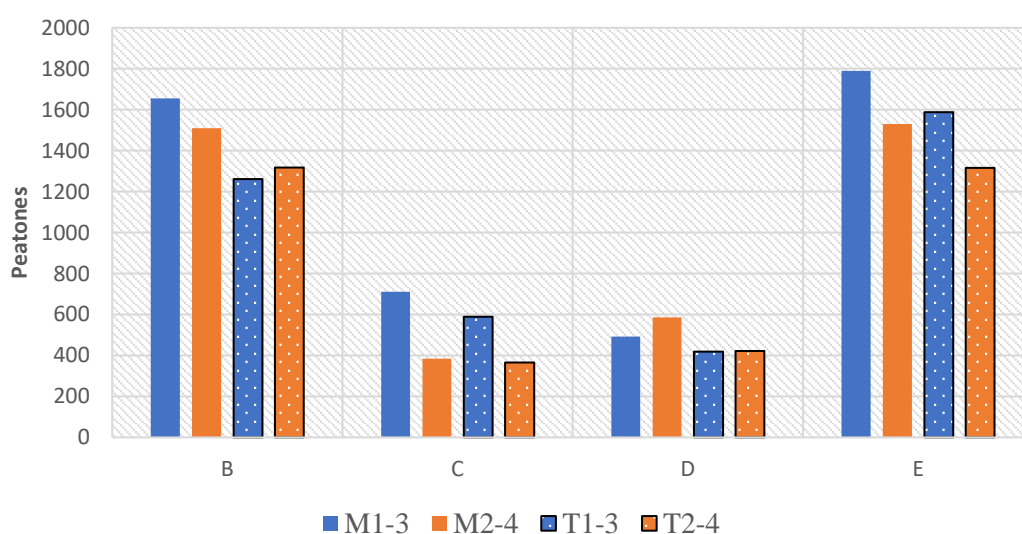


Figura 28: Flujos vehiculares en los crucesos semaforizados observados.

M: Mañana T: Tarde

Fuente: Propia

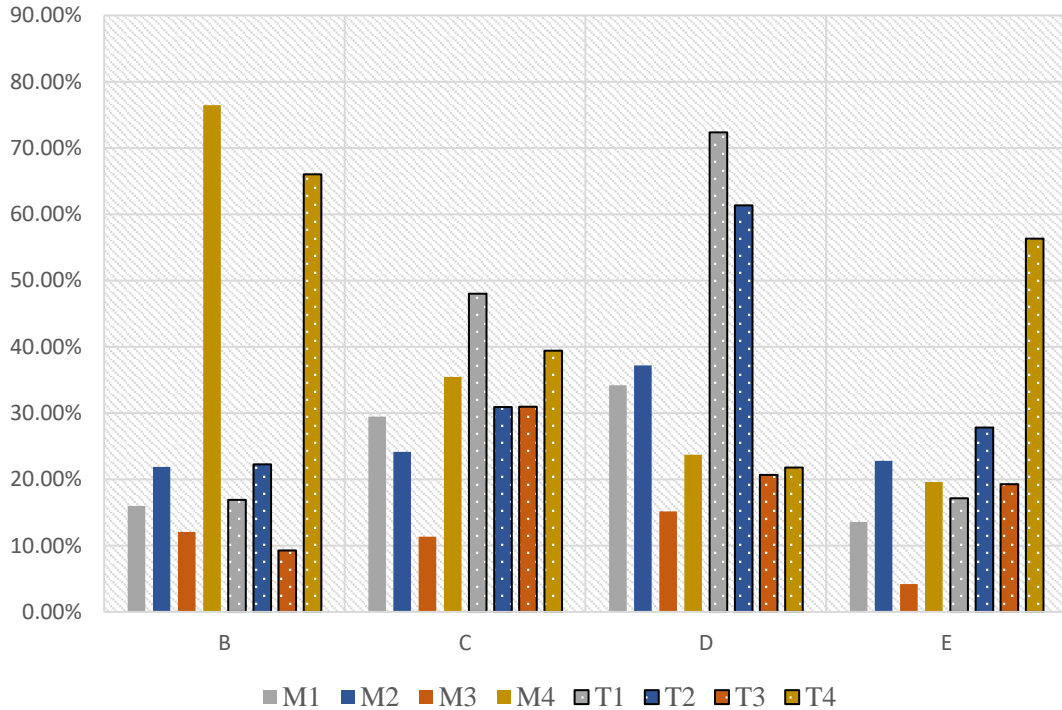


Figura 29: Porcentaje de peatones que cruzan en rojo

M: Mañana T: Tarde

Fuente: Propia

Podemos observar en la figura 29, que en cuanto al porcentaje de peatones que cruzan en rojo, que esta es mayor en las tardes en general con excepción del cruce B. Esto es debido a ciertos factores: el aumento del flujo peatonal, la disminución del flujo vehicular y una variable no cuantificada: el motivo de viaje.

Esto último es una observación frecuente en la presente investigación, puesto que en los cruces no semaforizados también podemos observar que la proporción de peatones que realiza un cruce inadecuado aumenta (cruce en diagonal o a mitad de la cuadra).

Finalmente, en el cruce B se observa una alta tasa en la alternativa de cruce 4. Esto se debe a que los vehículos del *near end crossing* en dirección hacia la universidad se detienen con anticipación (antes de los últimos segundos de la fase de rojo peatonal). Los peatones aprovechan este tiempo para poder cruzar debido a percepción de seguridad que tienen.

Además, se puede observar que hay un grupo de peatones que realiza un cruce paralelo por la pista, desde el paradero de la Av. Universitaria hacia la puerta general de la PUCP. El factor antes mencionado para el cruce en rojo de la alternativa 4 del cruce B, también influye en este comportamiento (cruce a mitad de la pista).

Otra observación en común fue que las características geométricas de los cruces eran inadecuadas para el alto flujo de peatones de la zona, en especial durante los picos. El ancho de los cruces y de las rampas no son suficientes, lo cual generó que los peatones invadan parte de la pista y áreas verdes para poder cruzar de manera satisfactoria. (veáse figura 30)



Figura 30: Flujos vehiculares en los cruces semaforizados observados.

Fuente: Propia

Las características geométricas no son solo inadecuadas en el momento del cruce, sino que también en el momento de espera. Las islas, medianas y extremos de los cruces fueron saturados fácilmente.

Se observó que la isla, en la intersección de los cruceos C y D, exponía al peatón, pues este no tenía más opción que invadir la pista, mientras que en el resto de los cruceos se observó que, en los extremos del cruce las interacciones entre peatones se incrementaban y la vereda iba perdiendo ancho efectivo. Se propone que, en los alrededores de espacios de alto volumen peatonal tales como hospitales, centros comerciales y centros educativos, se desarrolle un diseño con consideraciones especiales (demandas altas).

