



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

Análisis del nivel de servicio peatonal en la ciudad de Lima

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

Jean Christian Doig Godier

ASESOR: Juan Carlos Dextre

Lima, Agosto del 2010

Resumen Ejecutivo

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

El primer capítulo introduce la problemática del análisis de nivel de servicio y presenta las hipótesis y objetivos que guían la ejecución del estudio.

En el segundo capítulo se describe la dinámica peatonal en el espacio público y se introducen los problemas de analizar el tránsito peatonal como un modo vehicular de transporte.

En el tercer capítulo se desarrollan los cuatro aspectos que determinan la percepción de la calidad: disponibilidad y acceso, capacidad, seguridad y espacio público; haciendo énfasis en los requerimientos que cada uno de estos aspectos presenta.

En el cuarto capítulo se presentan las metodologías de análisis de calidad del tránsito peatonal, comenzando por la evaluación del nivel de servicio peatonal según el Highway Capacity Manual que es la más usada en el ámbito de la ingeniería de transporte. También se presentan las metodologías propuestas por los reportes 562 y 616 del Nacional Cooperative Highway Research Program, las auditorías de seguridad vial, el análisis de ocurrencia de accidentes, el nivel y calidad de servicio propuesto por Sarkar y una metodología de caracterización de vecindarios.

En el quinto capítulo se desarrollan las características del tránsito peatonal en la ciudad de Lima, haciendo una descripción de los distintos tipos de infraestructura vial en las que los peatones participan.

En el sexto capítulo se aplican las metodologías a tres casos de estudio en la ciudad de Lima, observándose como estas metodologías son capaces de identificar y analizar las problemáticas específicas de cada caso.

En el séptimo capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos al aplicar las metodologías a los casos estudiados en el ámbito local.

Índice

	Pág.
Capítulo 1. Introducción e Hipótesis	1
Capítulo 2. La Dinámica Peatonal en Relación con el Espacio Público	3
2.1. Definiciones y Presentación del Problema	3
2.2. La Importancia de la Circulación Peatonal en las Ciudades	10
2.3. Las Actividades Desarrolladas en el Espacio Público	14
2.4. El tratamiento del Peatón como Vehículo	15
2.5. Resumen y conclusiones del capítulo	17
Capítulo 3. Criterios de Calidad en el Transporte Peatonal	18
3.1. La Importancia de Evaluar la Infraestructura Peatonal	18
3.2. Disponibilidad y Acceso al Transporte Peatonal	21
3.3. La Capacidad en los Espacios Peatonales	22
3.4. La Seguridad Vial de los Espacios Peatonales	25
3.5. La Calidad del Espacio Público Peatonal	28
3.6. Resumen y conclusiones del capítulo	30
Capítulo 4. Metodologías Usadas para Evaluar la Calidad del Servicio Peatonal	32
4.1. El Estado de la Práctica y Metodologías Innovadoras	32
4.2. Nivel de Servicio Peatonal HCM	33
4.3. Evaluación de Cruces Peatonales NCHRP 562	39
4.4. Auditorias de seguridad vial (ASV)	41
4.5. Análisis de ocurrencia de accidentes	41
4.6. Nivel de servicio Multi-Modal para vías urbanas	43
4.7. Nivel y calidad de servicio basado en confort.	45
4.8. Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales	48
4.9. Resumen y conclusiones del capítulo	49
Capítulo 5. Características de la Infraestructura Peatonal en la Ciudad de Lima	51
5.1. Uso del modo peatonal en la Ciudad	51
5.2. Problemática de la seguridad vial	52
5.3. Problemática de la contaminación ambiental	54
5.4. Tipos de infraestructura	55
5.5. Escenarios seleccionados	59
5.6. Resumen y conclusiones del capítulo	59
Capítulo 6. Casos de Estudio	61
6.1. Objetivos y Metodología	61
6.2. Intersección Av. Juan de Arona y Federico Villareal	62

6.3. Intersección Av. Universitaria y Av. Bolívar	74
6.4. Cruce Av. Nicolás Ayllón a la altura del supermercado Plaza Vea	88
Capítulo 7. Conclusiones	103
Referencias	106



Lista de Figuras

	Pág.
Fig. 2.1 Integración del modo peatonal y el sistema TransMilenio en Bogota, Colombia	4
Fig. 2.2 Propósitos de viajes peatonales en Lima, Perú	6
Fig. 2.3 Partición Modal del Transporte en la ciudad de Santiago de Chile	7
Fig. 2.4 Campo visual de un automovilista a 25km/h (abajo) y 50km/h (arriba).....	8
Fig. 2.5 Reunión espontánea en una vía peatonal.....	10
Fig. 2.6 Cruces peatonales en Pompeya, Italia.....	11
Fig. 2.7 Mapa del ratio de caminata.	13
Fig. 2.8 Relación entre las actividades y la calidad del entorno	15
Fig. 3.1 Enfoque balanceado del transporte.....	18
Fig. 3.2 Esquema simplificado del proceso de diseño	20
Fig. 3.3 Diferentes condiciones de movilidad según el espacio disponible por persona.....	24
Fig. 3.4 Etapas del cruce peatonal (Intersección semaforizada).....	25
Fig. 3.5: Intersección y vereda con distintos elementos que afectan la percepción de seguridad	27
Fig. 3.6 Bancas a lo largo de una vía peatonal en la Pontificia Universidad Católica del Perú	30
Fig. 4.1 Representación simplificada del área ocupada por un peatón.....	34
Fig. 4.2 Peatón esperando el verde para cruzar la pista	38
Fig. 4.3 Estimación de la demora peatonal en una intersección semaforizada.....	38
Fig. 4.4 Factores que analiza el método en un cruce a mitad de cuadra	40
Fig. 4.5 Accidente tipo 791 de programa PBCAT	43
Fig. 4.6 Esquema del análisis basado en confort.....	46
Fig. 4.7 Peso que tienen los distintos criterios en la evaluación de Replogle	49
Fig. 5.1 División de la ciudad según el Plan Maestro de Transporte	51
Fig. 5.2 Relevancia del modo peatonal en la ciudad de Lima	52
Fig. 5.3 Partición de los accidentes por tipo	53
Fig. 5.4 Concentración promedio anual de material particulado PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	55
Fig. 5.5 Peatones comienzan a cruzar en una intersección controlada por policía. 57	
Fig. 5.6 Peatones cruzando la calzada. Existe un puente peatonal a 100m Fuente: propia.....	58
Fig. 6.1 Odómetro utilizado para hacer las mediciones de distancia.	62
Fig. 6.2 Ubicación de la intersección	63
Fig. 6.3 Movimientos permitidos en la intersección	64