Respecto a las actitudes y preferencias de los usuarios de la PUCP, se puede observar que la principal razón reportada por los usuarios para cruzar en rojo es la percepción de seguridad que tienen respecto a este comportamiento: la mayoría afirma que cruza en rojo cuando es posible hacerlo de forma segura (71%) frente a la razón que convencionalmente se cree más influyente que es estar apurado (41%). También se obtuvo que cuando cruzan en rojo peatonal, pocos lo realizan corriendo (31%)

Asimismo, podemos ver que un flujo vehicular bajo es percibido como más seguro (50%) que vehículos con baja velocidad (29%). Finalmente, el cruce en grupo al igual que en los cruceos no semaforizados aumenta la percepción de seguridad. (45%)

En cuanto a otras condiciones de los cruceos semaforizados: podemos observar que no existe una preferencia clara en esperar el siguiente verde peatonal cuando quedan pocos segundos de este (40%), al igual que al cruzar cuando el semáforo peatonal está en intermitente o malgrado (34%). Sin embargo, cruzar por la pista en vez de caminar hasta un cruceo semaforizado para cruzar es percibido de forma negativa (solo 18% de aceptación)

También se reportó que los peatones observan en igual proporción a los vehículos (90%), el semáforo vehicular (90%) y el semáforo peatonal (89%) antes de cruzar. Esto significa que el peatón no tiene la certeza de la seguridad solamente viendo el semáforo, sino que debe visualizar los vehículos o la ausencia de vehículos para poder realizar la acción de cruce.

Finalmente, sobre la misma facilidad de cruce el 50% de los usuarios consideran que son seguros, aunque existe una percepción neutra del 31% de ellos en cuanto a los tiempos de las fases del semáforo.

4.2.3. Análisis de puentes peatonales:

Los puentes peatonales son percibidos de forma positiva por los usuarios: ellos afirman que los puentes peatonales brindan mayor seguridad y que son necesarios. Por otro lado, se encontró que estos son caracterizados como inaccesibles, en especial para adultos mayores y personas con discapacidad.

Se pudo determinar dos razones principales para esta aparente contradicción:

La primera: los usuarios perciben como más favorable la seguridad propia que la accesibilidad universal, es decir, priorizan su propia seguridad afirmando que el puente peatonal es necesario y seguro. Ambos grupos (peatones encuestados in situ y la encuesta a usuarios PUCP) han registrado que el puente es necesario y seguro (ver figura 31); sin embargo, se denota que los encuestados en el mismo puente peatonal (zona F) lo consideran seguro y necesario en mayor medida.

Los peatones in situ se fijan en el puente y el entorno en donde este está ubicado, evalúan ese puente de forma individual, mientras que los usuarios PUCP consideran todos los puentes que han visto, ya sea en sus distritos, en las noticias, en cualquier lugar; por tanto, su opinión es global.

Estas respuestas reflejan que para los peatones el puente peatonal ubicado en la zona F está por encima del promedio en cuanto a seguridad y necesidad de los que comúnmente frecuentan los peatones y debajo, en cuanto a accesibilidad.

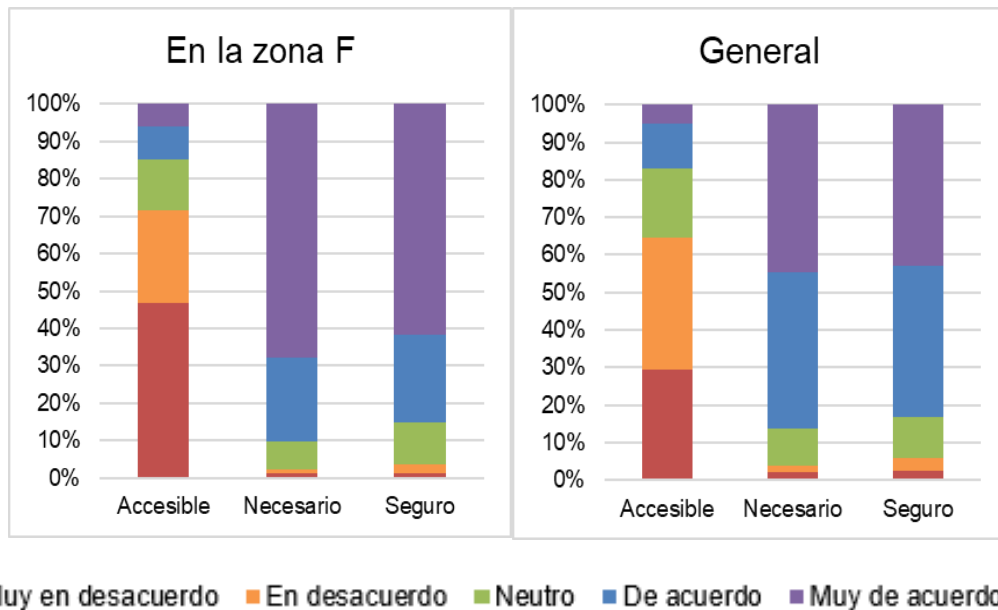


Figura 31: Comparación de respuesta in situ y a usuarios de PUCP

Fuente: Propia

La segunda: los usuarios ponen en prioridad a los vehículos frente a los peatones. Algunos encuestados expresaron que sin el puente peatonal se incrementaría altamente el tráfico y que no era posible que los vehículos se detengan tan seguido. Esto indica que los encuestados consideran al tráfico tiene mayor prioridad sobre la accesibilidad.

A los usuarios del puente peatonal in situ se les consultó si preferirían la existencia de un crucero no semaforizado en lugar del puente peatonal y de igual manera, si preferirían un crucero semaforizado. Se obtuvo que solamente el 35% lo reemplazaría por un crucero no semaforizado, mientras que el 76.54% prefería un crucero semaforizado. Sin embargo, algunos señalaron que lo mejor sería que se mantenga el puente peatonal para evitar incrementar el tráfico y se tienen un flujo vehicular y peatonal sin interrupción.

Se cuestionó a los peatones in situ en dónde se debería situar un crucero peatonal para que prefieran usarlo en lugar del puente peatonal: para ello se les mostró el esquema de la figura 32. La mayoría de peatones prefirió colocarlo en los alrededores de donde se encuentra el puente actualmente: se registró que el 41% lo colocaría en la puerta de EEGGCC y 25%, en el

lugar actual del puente. Solamente el 5% mencionó que no colocaría ningún cruce peatonal. (véase figura 33)