Fig. 6.4 Dispositivos de control de tránsito en la intersección	64
Fig. 6.5 Flujos peatonales en la intersección	65
Fig. 6.6 Ubicación de la Intersección.....	74
Fig. 6.7 Movimientos permitidos en la intersección.....	75
Fig. 6.8 Flujos peatonales en la intersección	76
Fig. 6.9 Cruces peatonales en la intersección.....	76
Fig. 6.10 Ciclovía obstruida por los vehículos que giran a la izquierda en la Av. Universitaria.....	77
Fig. 6.11 Dispositivos de control de tráfico en la intersección.....	78
Fig. 6.12 Peatones cruzando la Av. Universitaria (cruce 1)	83
Fig. 6.13 Semáforo que controla los movimientos de la Av. Universitaria.....	83
Fig. 6.14 Ubicación de la intersección.....	88
Fig. 6.15 Cruces peatonales observados	90
Fig. 6.16 Peatones que cruzaron en el periodo pico de 15 min.	90
Fig. 6.17 Área donde los peatones cruzan por la pista (vista desde el puente peatonal).....	91
Fig. 6.18 Peatones cruzando entre los vehículos de transporte público	98
Fig. 6.19 Peatón caminando de forma paralela a la reja.....	98

Lista de Tablas

	Pág.
Tab. 4.1 NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL HCM.....	35
Tab. 4.2 DEMORA PEATONAL EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS .	39
Tab. 4.3 ANÁLISIS DE NIVEL DE SERVICIO EN VEREDAS O SEGMENTOS DE VÍAS	44
Tab. 4.4 ANÁLISIS DE NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	45
Tab. 6.1 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES.....	66
Tab. 6.2 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES.....	67
Tab. 6.3 RELACIÓN ENTRE PROBLEMÁTICAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS	73
Tab. 6.4 VEHÍCULOS Y PEATONES EN LOS DISTINTOS CRUCES	77
Tab. 6.5 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES.....	79
Tab. 6.6 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES.....	81
Tab. 6.7 RELACIÓN ENTRE PROBLEMÁTICAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS	87
Tab. 6.8 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES.....	92
Tab. 6.9 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES.....	93
Tab. 6.10 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES.....	95
Tab. 6.11 RELACIÓN ENTRE PROBLEMÁTICAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS	102

Lista de abreviaciones

ASV	Auditoría de Seguridad Vial
FHWA	Federal Highway Administration (Administración Federal de Autopistas)
HCM	Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carreteras)
MNCPPC	Maryland - National Capital Park and planning Commission (Comisión de planeamiento de Maryland)
TRB	Transportation Research Board (Junta de Investigación de Transportes)
VISSIM	Verkehr In Städten – SIMulationsmodell (Modelo de Simulación del Tráfico en Ciudades)
WHO	World Health Organization (Organización Mundial de la Salud)
WDOT	Washington Department of Transportation (Departamento de Transportes del Estado de Washington)



Capítulo 1. Introducción e Hipótesis

Introducción

El nivel de servicio es una herramienta de evaluación general usada en múltiples áreas de la ingeniería de transporte para evaluar si la infraestructura vial puede satisfacer las necesidades de los usuarios.

El manual de capacidad de carreteras (en inglés: “Highway Capacity Manual, HCM”) publicado por la “Transportation Research Board (TRB)” es el estándar para la estimación y evaluación del nivel de servicio en transporte. Este detalla los distintos criterios y metodologías usados para analizar desde vías expresas hasta caminos para peatones.

En general el HCM plantea un análisis de las condiciones de circulación para evaluar la infraestructura de transporte.

“Las variables cualitativas de la circulación peatonal análogas a las empleadas en la de vehículos son la libertad de circulación a la velocidad deseada, así como la de realizar adelantamientos. Como variables de uso exclusivo en la circulación peatonal puede citar la posibilidad de atravesar una corriente de circulación peatonal, circular en sentido contrario al de la corriente principal, y en general poder efectuar cambios de dirección y variar la velocidad o cambiar el paso de marcha sin originar conflictos.” (TRB, 1995)

En los últimos años, numerosos autores han planteado críticas a este tratamiento del peatón como un “vehículo” introduciendo, de esta manera, otros factores al análisis. Inclusive el HCM en su cuarta edición (TRB, 2000) reconoce que existen “otros factores ambientales”, sin embargo, no los considera al momento de evaluar el nivel de servicio.

En el reporte “índices de seguridad para peatones y ciclistas” en intersecciones, (Federal Highway Administration, FHWA, 2006), se menciona a distintos autores que han planteado propuestas para evaluar el nivel de servicio peatonal; por ejemplo, Sarkar en 1993 propuso una escala de seis niveles basados en la apreciación cualitativa de confort por parte del peatón. Sin embargo, en la actualidad no existe un método unificado o estándar para evaluar el nivel de servicio desde el punto de vista peatonal que incluya estos factores.

La intención de la presente investigación es identificar los factores o variables más relevantes en un estudio de nivel de servicio peatonal, y analizar su relevancia en el ámbito local.

Hipótesis de trabajo

Para el desarrollo de este trabajo se han planteado las siguientes hipótesis:

- La evaluación de nivel de servicio está muy sesgada a las condiciones de flujo y circulación.
- El peatón no solo circula sino también usa el espacio público para desarrollar otras actividades, lo cual origina requerimientos especiales que deben ser evaluados en el análisis de nivel de servicio.
- El diseño y la gestión, así como los patrones de circulación vehicular en la ciudad de Lima, presentan características que alteran los presupuestos de las metodologías de análisis de nivel de servicio peatonal actualmente en uso.

Objetivos

Objetivo general

- Analizar los principales factores que intervienen en la percepción del nivel de servicio peatonal en el ámbito de la ciudad de Lima.

Objetivos específicos

- Evaluar cómo influyen las condiciones de flujo y circulación en el tránsito peatonal y verificar si los criterios del Highway Capacity Manual (HCM) son aplicables al ámbito local.
- Evaluar la forma en que la calidad del entorno físico afecta la percepción del nivel de servicio peatonal.
- Identificar otros factores y la forma en que influyen en la percepción del nivel de servicio urbano.

Capítulo 2. La Dinámica Peatonal en Relación con el Espacio Público

2.1. Definiciones y Presentación del Problema

El Espacio Público y su Relación con el Transporte

El espacio público es el área de todos, es decir, es el espacio de inclusión que los ciudadanos comparten con múltiples finalidades y donde el poder público debe considerar estos usos y darles un espacio (Crousse, 2010). Esta definición nos ayuda a entender que el espacio público no corresponde a un solo tipo de usuario, ni a un solo uso, sino que debe integrar las necesidades de múltiples actores. Entre estos actores se encuentran aquellos que por distintos motivos transitan a través de las ciudades, tanto a pie como haciendo uso de un vehículo.

Al tipo de proyectos que plantean integrar estos usos se les denomina proyectos sostenibles, 360 grados, sensibles al contexto y de muchas otras formas. Pero lo que es común a todos ellos es la necesidad de desarrollar un enfoque que sea multi-funcional y que integre las necesidades de las personas en el contexto en el que se desarrollan. En zonas urbanas debido a la multitud de usos y usuarios, estos conceptos adquieren mayor relevancia.

La ingeniería de transportes enfrenta estos desafíos en el diseño de los sistemas de transporte urbano. Sin embargo, el enfoque tradicional ha sido garantizar la seguridad y capacidad de los medios de transporte motorizados, con especial énfasis en el automóvil particular. Mientras tanto los otros modos, es decir, el peatonal, el ciclista y el transporte público, han quedado relegados a un segundo plano.