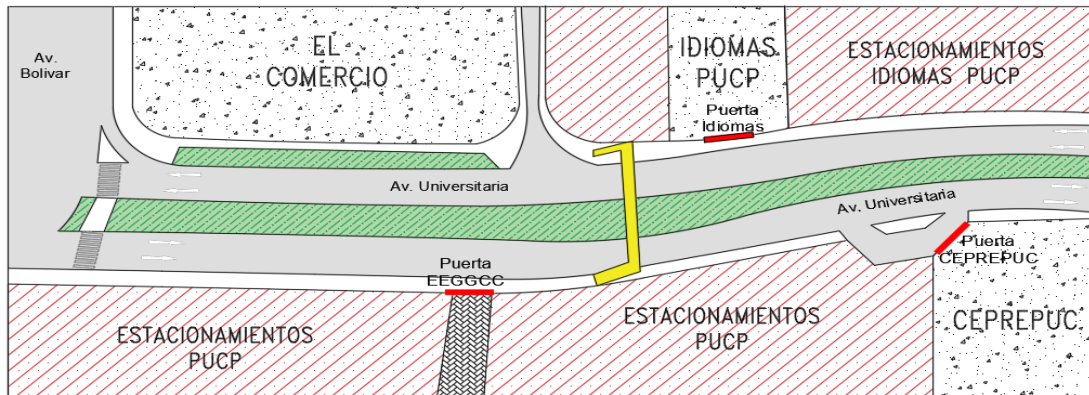


Figura 32: Esquema la zona F

Fuente: Propia

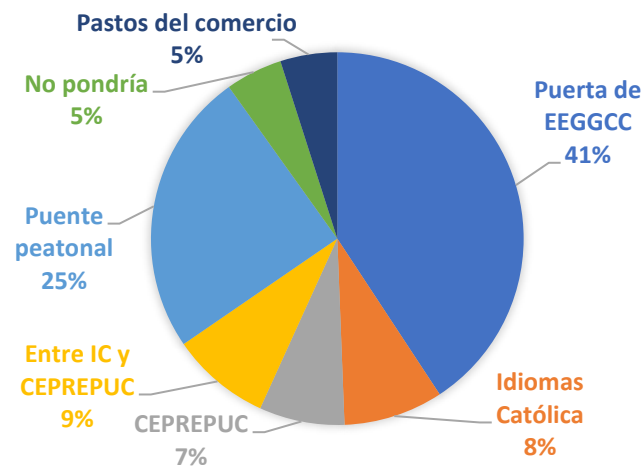


Figura 33: Preferencia de ubicación de puente peatonal

Fuente: Propia

Una conducta frecuentemente rechazada en el Perú es la de cruzar por debajo del puente peatonal. Esto se nota en la figura 15, puesto que solamente el 6% de los usuarios de la PUCP cruza debajo del puente. De la encuesta realizada en el puente peatonal, se observó que los peatones consideran al cruce debajo del puente peatonal como una conducta negativa:

En primer lugar, se registró una opinión equilibrada en cuanto a la preferencia de cruzar a nivel de la vía respecto a utilizar el puente peatonal. Aproximadamente el 49.75% percibe que los peatones que cruzan debajo del puente peatonal carecen de educación y el 37.87% no

está seguro de que el problema sea la falta de educación. Los usuarios respondieron en un 60.15% que los peatones que tengan este comportamiento inadecuado deberían ser multados, mientras que el 11.63% no considera que la multa sea efectiva como medida regulatoria, por lo que no están de acuerdo con su aplicación.

Como una posible medida ante este comportamiento inadecuado, hubo una reacción positiva (71.29% a favor) ante la implementación de las barreras que se colocan en la mediana para evitar que los peatones crucen debajo de los puentes, como es el caso de la zona F analizada.

Además, para verificar la efectividad de esta medida a los peatones in situ se les consultó si la existencia de estas barreras en la mediana los desalienta a cruzar por la vía, el 71.60% respondió de forma afirmativa a esta pregunta. En adición, se consultó si cruzarían a nivel de vía (debajo del puente peatonal) si no existieran las barreras, el 27.16% dijo que sí cruzaría. Se verifica que, la presencia de las barreras es una medida regulatoria efectiva en esta zona.

En cuanto a los perjuicios acerca de esta facilidad de cruce, se registró en la figura 34 que para los encuestados dentro de PUCP el utilizar el puente peatonal significa caminar una mayor distancia, seguido de que cruzar por los puentes peatonales demanda mucho tiempo y en menor proporción, que demanda mayor esfuerzo.

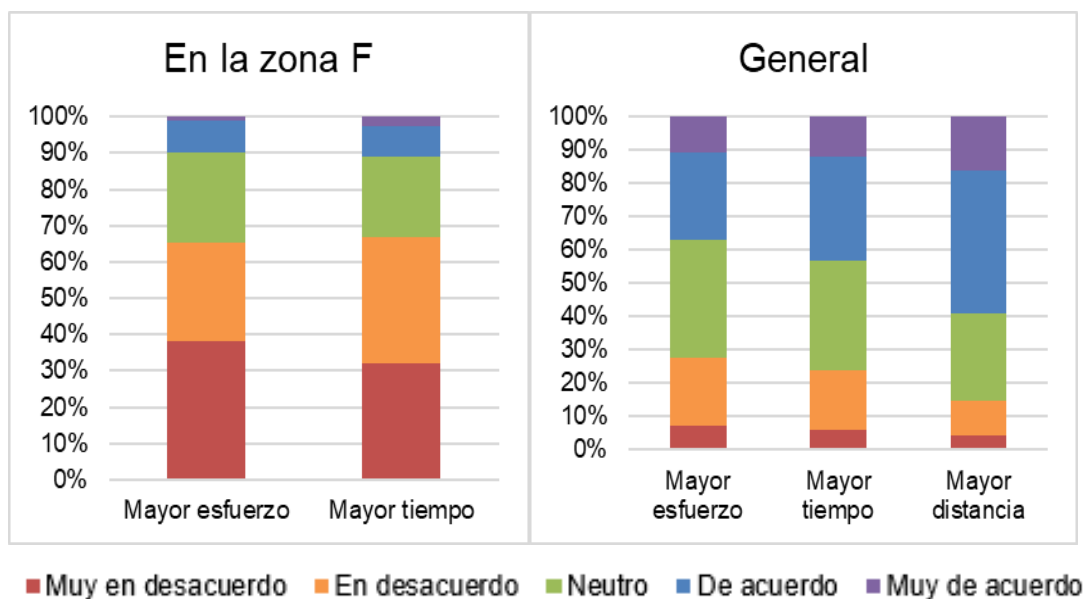


Figura 34: Posibles perjuicios de usar puente peatonal (in situ vs general)

Fuente: Propia

Adicionalmente, se consultó a los usuarios del puente peatonal si estaban de acuerdo con las características geométricas, el 77.78% estuvo de acuerdo. De acuerdo a la figura 34: usar el puente peatonal no demanda mayor esfuerzo y mayor tiempo.

Se cuestionó sobre la accesibilidad del puente y la mayoría de peatones in situ aseveraron que no es accesible y comentaron que para las personas con discapacidad sí representaría mayor esfuerzo y tiempo.

El 10% de la población es discapacitada (INEI, 2017), de los cuales el 48.3% tiene dificultad para ver; el 15.1% para moverse. De igual manera, se registró el 2018 en un informe del INEI acerca de “La Situación de la población adulta mayor” que el 10.4% de la población son adultos mayores (60 años a más).