Bajo este enfoque, los autobuses de transporte público son elementos que disminuyen la capacidad de las vías, al igual que los cruces peatonales. Por el contrario, un enfoque integral del transporte en el espacio público llama a un desarrollo multi-funcional del espacio donde los cuatro modos antes mencionados puedan desarrollarse, haciendo uso eficiente de ese espacio que es propiedad de todos los ciudadanos, beneficiando a las personas y no a los automóviles. Experiencias recientes, tales como TransMilenio en Bogotá, demuestran como una mejor integración del uso del espacio público da resultados positivos.

En la Fig. 2.1 se puede observar como se integra el sistema de transporte público al funcionamiento de la vía, a través de carriles segregados y pasos peatonales diseñados para regular efectivamente los movimientos de los usuarios del transporte público que se convierten en peatones al salir del paradero. Asimismo se puede observar como se optimiza el espacio público para el transporte de personas y no solo para el transporte de vehículos.



Fig. 2.1 Integración del modo peatonal y el sistema TransMilenio en Bogotá, Colombia

Fuente: Wikimedia Commons

De esta definición general del problema se evidencian preguntas más específicas. ¿Cómo evaluar un proyecto de transporte urbano en el espacio público? ¿Este espacio cuenta con los requisitos que permiten el desarrollo de la actividad? ¿A qué nivel está operando dicha actividad?

Estas son preguntas que la ingeniería de transporte se propone responder. Pero no es, sino recientemente, que se plantean estas preguntas para el caso del transporte público, peatonal o ciclista. Y aún mas reciente es el concepto de un análisis multi-modal que permita integrar el uso de distintos modos (NCHRP, 2008).

¿Por que las personas caminan?

Por mucho tiempo el tránsito peatonal ha sido uno de los principales modos de transporte, es más, en países como el Perú representa todavía un significativo porcentaje de los viajes. Se ha calculado que en la ciudad de Lima el 25.5% de todos los viajes se realizan a pie (Yachiyo, 2005). A pesar de esto, los criterios de

diseño tradicional se han orientado a proveer seguridad y capacidad de acuerdo a las necesidades de los automóviles (D'Andrea, 2003), subordinando o en algunos casos ignorando las necesidades del individuo a pie.

A fin de corregir dicha situación es necesario desarrollar herramientas que permitan a los diseñadores de transporte entender mejor el funcionamiento y los requerimientos de los espacios destinados al uso peatonal de forma que el espacio público represente una verdadera integración entre los modos de transporte y las actividades humanas.

Es necesario, entonces, preguntarnos qué uso le dan las personas al espacio peatonal. El Departamento de Transporte del Estado de Washington, Estados Unidos (WDOT), define los siguiente propósitos de los viajes peatonales (NCHRP, 2006).

- Para ir o venir del trabajo y escuela
- Visitas sociales y eventos
- Citas
- Ejercicios y salud
- Realizar entregas
- Recreación
- Actividades extracurriculares
- Combinación de las anteriores
- Etapas de un viaje multi-modal

En el Perú, el Plan Maestro de transporte de Lima Metropolitana y el Callao llevó a cabo un estudio de propósitos de viaje peatonal (Yachiyo, 2005). Como se puede observar en la Fig. 2.2, son predominantes las actividades que son parte de la vida cotidiana de los ciudadanos (ir al trabajo, a la escuela o realizar compras).

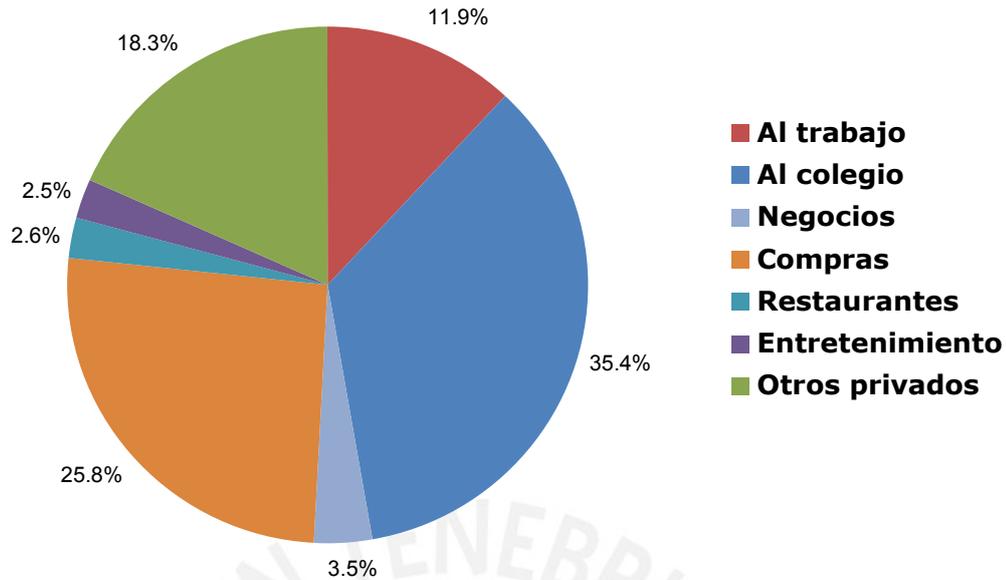


Fig. 2.2 Propósitos de viajes peatonales en Lima, Perú

Fuente: YACHIYO, 2005

Un hecho importante que la lista de WDOT recoge, es la participación del tránsito peatonal en el uso de otros modos. Esto hace único al modo peatonal y garantiza su vigencia en el marco del transporte multi-modal, ya que constituye el medio de interconexión. Un ejemplo de lo indicado lo representa una persona que camina hasta la estación de autobuses.

Este hecho que resalta la importancia del tránsito peatonal se ha obviado en muchos casos. En Chile, el criterio para considerar un viaje peatonal como tal, ha sido hasta hace poco, el que la distancia recorrida sea mayor a 500 metros. Al eliminar este requisito se ha observado una modificación en la partición modal (Fernández, 2009). Por otro lado, en Estados Unidos, la encuesta nacional de viajes describe un viaje inter-modal en función del modo "principal", definiéndose este como aquel que se utiliza para recorrer la mayor distancia. Por ejemplo, una caminata hasta el paradero de autobús y posterior viaje en autobús sería considerado, en conjunto, como un viaje realizado en autobús, modo transporte público (NPTS, 1995).

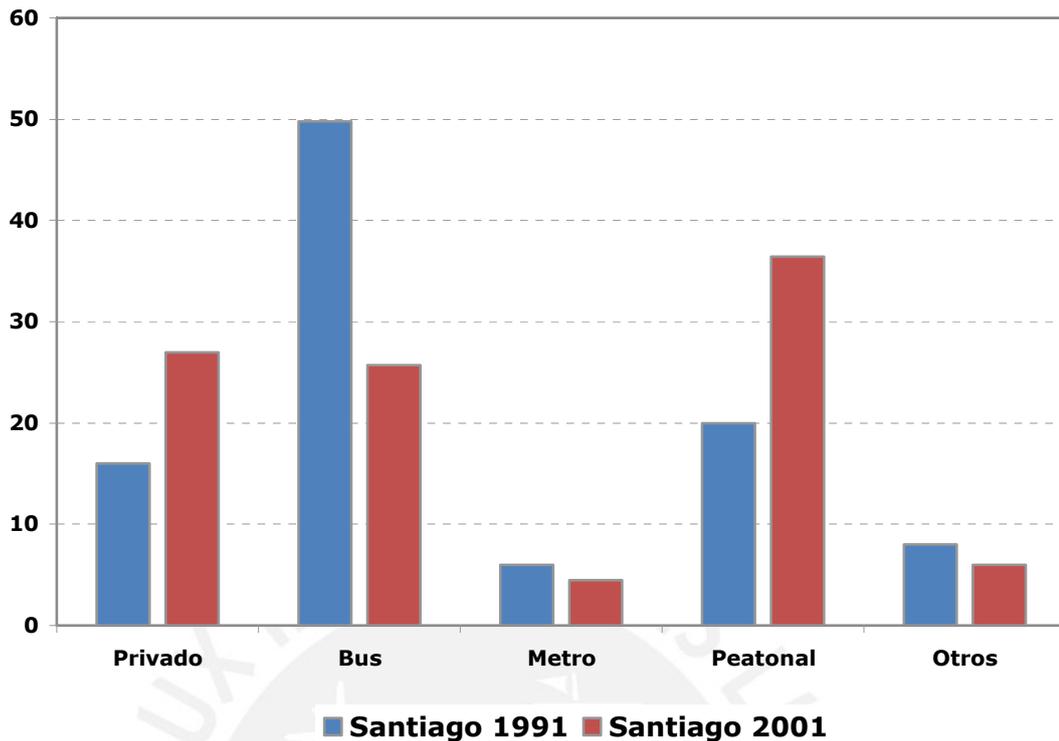


Fig. 2.3 Partición Modal del Transporte en la ciudad de Santiago de Chile
Fuente: Fernández, 2009

En la Fig. 2.3 se puede observar como el porcentaje de viajes peatonales aumentó entre los años 1991 y 2001 debido al cambio en la definición de viaje peatonal antes mencionado; también se puede notar que el porcentaje de vehículos privados aumentó mientras que el de buses disminuyó, eventos que describen la motorización de la ciudad.

En la lista de propósitos de viaje, se puede notar también, que el modo peatonal permite satisfacer necesidades humanas en un amplio rango, desde las más básicas y necesarias hasta las más superfluas sin limitarse al transporte. Esto se debe a que el modo peatonal es innato al ser humano, pues las personas nacen con la capacidad de caminar y utilizan esta capacidad para movilizarse de un lugar a otro mientras interactúan con el ambiente (Sarkar, 2003).

Características del Modo Peatonal

El modo peatonal está íntimamente relacionado con las características del ser humano, dado que es el único modo de transporte que no hace uso de vehículos y donde el individuo está directamente en contacto con el medio. Este hecho tiene implicancias en el diseño de la infraestructura peatonal.

Por un lado las características fisiológicas del ser humano, condicionan al modo peatonal; por ejemplo, la velocidad o el alcance están limitados a lo que una persona puede desarrollar y evidentemente serán menores que en el caso de otros modos. Al respecto, existen estudios que revelan que la casi totalidad de los viajes peatonales se encuentran por debajo de una milla (1.6km) de distancia (TRB, 2000). Esto implica que para que el tránsito peatonal sea viable, no debe sólo contar con la infraestructura que le permita caminar sino que debe contar con destinos dentro de su área de alcance o, en su defecto, con medios que le permitan desarrollar un viaje multi-modal.

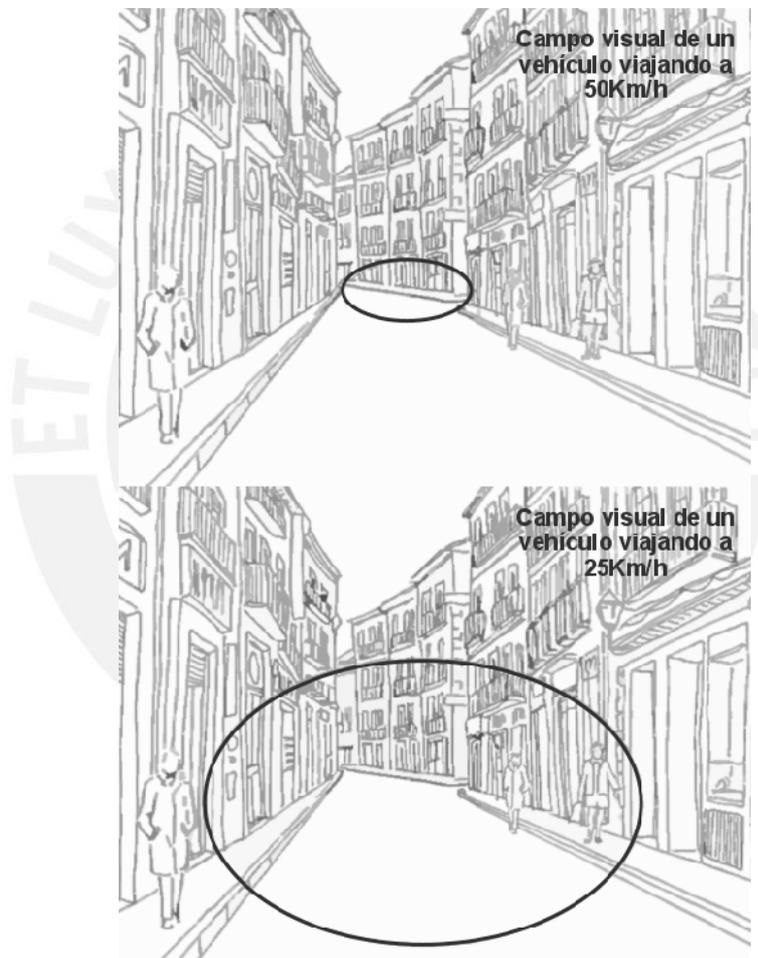


Fig. 2.4 Campo visual de un automovilista a 25km/h (abajo) y 50km/h (arriba)
Fuente: Adaptado de Sanz, 1996

Otra característica fisiológica es el mayor nivel de control sobre su velocidad y posición. Por ejemplo, los peatones pueden regular la velocidad con la que se aproximan a una intersección a fin de reducir el tiempo de espera detenidos (NCHRP, 2006). Esta característica es de significativa importancia ya que en muchos casos corresponde al peatón evitar una colisión en la cual tiene mayor probabilidad de terminar severamente lesionado (Thomas, 2008). La Fig. 2.4

muestra el campo visual del conductor de un vehículo particular a dos velocidades diferentes, 50 y 25 Km/h respectivamente. Como se puede observar, cuando el vehículo está viajando a 50Km/h es muy difícil para el conductor percatarse de los peatones que se encuentran a los lados de la vía.

Por otro lado el peatón se encuentra en contacto directo con el ambiente, lo que permite que los individuos sean capaces de apreciar características que de otra forma no podrían; mientras que también expone al individuo a condiciones negativas tales como el ruido, la contaminación ambiental y las condiciones climáticas extremas, entre otras.