En el informe del INEI (ver figura 35) se indica que, de la población con discapacidad el 45,1% son adultos mayores, La incidencia de la discapacidad fue de 45.90% en el área urbana y 43% en la rural. Según el tipo de discapacidad que afecta a la población adulta mayor, el 33,9% tiene dificultad para usar brazos y piernas, el 14,8% dificultad para ver.

Perú: Población adulta mayor con alguna discapacidad por sexo, según área de residencia y grupos de edad				Perú: Tipo de discapacidad que afecta a la población adulta mayor			
Trimestre: Enero-Febrero-Marzo 2018 P/				Trimestre: Enero-Febrero-Marzo 2018 P/			
(Porcentaje respecto del total de población adulta mayor)				(Porcentaje)			
Área de residencia / Grupos de edad	Ene-Feb-Mar 2018 P/			Tipo de discapacidad	Total	Hombre	Mujer
	Total	Hombre	Mujer				
Nacional	45,1	38,9	52,3	Total	100,0	100,0	100,0
Área Urbana	45,9	38,5	55,0	Dificultad para usar brazos y piernas	33,9	26,5	40,3
Área Rural	43,0	a/ 40,2	a/ 46,0	Dificultad para ver	14,8	14,5	15,0
Grupos de Edad	45,1	38,9	52,3	Dificultad para hablar	1,0	a/ 1,4	a/ 0,6
De 60 a 70 años	15,0	14,2	16,0	Dificultad para oír	12,5	17,9	a/ 7,8
De 71 a más años	30,1	24,7	36,3	Dificultad para entender o aprender	2,7	a/ 2,0	a/ 3,4
				Dificultad para relacionarse con los demás	1,5	a/ 1,8	a/ 1,3
				Con 2 o más discapacidades	33,6	36,1	31,5

a/ Comprende a estimadores con coeficiente de variación mayor a 15% considerados como referenciales.
P/ Preliminar.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Hogares.

Figura 35: Población adulta mayor con discapacidad
Fuente: INEI (2018)

La accesibilidad es una característica poco importante para los encuestados, aparentemente no es una prioridad universal para los peatones. Se debería considerar en el diseño urbano del espacio público a los adultos mayores, la población discapacitada y de adultos mayores que presentan dificultad para moverse y/o ver con el fin de que los puentes peatonales sean inclusivos y accesibles para todo tipo de peatón.

4.2.4. Comparación entre facilidades de cruce:

La primera característica que se comparó entre las facilidades de cruce fue la seguridad. En primer lugar, se obtuvo que los puentes peatonales fueron percibidos como la facilidad de cruce más segura (83% de aceptación), seguido de los cruceros semaforizados (50%) y los cruceros no semaforizados (9%) (véase figura 36).

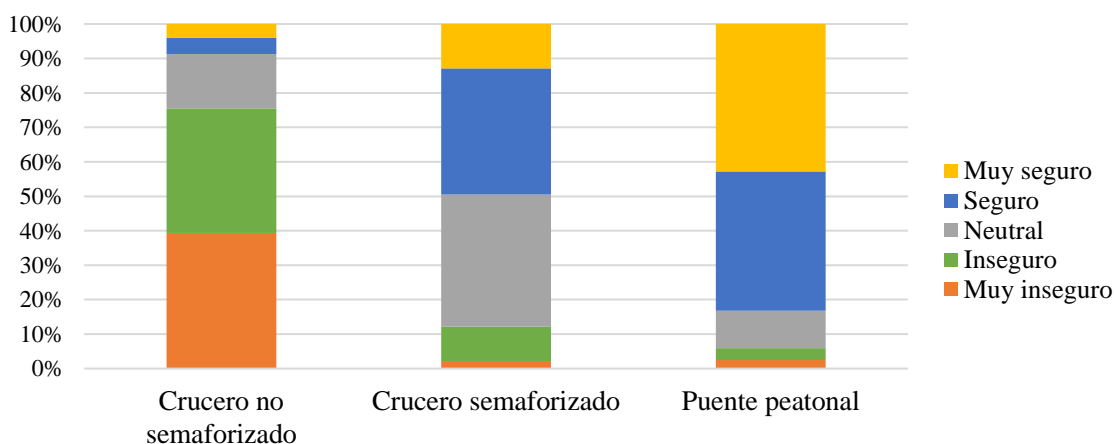


Figura 36: Percepción de seguridad de las tres facilidades de cruce
Fuente: Propia

Asimismo, la preferencia entre los dos tipos de cruce se observó en la encuesta del puente peatonal: el 77% de los encuestados afirmó que preferiría la existencia de un cruce semaforizado, mientras que solamente el 20% consideró que sería adecuado la colocación de un cruce no semaforizado.

Adicionalmente, se cuestionó sobre el tiempo de espera que los usuarios aceptarían para poder cruzar en ambos tipos de cruce: solamente el 26.7% de los encuestados respondió un tiempo de espera aceptable menor en el cruce no semaforizado respecto al cruce semaforizado, el 41.1% considera que estaría dispuesto a esperar lo mismo y el 32.2% estaría dispuesto a esperar más. Los valores altos de tiempos de espera en cruces no semaforizados reflejan la percepción de inseguridad que tienen los usuarios respecto a ellos.

Descartando valores atípicos (mayores a 3 minutos), se obtuvo que el promedio del tiempo de espera aceptable fue de 67.7 segundos, mientras que el 52% de las respuestas se concentró en un rango entre 48 a 65 segundos.

4.3. Análisis de factores individuales

Se consideraron tres factores individuales en las encuestas respecto a las preferencias y actitudes de los usuarios de la PUCP: la edad, el sexo y el tipo de usuario. Se realizaron pruebas chi-cuadrado de independencia al 95% de confiabilidad entre cada una de las variables y las respuestas obtenidas en las encuestas. Cabe mencionar que se aceptó que una prueba era estadísticamente significativa cuando el p-value fuese menor a 0.05. Además, el valor del coeficiente Cramers V indica el tamaño del efecto que tiene una variable en la otra.

La variable de sexo estuvo compuesta por dos categorías: masculino y femenino; mientras que la variable de tipo de usuario, por cinco: alumnos de pregrado, posgrado, profesores, personal administrativo y obrero y alumnos de CEPREPU. Para la edad se realizó

la discretización de la variable en cuatro intervalos: menor a 20 años, entre 20 a 40 años, entre 40 a 60 años y mayor a 60 años.