La relación entre el individuo y el ambiente es por tanto de significativa importancia para un diseño de infraestructura vial que integre las necesidades del peatón. Según Fruin este diseño se debe evaluar con respecto a la seguridad vial, la seguridad pública, la continuidad, el confort y la coherencia entre espacios (Fruin, 1971). Es más, el parlamento europeo promueve la satisfacción de estas necesidades en la carta europea de derechos del peatón, la cual proclama en su primera sección:

“El peatón tiene derecho a vivir en un ambiente sano y a disfrutar libremente del espacio público en las condiciones de seguridad adecuadas para su salud física y psicológica.” (European Parliament, 1988)

Teniendo en cuenta la importancia de la interacción entre los distintos modos de transporte y la tradicional subordinación del modo peatonal frente al automóvil, la carta de los derechos del peatón del Parlamento Europeo insiste en la importancia de proveer una infraestructura especialmente orientada a satisfacer las necesidades del tránsito peatonal.

“El peatón tiene derecho a vivir en centros urbanos o rurales organizados a medida del hombre y no del automóvil, y a disponer de infraestructuras a las que se pueda acceder fácilmente a pie o en bicicleta.” (European Parliament, 1988)

Finalmente, la capacidad de interactuar con el medio, inclusive de forma pasiva, es una característica del transporte peatonal que da pie al desarrollo de otras actividades que no se pueden describir puramente como transporte, por ejemplo,

una caminata recreativa. Estas actividades que integran funciones de índole recreativa o social han cobrado mayor importancia en las últimas décadas.



Fig. 2.5 Reunión espontánea en una vía peatonal
Fuente: propia

2.2. La Importancia del Circulación Peatonal en las Ciudades

La historia de las ciudades ha estado marcada por la historia de las técnicas de transporte y almacenamiento de los bienes (b), la información (i) y las personas (p). (Ascher, 2004, p20)

Esta cita nos ayuda a entender la importancia que el transporte tiene a nivel urbano y como a través del tiempo los avances tecnológicos, por ejemplo, la invención del automóvil, han influido en las características de nuestras ciudades. Ascher explica que en los últimos 15 años la velocidad de desplazamiento ha aumentado en un 30% (Ascher, 2004), permitiendo que las ciudades crezcan en extensión. A fin de entender la importancia del modo peatonal se puede observar cómo ha participado en la forma en que las ciudades han cambiado hasta llegar a su condición actual.

Con el paso del tiempo, la forma en que las personas vivimos en comunidad ha ido cambiando, inclusive en la actualidad existen diversas concepciones de lo que es una ciudad y características tales como las costumbres o la cantidad de habitantes hacen que los parámetros con los que estas se diseñan varíen ampliamente. Por ejemplo, las ciudades de Estados Unidos se organizan en un modelo de ciudad privada o residencial con grandes centros suburbanos de viviendas, que requieren

de transporte privado para acceder a las zonas de trabajo situadas en el centro de la ciudad o en otros centros suburbanos.

En la antigua Roma, donde los principales modos de transporte eran la carreta y el tránsito peatonal, se podía observar otro tipo de requerimientos para la gestión de la movilidad.



*Fig. 2.6 Cruces peatonales en Pompeya, Italia.
FOTO: Thomas Möllmann*

En la Fig. 2.6 se observa como el espacio para peatones (veredas) está separado del área destinada a las carretas. Asimismo, se observa la existencia de un paso peatonal de piedra en los cruces que servía para que los transeúntes puedan cursar la vía sin necesidad de pisar la calzada frecuentemente sucia debido a los excrementos dejados por los animales que jalaban las carretas.

A lo largo de más de dos mil años los principales medios de transporte al interior de una comunidad fueron los mismos: a caballo, a carreta o a pie. Estos medios determinaron las características de las ciudades, por ejemplo, los problemas de salubridad pública derivadas del uso de animales. De hecho, Jacobs argumenta que antes de la aparición de los vehículos automotores esta situación era crítica en la mayoría de ciudades europeas (Jacobs, 1961).

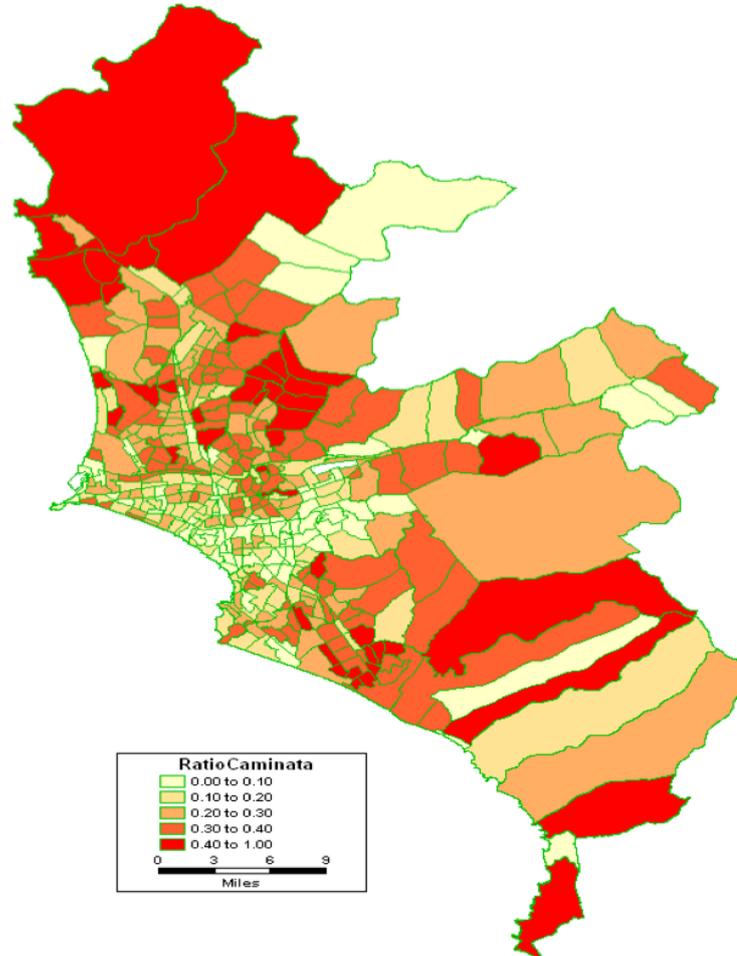
Las condiciones de movilidad cambian radicalmente con la introducción del automóvil a comienzos del siglo XX, primero en Estados Unidos con el modelo “T” de Henry Ford en 1908 y luego en todo el resto del mundo, alcanzando la

hegemonía como el principal medio de transporte de personas en fechas posteriores a la segunda guerra mundial. Jacobs explica que frente a la situación previa el automóvil representó una gran mejora y que su éxito era inevitable ya que los motores eran más limpios, menos ruidosos y ocupaban mucho menos espacio que los caballos.

Esto generó cambios importantes en la forma como las ciudades se desarrollaron. El automóvil permitió extender la superficie de las ciudades haciendo más factible transportar bienes y personas a grandes distancias. Si bien ciudades como Lima crecieron significativamente durante el siglo XX por diversas razones, este crecimiento no se habría podido sostener sin la existencia de los vehículos motorizados. Pero en el largo plazo, como Jacobs explica, los automóviles fueron víctimas de su propio éxito, ya que en muchas ciudades la congestión vehicular reduce significativamente la eficiencia en el transporte.