Entre las variables individuales se encontró una relación entre la edad y el tipo de usuario ($\chi^2(12, N = 404) = 350.303, p < 0.001$) tal que los alumnos de CEPREPUC son los que tienen menor edad, seguido de los de pregrado, de posgrado, del personal administrativo y de los profesores (véase tabla 9). Asimismo, se analizó la relación entre la edad y el género, y entre el tipo de usuario y el género. No se rechazó la hipótesis de independencia entre estas variables. ($\chi^2(3, N = 404) = 0.948, p = 0.814$ y $\chi^2(4, N = 404) = 7.468, p = 0.113$ respectivamente)

Tabla 9: Correlación entre el tipo de usuario y la edad

			Edad (Binned)				Total
			<= 20.00	21.00 - 40.00	41.00 - 60.00	61.00+	
T.usuario	Pregrado	Count	158	89	0	0	247
		Expected Count	114.9	109.4	18.3	4.3	247.0
		% within T.usuario	64.0%	36.0%	0.0%	0.0%	100.0%
	Posgrado	Count	0	59	5	0	64
		Expected Count	29.8	28.4	4.8	1.1	64.0
		% within T.usuario	0.0%	92.2%	7.8%	0.0%	100.0%
	Profesor	Count	0	9	16	7	32
		Expected Count	14.9	14.2	2.4	.6	32.0
		% within T.usuario	0.0%	28.1%	50.0%	21.9%	100.0%
	P.administrativo y obreros	Count	0	22	9	0	31
		Expected Count	14.4	13.7	2.3	.5	31.0
		% within T.usuario	0.0%	71.0%	29.0%	0.0%	100.0%
	CEPREPUC	Count	30	0	0	0	30
		Expected Count	14.0	13.3	2.2	.5	30.0
		% within T.usuario	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Total	Count	188	179	30	7	404	
	Expected Count	188.0	179.0	30.0	7.0	404.0	
	% within T.usuario	46.5%	44.3%	7.4%	1.7%	100.0%	

Fuente: Propia

Respecto a la edad, se encontró que los grupos de edad mayores reportaron que conocían la norma en mayor proporción (el grupo de 61+, seguido del grupo de 41-60, del grupo de 21-40 y finalmente del grupo menor a 20). Además, en el mismo orden, realizaron con menor frecuencia comportamientos riesgosos tales como cruzar en rojo (también fue menor la

proporción de las distintas justificaciones de este comportamiento), cruzar a mitad de la calle y corriendo. (véase tabla 10)

Asimismo, bajo la misma disposición (grupos de edad de forma descendiente) se encontró una mayor preocupación por los derechos de los peatones: se afirmó con mayor frecuencia que los peatones deberían tener el derecho de paso y que actualmente los vehículos no lo cedían (se atribuyó como razón a la velocidad de estos con mayor frecuencia). Similarmente, se afirmó con mayor constancia que la presencia de la policía refuerza el derecho de paso y notaron una mayor distinción entre cruzar por un cruce no semaforizado y por la pista.

También, para el grupo de edades mayor a 61 y entre 40 a 60, el rechazo hacia los puentes peatonales fue mayor, al igual que el cruce debajo de estos: estos afirmaron que las personas que cruzan debajo del puente no carecen de educación y que se les debería sancionar. Además, consideraron que cruzar el puente peatonal demanda mucho esfuerzo y que de ser posible preferirían el cruce a nivel de la vía.

Tabla 10: Incidencia de la edad en las respuestas de los usuarios

Pregunta/Enunciado	Cramers V	APA
¿Conoces las leyes de tránsito?	0.167	$\chi^2(6, N=404) = 22.561, p=0.001$
Suelo cruzar en rojo con frecuencia	0.194	$\chi^2(3, N=404) = 15.247, p=0.002$
Suelo cruzar a mitad de la calle con frecuencia	0.140	$\chi^2(3, N=404) = 7.865, p=0.049$
Suelo cruzar corriendo con frecuencia	0.161	$\chi^2(3, N=404) = 10.532, p=0.015$
No realizo ningún comportamiento inadecuado.	0.190	$\chi^2(3, N=404) = 14.51, p=0.002$
¿Sabías que según el Reglamento Nacional de tránsito la multa por el inadecuado tránsito y cruce en las calles puede ser de hasta S./83?	0.168	$\chi^2(3, N=404) = 11.411, p=0.01$
Los peatones siempre deberían tener el derecho de paso	0.197	$\chi^2(12, N=404) = 46.934, p<0.001$

*Nomenclatura APA: (prueba chi cuadrado, grados de libertad, número de muestras, estadístico de la prueba, y significancia estadística). Se dice que una prueba es estadísticamente significativa para $p<0.05$.

Continuación de la Tabla 10: Incidencia de la edad en las respuestas de los usuarios

Pregunta/Enunciado	Cramers V	APA
Los vehículos suelen ceder el paso a los peatones.	0.152	$\chi^2(12, N=404) = 28.177, p=0.005$
Los vehículos pasan a demasiada velocidad como para ceder el paso.	0.144	$\chi^2(12, N=404) = 25.25, p=0.014$
Cruzar por los cruceros no semaforizados es similar a cruzar por la pista.	0.146	$\chi^2(12, N=404) = 25.922, p=0.011$
La presencia de la policía refuerza el derecho de paso peatonal.	0.140	$\chi^2(12, N=404) = 23.625, p=0.023$
Cruzo en rojo peatonal cuando los vehículos tienen baja velocidad.	0.174	$\chi^2(12, N=404) = 36.698, p<0.001$
Cruzo en rojo peatonal cuando estoy apurado.	0.175	$\chi^2(12, N=404) = 37.198, p<0.001$
Cruzo en rojo peatonal cuando es posible hacerlo de forma segura.	0.135	$\chi^2(12, N=404) = 22.132, p=0.036$
Cuando cruzo en rojo peatonal lo realizo corriendo.	0.169	$\chi^2(12, N=404) = 34.441, p=0.001$
Cruzo en rojo peatonal cuando hay un grupo cruzando en rojo peatonal.	0.152	$\chi^2(12, N=404) = 27.885, p=0.006$
Prefiero cruzar por la pista y no caminar hasta un crucero semaforizado para cruzar.	0.152	$\chi^2(12, N=404) = 28.174, p=0.005$
Las personas que cruzan debajo del puente peatonal carecen de educación.	0.147	$\chi^2(12, N=404) = 26.052, p=0.011$
Los peatones que cruzan por la pista deberían ser multados.	0.153	$\chi^2(12, N=404) = 28.258, p=0.005$
Cruzar por los puentes peatonales demanda mucho esfuerzo.	0.168	$\chi^2(12, N=404) = 34.082, p=0.001$
Cuando es posible prefiero cruzar a nivel de la vía.	0.134	$\chi^2(12, N=404) = 21.684, p=0.041$

*Nomenclatura APA: (prueba chi cuadrado, grados de libertad, número de muestras, estadístico de la prueba, y significancia estadística). Se dice que una prueba es estadísticamente significativa para $p<0.05$.

Fuente: Propia

Luego, se pudo determinar que el sexo fue un factor significativo en la percepción de riesgo (véase tabla 11): los hombres reportaron que cruzan en rojo y corriendo más que las mujeres. Adicionalmente, el sexo masculino indicó que cruza por la pista en vez de caminar hasta un crucero semaforizado con mayor frecuencia y que cruza, aunque el semáforo peatonal esté en intermitente.

También, se notó que la percepción de seguridad en las mujeres respecto a las tres facilidades de cruce fue más extrema, mientras que en los hombres esta fue más neutra. Similarmente, el sexo femenino prefirió cruzar en grupo en los cruceros no semaforizados, más que el sexo masculino. En cuanto a las sanciones, la impunidad y baja frecuencia de las sanciones fueron variables más influyentes en los hombres.

Tabla 11: Incidencia del sexo en las respuestas de los usuarios

Pregunta/Enunciado	Cramers V	APA
Suelo cruzar en rojo con frecuencia	0.117	$\chi^2(1, N=404) = 5.574, p=0.024$
Suelo cruzar corriendo con frecuencia	0.102	$\chi^2(1, N=404) = 4.195, p=0.043$
¿Saber que la multa es de S./83 te desalienta de cruzar de forma insegura?	0.162	$\chi^2(4, N=404) = 10.594, p=0.031$
Considero que los cruceros no semaforizados son seguros.	0.164	$\chi^2(4, N=404) = 10.914, p=0.026$
Al cruzar en cruceros no semaforizados prefiero hacerlo en grupo.	0.228	$\chi^2(4, N=404) = 20.979, p<0.001$
Cruzo, aunque el semáforo peatonal esté en intermitente (malgrado) (- -).	0.187	$\chi^2(4, N=404) = 14.097, p=0.007$
Prefiero cruzar por la pista y no caminar hasta un crucero semaforizado para cruzar.	0.162	$\chi^2(4, N=404) = 10.642, p=0.03$
Considero que los cruceros semaforizados son seguros.	0.194	$\chi^2(4, N=404) = 15.171, p=0.004$
Cruzar por los puentes peatonales brinda mayor seguridad.	0.173	$\chi^2(4, N=404) = 12.148, p=0.014$
Cuando es posible prefiero cruzar a nivel de la vía.	0.162	$\chi^2(4, N=404) = 10.624, p=0.031$

*Nomenclatura APA: (prueba chi cuadrado, grados de libertad, número de muestras, estadístico de la prueba, y significancia estadística). Se dice que una prueba es estadísticamente significativa para $p<0.05$.

Fuente: Propia

Finalmente, respecto al tipo usuario se obtuvieron resultados similares a los descritos respecto a la variable de la edad. Esto se debe a la alta correlación que hay entre ambas variables; por lo tanto, no se desarrollará los efectos de esta variable a detalle. (véase tabla 9)

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Del primer objetivo, “explorar si el comportamiento de cruce de los peatones guarda relación con su conocimiento de las normas de tránsito”:

Se concluyó que, de manera similar a lo planteado en la hipótesis, los usuarios reportaron un conocimiento intermedio (68%) a completo (28%) respecto a la norma; sin embargo, se comprobó que estos reportes no eran precisos ya que solamente el 19% de los encuestados conocía el monto máximo de la sanción por un inadecuado cruce. Además, se obtuvo que sí existe una correlación entre el conocimiento de las normas y el respeto hacia estas; es decir, se pudo rechazar la hipótesis nula que afirma que ambas variables son independientes. ($\chi^2(8, N = 404) = 50.801, p < 0.001$)

El valor del Cramer's V fue de 0.251 lo cual significa que tuvo un efecto mediano a grande. Contrario a la hipótesis, el conocimiento si influye en el comportamiento de los peatones. Los usuarios que respondieron que sí conocían la norma respondieron de forma más positiva en cuanto al respeto de esta, que aquellos que la conocían parcialmente y aquellos que no.

Asimismo, se denota que la severidad no es considerada como un factor importante, ya que solo el 4% de los encuestados consideró que el monto fue muy bajo. La frecuencia con la que se aplica la sanción (33%) y el sentido de impunidad que tienen los peatones (21%) son factores más determinantes.

En cuanto al segundo objetivo, “describir el comportamiento de los peatones en las facilidades de cruce ubicados en el perímetro de la universidad y comparar sus características”:

Se derivó que en el turno de la tarde los peatones tuvieron un comportamiento más agresivo, ya que la tasa de peatones que cruzaron en rojo y a mitad de pista o diagonal aumentaron. Esto se debió a tres factores: la disminución del flujo vehicular, el aumento del flujo peatonal y el motivo de viaje. Los primeros dos factores están vinculados a la percepción de riesgo, mientras que el último podría asociarse a la motivación del peatón.

Respecto al último objetivo: “determinar los principales factores influyentes en el comportamiento de cruce de los usuarios de la PUCP y en las facilidades encontradas en el entorno de la universidad”:

Se determinó que el sexo, la edad y el tipo de usuario fueron significativos en la percepción y aceptación de riesgo. De manera similar a varias investigaciones (Onelcin & Alver, 2017; Rosenbloom, 2009; Brousseau et al. 2013; Koh et al., 2014; Marisamynathan & Vedagiri, 2013, 2014), se obtuvo que tanto las mujeres como los adultos mayores tuvieron una predeterminación a tomar conductas más seguras.

5.2. Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se clasifican en dos tipos: sobre la metodología y sobre los temas tratados en la investigación. Las primeras estarán vinculados a la minimización del error, la planificación de la recolección de data y la estructura del análisis realizado; mientras que las últimas, a las posibles medidas que se deberían de implementar para aumentar la tasa de vehículos que ceden el paso, disminuir la proporción de peatones que cruzan de forma inadecuada y para promover la inclusión de la población vulnerable.

Recomendaciones sobre la metodología de investigación:

En primer lugar, respecto a la recolección de data mediante videograbaciones, se recomienda la previa visita a la zona de estudio y prever los detalles que puedan generar alguna dificultad. Algunos de estos detalles incluyen la determinación del ángulo y posicionamiento de la cámara, las condiciones climatológicas, la seguridad de la zona de estudio y el conocimiento adecuado de la manipulación del equipo a utilizar.

En cuanto a las encuestas, se sugiere la consideración del tipo de variable que se obtiene como respuesta a cada una de las preguntas de la encuesta: nominal, ordinal, de intervalo o de razón. Esto último es indispensable, puesto que el nivel de precisión de una variable podría verse afectado, así como las posibles pruebas estadísticas que se puedan realizar entre las variables.

Asimismo, se aconseja realizar una prueba piloto de la encuesta para detectar las posibles complicaciones que se puedan dar. La prueba piloto debe ser realizada con una muestra similar a la que se planea realizar la encuesta en general. Además, no se recomienda realizar encuestas virtuales debido a la alta tasa de no respuesta.

Finalmente, en cuanto al análisis, se sugiere tomar en cuenta los factores no cuantificables que sean incidentes en las variables; por ejemplo, los problemas del semáforo

en cruces semaforizados. Adicionalmente, es adecuado considerar el intervalo de tiempo en el que se obtiene cada pieza de información. En la presente investigación se realizó el análisis cada cinco minutos, aunque una medida más exacta podría ser un intervalo equivalente al ciclo del semáforo.