Lamentablemente, el incremento de las distancias se vuelve perjudicial para el uso de modos como el peatonal debido a las limitaciones de alcance. Ya en 1961 Jacobs reconoce el conflicto entre los automóviles y los peatones, y argumenta que la solución es integrar los distintos modos de transporte y gestionarlos de manera que su uso sea balanceado.

A pesar de la masificación del automóvil a nivel global, en el Perú el modo peatonal mantiene hasta hoy día su vigencia. En la ciudad de Lima particularmente, se puede observar cómo el modo peatonal y el transporte público todavía representan más del 75% de los viajes en conjunto (Yachiyo, 2005).



*Fig. 2.7 Mapa del ratio de caminata.
Elaboración: STCTLC Fuente: YACHIYO, 2005*

La Fig. 2.7 muestra el ratio de caminata por distrito en la ciudad de Lima. Como se puede observar, el centro de la ciudad es donde la proporción de viajes peatonales es menor, mientras que en las zonas periféricas de la ciudad aumenta su importancia. En un estudio realizado en el asentamiento humano Juan Pablo II del distrito de San Juan de Lurigancho por Pau Avellaneda, se encontró que el 88% de los encuestados caminaban más allá del paradero más cercano para abaratar el costo del pasaje de transporte público (Avellaneda, 2007). Ejemplos como este ilustran las condiciones de movilidad de la ciudad y explican la importancia que tiene el modo peatonal para la población más necesitada desde el punto de vista económico.

Finalmente, el tránsito peatonal se perfila como uno de los medios de transporte que permitirán el desarrollo sostenible de las ciudades, ya que facilita el desarrollo de viajes multi-modales. Esta idea tratada por Jacobs en 1961, adquiere hoy mayor vigencia debido a eventos tales como el calentamiento global.

2.3. Las Actividades Desarrolladas en el Espacio Público

Al analizar las características del modo peatonal se pudo observar que este no constituye únicamente un medio de transporte sino que también puede estar relacionado con la actividad que origina el viaje, como es el caso de una caminata recreativa. Para entender mejor esta situación es necesario analizarla desde la perspectiva de las actividades que se desarrollan en el espacio público urbano.

Jan Gehl propone la necesidad de generar espacios donde las personas pueden convivir y que esté orientado a satisfacer sus necesidades y no aquellas de los vehículos o los edificios. Para esto lleva a cabo un desarrollo basado en la observación de distintos ambientes urbanos e introduce la existencia de tres tipos de actividades exteriores: *actividades necesarias*, *actividades opcionales* y *actividades sociales (resultantes)*. (Gehl, 2006)

Estas categorías de actividades no se restringen al modo peatonal, sin embargo, muchas actividades específicas requieren que los participantes sean peatones. Además, comprender estas actividades nos permite entender el contexto en el que los peatones se desenvuelven. A continuación, se describen brevemente los tres tipos de actividades peatonales propuestos por Gehl:

- Las actividades necesarias son aquellas sobre las cuales las personas tienen poco control respecto a la decisión de realizarlas o no; por ejemplo, asistir al colegio, ir a trabajar o ir de compras a la bodega. Cuando las personas hacen uso del modo peatonal para realizar estas actividades lo hacen como un medio de transporte.
- Las actividades opcionales "aquellas en las que se participa por el deseo de hacerlo..." (Gehl, 2006, p17); dentro de estas encontramos principalmente actividades recreativas o de ejercitación. En este caso la actividad peatonal no solo responde al interés de transportarse de un punto a otro sino también de participar en la actividad a lo largo de la ruta.
- Las actividades sociales (resultantes), por otro lado, son aquellas que suceden en el espacio público debido a la interacción del individuo con el entorno o con otros individuos. En este caso no se trata necesariamente de una actividad de transporte pero sí de una que se origina en la ruta del peatón.

Gehl también introduce el concepto de "*Calidad del entorno físico*" y presenta la relación entre este nuevo concepto y los tipos de actividades. Como se puede observar en la figura mostrada a continuación (Fig. 2.8), todos los tipos de actividades se benefician de una alta calidad del entorno, sin embargo, no de igual forma. Mientras que las actividades necesarias reciben un mínimo beneficio, las actividades opcionales casi no suceden si no existe una alta calidad.

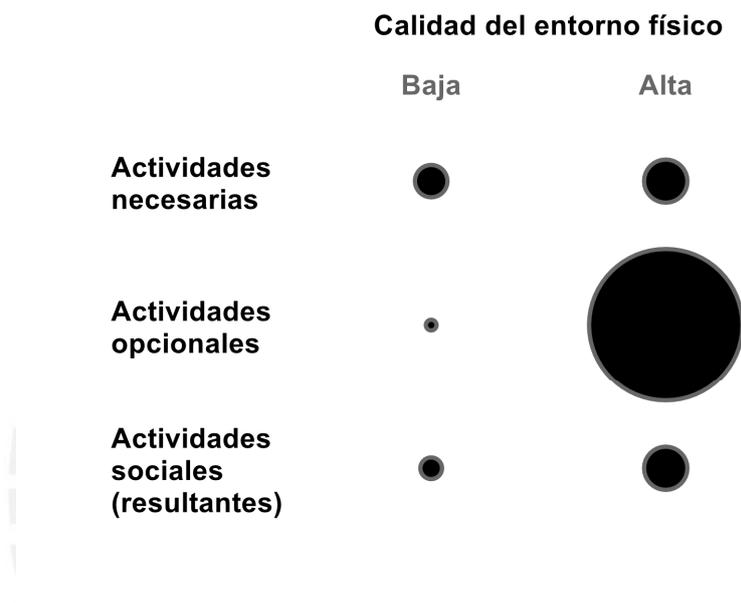


Fig. 2.8 Relación entre las actividades y la calidad del entorno
Fuente: Adaptado de Gehl, 2006

De este análisis podemos concluir que la calidad del entorno físico representa un requisito importante para un gran porcentaje de las actividades peatonales y por tanto es una característica que debe ser evaluada al momento de diseñar infraestructura para uso del modo peatonal. Esta visión, que tiene su origen en el espacio público orientado a la persona, debe encontrar su lugar en la ingeniería a fin de garantizar la integración de usos y modos de transporte.

2.4. El tratamiento del Peatón como Vehículo

La perspectiva tradicional de la ingeniería de transporte ha privilegiado el análisis de los vehículos y no el de los peatones (D'Andrea, 2003). Situación que se puede observar en muchas comunidades tanto del Perú como de otros países a nivel mundial y que se ve reforzada por la concepción del modo peatonal como otro modo vehicular más.

Tradicionalmente la evaluación del nivel de servicio se ha basado en mediciones de flujo sin tener en cuenta otros aspectos. Este tipo de análisis ha sido muy exitoso al modelar el comportamiento de los vehículos. Sin embargo, como ya se ha explicado anteriormente, el modo peatonal tiene características de comportamiento distintivas con requerimientos que no se limitan a la capacidad de circular.

De hecho, el Highway Capacity Manual (HCM) plantea un análisis basado únicamente en condiciones de circulación. Esto, a pesar de reconocer que existen otros aspectos importantes que determinan la percepción de nivel de servicio por parte de los usuarios (TRB, 2000).

Este enfoque se debe en parte a los beneficios evidentes de describir el modo peatonal en función de las mediciones de flujo y circulación, ya que provee un análisis objetivo y cuantitativo del funcionamiento de la vía como medio de circulación. Sin embargo, no constituye un indicador absoluto de la calidad del transporte o de la vía. En el caso de los automóviles, el flujo tiene una valoración muy alta que lleva a ignorar otros aspectos, cosa que no sucede en el tránsito peatonal.

El modelo de la Fuerza Social propuesto por Dirk Helbing, explica el comportamiento de los peatones en distintas situaciones. Para esto se basa en la teoría molecular de los gases, la cual representa mejor el grado de libertad que tiene los peatones (Helbing, 1998). Este desarrollo teórico llevado al ámbito de la micro-simulación por software (VISSIM) permite entender los flujos peatonales en distintos niveles de densidad.

El modelo plantea que en situaciones de movilidad limitada el comportamiento es muy semejante al de los vehículos. Por ejemplo, se forman espontáneamente canales alternados dentro del flujo para ordenar los movimientos en ambos sentidos que se asemejan a los carriles de automóviles. Esta situación cercana a la saturación, se define como "el peor nivel de servicio".

Por otro lado el comportamiento es significativamente distinto cuando las limitaciones no están presentes. Por ejemplo, Helbing describe la capacidad de los peatones de tomar atajos acordes a sus necesidades. Esta idea explica comportamientos que no corresponden a la modelación tradicional de flujo donde las vías son fijas. Es más, el modelo tradicional basado en circulación califica una

vía completamente vacía como de óptimo nivel de servicio, situación que en muchos casos evidencia exactamente lo opuesto.

El modelo propuesto por Helbing de comportamiento peatonal nos permite entender como los peatones se comportan de manera distinta a los vehículos cuando no están en situaciones de movilidad limitada, y plantea la necesidad de desarrollar herramientas que permitan evaluar la calidad de las vías peatonales de forma más representativa, desde la percepción que tienen los usuarios.

2.5. Resumen y conclusiones del capítulo

En este capítulo se presenta la problemática del transporte en el ámbito urbano, identificando las principales características del tránsito peatonal, tanto aquellas fisiológicas como las de confort. También se indica la importancia que tiene el modo peatonal a nivel urbano permitiendo la integración en un sistema de transporte multi-modal.

Se presentaron los propósitos que originan los viajes peatonales y como estos ayudan a entender las necesidades de los peatones tanto en el ámbito local como en el de otras ciudades.

Desde el punto de vista local se encontró que el modo peatonal presenta características que lo hacen especialmente relevante y que llaman a promover el diseño de infraestructura vial orientada a los peatones.

Se presentaron las categorías de actividades en el espacio público propuestas por Jan Gehl que ayudan a entender la importancia de la calidad del entorno físico para el desarrollo de actividades peatonales.

Se presentó también, la problemática de considerar al modo peatonal simplemente como un modo vehicular más.

El desarrollo realizado en este capítulo permite concluir que el modo peatonal en la actualidad representa uno de los modos de transporte más sostenibles y que promueven la participación en el ámbito urbano.

Por otro lado, este grado de participación e interacción conlleva requerimientos específicos de calidad en el ambiente, que deben ser satisfechos para permitir que el modo peatonal progrese, y que como consecuencia, eleven los estándares de vida para los habitantes de la zona.

Capítulo 3. Criterios de Calidad en el Transporte Peatonal

3.1. La Importancia de Evaluar la Infraestructura Peatonal

La necesidad de transportarse y el uso de los recursos

Hemos visto que en el ámbito urbano la necesidad de transportarse está ligada a las distintas actividades que se llevan a cabo, por ejemplo, ir a trabajar en auto o realizar una caminata recreativa. Gran parte de las actividades que realizamos involucran moverse de un lugar a otro, por lo que las necesidades de transporte pueden ser muy variadas.

Para poder llevar a cabo estos movimientos las personas hacen uso de distintos recursos. En el caso del transporte automovilístico, por ejemplo, estos recursos son el mismo automóvil, la pista, la gasolina y el tiempo que transcurre durante el transporte. Como se puede observar en este caso algunos son recursos provistos directamente por el usuario, mientras que otros son provistos por la ciudad.

Pero el recurso que es común a todos los medios de transporte y a otras actividades es el espacio público, la calle misma. Tanto el tránsito peatonal como el vehicular comparten este espacio y cada uno plantea requerimientos específicos.

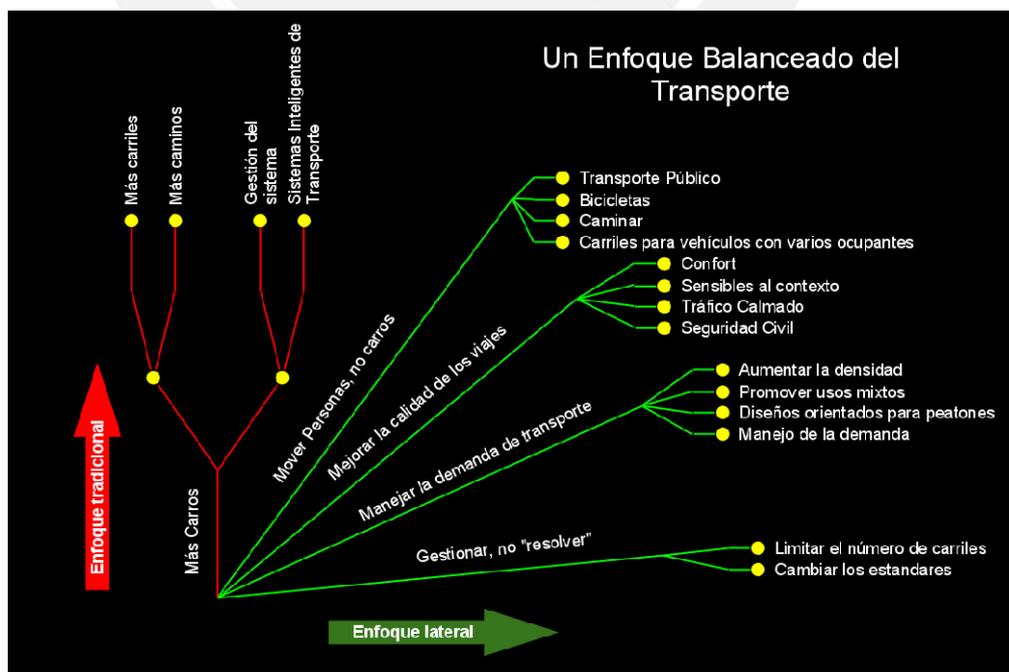


Fig. 3.1 Enfoque balanceado del transporte
Fuente: Adaptado de Raulerson, 2010

La Fig. 3.1 muestra el enfoque tradicional con el que la ingeniería de transportes normalmente ha enfrentado el problema (en rojo), manejando la oferta de transporte a través del aumento en la cantidad de vías o a través de la gestión más eficiente de estas. Por otro lado también presenta los distintos conceptos que componen un análisis integral y balanceado del transporte. Entre estos últimos encontramos que garantizar la viabilidad del tránsito peatonal así como su calidad, son conceptos que no sólo ayudan a resolver el problema de las personas que caminan sino que orientan la gestión del transporte en una dirección más balanceada y sostenible.