Recomendaciones generales sobre los temas de la investigación:

En cuanto a la normativa, se debe asegurar el conocimiento de la norma de tránsito en los peatones, seguido de una frecuencia más alta de aplicación de las sanciones. Además, se recomienda colocar como sanción principal el servicio comunitario u alguna combinación, en vez de la multa del 2% de la UIT actual, ya que esta tendría una mayor efectividad.

Respecto a la tasa de vehículos que ceden el paso a los peatones, las medidas más efectivas se describen en la investigación de Bennet et al. (2014). Aunque el *pedestrian hybrid beacon* suele generar los mejores resultados, una medida más costo efectiva sería la colocación de señalización en la calzada en especial si se coloca con una configuración en pórtico.

Para los cruces semaforizados, se sugiere optimizar los tiempos de semáforo en una escala microscópica y también mesoscópica, con el fin de eliminar intervalos en el que el flujo vehicular sea nulo. Esta última variable tiene el efecto más significativo en la tasa de peatones que cruzan en rojo.

En cuanto a los puentes peatonales, se recomienda evitar su colocación debido al alto costo que supone la construcción e instalación (New Zealand Transport Agency, 2009), además la dificultad de un diseño de un puente peatonal considerando la accesibilidad. (si se consideran rampas se genera una distancia muy larga) Esto último solo es factible para cruzar ríos o quebradas y no para evitar el tránsito peatonal a nivel.

Para calzadas donde la velocidad vehicular sea igual o menor a 50km/h es recomendable colocar un semáforo a mitad de la cuadra tal y como se muestra en el gráfico del National Road

Safety Council (2014). Además, se aconseja incluir la accesibilidad e inclusión como una característica primordial en el diseño de espacios, infraestructura y servicios.

Referencias

- Abojaradeh, M. (2013). Evaluation of pedestrian bridges and pedestrian safety in Jordan. *Civil and Environmental Research*, 3(1), 66–79.
- Almodfer, R., Xiong, S., Fang, Z., Kong, X., & Zheng, S. (2016). Quantitative analysis of lane-based pedestrian-vehicle conflict at a non-signalized marked crosswalk. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 42, 468–478.
- Alhajyaseen, W. K. M., Asano, M., & Nakamura, H. (2012). Estimation of left-turning vehicle maneuvers for the assessment of pedestrian safety at intersections. *IATSS Research*, 36(1), 66–74.
- Alhajyaseen, W. K. M., & Iryo-Asano, M. (2017). Studying critical pedestrian behavioral changes for the safety assessment at signalized crosswalks. *Safety Science*, 91, 351–360.
- Alver, Y., & Onelcin, P. (2018). Gap acceptance of pedestrians at overpass locations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 56, 436–443.
- Bennett, M. K., Manal, H., & Van Houten, R. (2014). A comparison of gateway in-street sign configuration to other driver prompts to increase yielding to pedestrians at crosswalks. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 47(1), 3–15.
- Boston Civic Design Commision. (2010). Guidelines for pedestrian bridges between buildings.
- Brosseau, M., Zangenehpour, S., Saunier, N., & Miranda-Moreno, L. (2013). The impact of waiting time and other factors on dangerous pedestrian crossings and violations at signalized intersections: A case study in Montreal. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 21, 159–172.
- Chancí, V. (2012). Análisis del comportamiento peatonal de los usuarios de Medellín con relación al uso de las cebras, los semáforos y los puentes peatonales 2011-2012.
- Clay, M. (1999). The origins and globalization of traffic control signals. *Journal of Urban History*, 25(3), 379–404.
- Dennis, R. (2004). Footbridges *A Manual for Construction at Community and District Level*, (June).
- Dommes, A., Granié, M. A., Cloutier, M. S., Coquelet, C., & Huguenin-Richard, F. (2015). Red light violations by adult pedestrians and other safety-related behaviors at signalized crosswalks. *Accident Analysis and Prevention*, 80, 67–75.
- Ellis, R., Van Houten, R., & Kim, J.-L. (2007). In-Roadway “Yield to Pedestrians” Signs: Placement Distance and Motorist Yielding. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2002, 84–89.
- Federal Highway Administration. (2006). *How to Develop a Pedestrian Safety Action Plan*.

- Gallegos, W. L. A. (2012). Motives of disuse of pedestrian bridges in Arequipa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 38(1), 84–97.
- Gorrini, A., Crociani, L., Vizzari, G., & Bandini, S. (2018). Observation results on pedestrian-vehicle interactions at non-signalized intersections towards simulation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 59, 269–285.
- Hasan, R. A., & Napiah, M. (2014). The Effect of Structure and Street Characteristics on the Footbridge Usage. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 9(February), 52–59.
- Hasan, R., & Napiah, M. (2017). Utilization of footbridges: Influential factors and improvement proposals. *Advances in Transportation Studies*, 43(June), 43–60.
- Hidalgo-Solórzano, E., Campuzano-Rincón, J., Rodríguez-Hernández, J. M., Chias-Becerril, L., Reséndiz-López, H., Sánchez-Restrepo, H., ... Híjar, M. (2010). Use and non-use of pedestrian bridges in Mexico City. The pedestrian perspective. *Salud Pública De México*, 52(6), 502–510.
- INEI. (2017). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. 43. Retrieved from https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1437/libro.pdf
- INEI. (2018). Situación de la Población Adulta Mayor Situación de la Población Adulta Mayor Indicadores del adulto mayor. Retrieved from www.inei.gov.pe
- Iryo-Asano, M., & Alhajyaseen, W. (2017). Consideration of a Pedestrian Speed Change Model in the Pedestrian-Vehicle Safety Assessment of Signalized Crosswalks. *Transportation Research Procedia*, 21, 87–97.
- Johansson, C., & Leden, L. (2007). Short-term effects of countermeasures for improved safety and mobility at marked pedestrian crosswalks in Borås, Sweden. *Accident Analysis and Prevention*, 39(3), 500–509.
- King, M. J., Soole, D., & Ghafourian, A. (2009). Illegal pedestrian crossing at signalised intersections: Incidence and relative risk. *Accident Analysis and Prevention*, 41(3), 485–490.
- Koh, P. P., & Wong, Y. D. (2014). Gap acceptance of violators at signalised pedestrian crossings. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 178–185.
- Koh, P. P., Wong, Y. D., & Chandrasekar, P. (2014). Safety evaluation of pedestrian behaviour and violations at signalised pedestrian crossings. *Safety Science*, 70, 143–152.
- Lee, J. Y. S., & Lam, W. H. K. (2008). Simulating pedestrian movements at signalized crosswalks in Hong Kong. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(10), 1314–1325.
- Li, B. (2014). A bilevel model for multivariate risk analysis of pedestrians' crossing behavior at signalized intersections. *Transportation Research Part B*, 65, 18–30.
- Li, L., Cai, M., & Liu, Y. (2012). Integrated Benefit Evaluation of Pedestrian Bridge. *Environmental Modeling and Assessment*, 17(3), 301–313.

- Li, P., Bian, Y., Rong, J., Zhao, L., & Shu, S. (2013). Pedestrian Crossing Behavior at Unsignalized Mid-block Crosswalks around the Primary School. *Social and Behavioral Sciences*, 96(3), 442–450.
- Liu, P., Huang, J., Wang, W., & Xu, C. (2011). Effects of transverse rumble strips on safety of pedestrian crosswalks on rural roads in China. *Accident Analysis and Prevention*, 43(6), 1947–1954.
- Maiseloff, S. (2016). Cataloguing Detroit's 71 Pedestrian Bridges: Where from Here? *Journal of Transport & Health*, 3(2), S14–S15.
- Malenfant, L., & Van Houten, R. (1990). Increasing the percentage of drivers yielding to pedestrians in three canadian cities with a multifaceted safety program. *Health Education Research*, 5(2), 275–279.
- Márquez, L. (2015). Análisis de la percepción de seguridad en puentes peatonales: una aproximación mediante modelación híbrida. *Ingenierias Universidad de Medellín*, 14294(27), 93–110.
- Marisamynathan, & Perumal, V. (2014). Study on pedestrian crossing behavior at signalized intersections. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*.
- Marisamynathan, S., & Vedagiri, P. (2013). Modeling Pedestrian Delay at Signalized Intersection Crosswalks Under Mixed Traffic Condition. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 104, 708–717.
- Mathew, T. (2014). Design Principles of Traffic Signal. *Transportation Systems Engineering*, (1), 1–13.
- Meltofte, K. R., & Nørby, L. E. (2013). Vejen som barriere for fodgængere, 1–14.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual De Puentes, 1–501.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Reglamento Nacional de Tránsito.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2017). NORMA A.120 Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores.
- Miśkiewicz, M., Pyrzowski, Ł., & Okraszewska, R. (2017). Pedestrian and bicycle bridges as examples of safe collision-free road crossings. *MATEC Web of Conferences*, 122, 01005.
- Muley, D., Kharbeche, M., Alhajyaseen, W., & Al-Salem, M. (2017). Pedestrians' Crossing Behavior at Marked Crosswalks on Channelized Right-Turn Lanes at Intersections. *Procedia Computer Science*, 109(2016), 233–240.
- Ni, Y., Cao, Y., & Li, K. (2017). Pedestrians' Safety Perception at Signalized Intersections in Shanghai. *Transportation Research Procedia*, 25, 1960–1968.
- Ni, Y., Wang, M., Sun, J., & Li, K. (2016). Evaluation of pedestrian safety at intersections: A theoretical framework based on pedestrian-vehicle interaction patterns. *Accident Analysis and Prevention*, 96, 118–129.

- Norton, P. D. (2007). Street Rivals: Jaywalking and the Invention of the Motor Age Street. *Technology and Culture*, 48(2), 331–359.
- NZ Transport Agency. (2009). *Pedestrian planning and design guide*.
- Onelcin, P., & Alver, Y. (2015). Illegal crossing behavior of pedestrians at signalized intersections: Factors affecting the gap acceptance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 31, 124–132.
- Onelcin, P., & Alver, Y. (2017). The crossing speed and safety margin of pedestrians at signalized intersections. *Transportation Research Procedia*, 22(2016), 3–12.
- Onelcin, P., & Alver, Y. (2017). Why cross on red? A questionnaire survey study in Izmir, Turkey. *Transportation Research Procedia*, 25, 1969–1976.
- PUCP (2019). Datos académicos. Retrieved from <https://www.pucp.edu.pe/la-universidad/nuestra-universidad/pucp-cifras/datos-academicos/>
- Qi, Y., & Guoguo, A. (2017). Pedestrian safety under permissive left-turn signal control. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 6(1), 53–62.
- Räsänen, M., Lajunen, T., Alticafarbay, F., & Aydin, C. (2007). Pedestrian self-reports of factors influencing the use of pedestrian bridges. *Accident Analysis and Prevention*, 39(5), 969–973.
- Ravishankar, K. V. R., & Nair, P. M. (2018). Pedestrian risk analysis at uncontrolled midblock and unsignalised intersections. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 5(2), 137–147.
- R.L. Moore, S.J. Older Pedestrians and motor vehicles are compatible in today's world – protection of pedestrians from the effects of traffic accidents. *Traffic Engineering*, 35 (12) (1965) pp. 20–23, 52–59
- Rosenbloom, T. (2009). Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(5), 389–394.
- Schroeder, B. J., & Roupail, N. M. (2011). Event-Based Modeling of Driver Yielding Behavior at Unsignalized Crosswalks. *Journal of Transportation Engineering*, 137(7), 455–465.
- Shi, J., Chen, Y., Ren, F., & Rong, J. (2007). Research on Pedestrian Behavior and Traffic Characteristics at Unsignalized Midblock Crosswalk: Case Study in Beijing. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2038, 23–33.
- Shurbutt, J., Houten, R. Van, Turner, S., & Huitema, B. (2009). Analysis of Effects of LED Rectangular Rapid-Flash Beacons on Yielding to Pedestrians in Multilane Crosswalks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 85–95.
- Sisiopiku, V. P., & Akin, D. (2003). Pedestrian behaviors at and perceptions towards various pedestrian facilities: An examination based on observation and survey data.

- Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(4), 249–274.
- Tanaboriboon, Y., & Jing, Q. (1994). Chinese pedestrians and their walking characteristics: case study in Beijing. *Transportation Research Record*, 1441, 16–26.
- Tarko, A., & Tracz, M. (1995). Accident prediction models for signalized crosswalks. *Safety Science*, 19(2–3), 109–118.
- Turner, S., Fitzpatrick, K., Brewer, M., & Park, E. (2006). Motorist Yielding to Pedestrians at Unsignalized Intersections: Findings from a National Study on Improving Pedestrian Safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1982, 1–12.
- Van Houten, R., Ellis, R., & Marmolejo, E. (2008). Stutter-Flash Light-Emitting-Diode Beacons to Increase Yielding to Pedestrians at Crosswalks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2073(1), 69–78.
- Van Houten, R., & Malenfant, J. E. L. (2004). Effects of a driver enforcement program on yielding to pedestrians. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 37(3), 351–363.
- Vignali, V., Cuppi, F., Acerra, E., Bichicchi, A., Lantieri, C., Simone, A., & Costa, M. (2019). Effects of median refuge island and flashing vertical sign on conspicuity and safety of unsignalized crosswalks. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60, 427–439.
- World Health Organization. (2018). Global Status Report on Road Safety 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Yang, J., Deng, W., Wang, J., Li, Q., & Wang, Z. (2006). Modeling pedestrians road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40, 280–290.
- Zhang, W., Wang, K., Wang, L., Feng, Z., & Du, Y. (2016). Exploring factors affecting pedestrians' red-light running behaviors at intersections in China. *Accident Analysis and Prevention*, 96, 71–78.