En resumen, la importancia del transporte y el uso de los recursos comunes llama a plantear metodologías que permitan evaluar la forma en que estos recursos están siendo empleados por los diversos modos de transporte, con la finalidad de proveer un servicio acorde con una visión integral en el marco de las necesidades de la población.

El Espacio público es un Recurso común

Como ya se ha mencionado el transporte a través de sus diferentes modos hace uso del espacio público. Adicionalmente los distintos modos tienen particulares requerimientos de espacio y de calidad del espacio.

Pero por otro lado, cada uno de los modos genera impactos en este espacio. Dichos impactos pueden ser positivos o negativos para la calidad general del entorno. La gran cantidad de posibles combinaciones genera espacios públicos de distintas características.

Estas características deben ser evaluadas a fin de comprender como estos espacios están sirviendo para sus distintos propósitos. Un ejemplo simple en el que poco importa la interacción entre modos es analizar si una vereda tiene suficiente ancho como para satisfacer al volumen peatonal. Otro ejemplo, un tanto más complejo, sería considerar si el flujo vehicular en una vía genera demasiada demora para los peatones que intentan cruzarla.

El nivel de servicio peatonal como indicador de calidad

En este contexto se plantea el nivel de servicio como una herramienta de ingeniería que permite evaluar la calidad con la que se satisface la necesidad de transitar por

las vías, cuya finalidad última es ayudar a los diseñadores de infraestructura peatonal con elementos de análisis objetivos.

En las primeras etapas del diseño de un proyecto se plantean distintas alternativas, tanto para proyectos nuevos de infraestructura como para realizar mejoras a aquellos ya existentes. Para desarrollar el proyecto adecuado es necesario analizar dichas alternativas bajo distintos criterios: costo, tiempo de ejecución, calidad y otros. El resultado de estos análisis determinará finalmente cuál o cuales de las alternativas son las más óptimas.

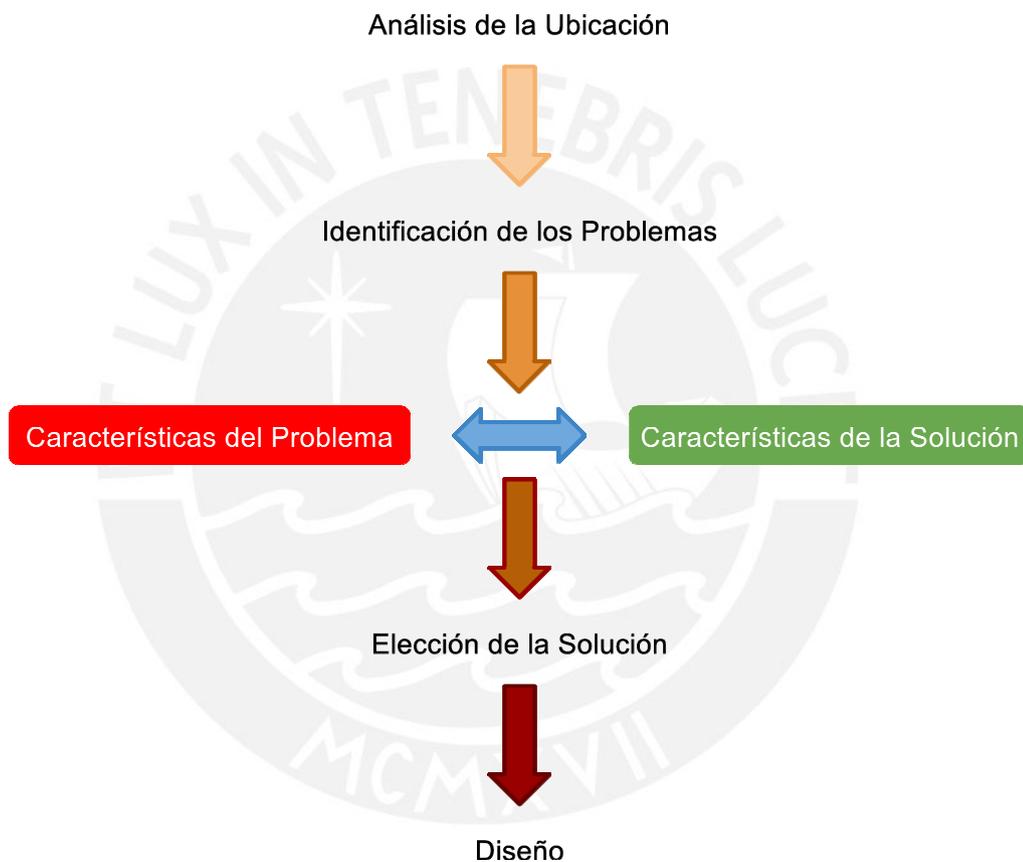


Fig. 3.2 Esquema simplificado del proceso de diseño
Fuente: Adaptado de D'Andrea, 2003

La Fig. 3.2 muestra el esquema simplificado del proceso de diseño en ingeniería antes mencionado, en el que se puede apreciar cómo las condiciones locales son de suma importancia. También se observa cómo es necesario plantear criterios de ingeniería que nos permitan analizar y evaluar tanto las características del problema como aquellas de la solución.

En este contexto, el nivel de servicio peatonal describe la calidad como uno de los principales factores a tomarse en cuenta para el diseño de la infraestructura vial.

Sin embargo, la evaluación de la calidad ha estado tradicionalmente restringida a las condiciones de flujo y circulación, que en muchos casos no la representan efectivamente.

Un análisis de la psicología del espacio revela los siguientes criterios de evaluación que afectan la percepción de calidad de la infraestructura por parte de los peatones (NCHRP, 2006)

- Seguridad vial
- Confort
- Conveniencia
- Eficacia y disponibilidad
- Calidad Humana

Estos criterios se han agrupado en cuatro distintos tipos de análisis o aspectos que se presentarán para evaluar la calidad del tránsito peatonal:

- Disponibilidad y Acceso. Se analiza la existencia de infraestructura peatonal y la capacidad que esta tiene de interconectarse con otros medios de transporte.
- Capacidad. Es el análisis tradicional basado en condiciones de flujo y circulación. Evalúa la densidad, velocidad y demoras de los peatones en los distintos tipos de infraestructura.
- Seguridad vial. Considera la ocurrencia de accidentes y la percepción de inseguridad del peatón con respecto a las condiciones de servicio.
- Espacio público. Busca satisfacer las necesidades de un ambiente confortable y de calidad humana en la infraestructura peatonal.

A continuación se describirá brevemente cada uno de los aspectos mencionados.

3.2. Disponibilidad y Acceso al Transporte Peatonal

El análisis de la infraestructura peatonal desde la perspectiva de la disponibilidad y el acceso se orienta a determinar la capacidad de proveer un espacio peatonal continuo que los individuos puedan usar para transitar. Para este fin se evalúa la existencia de veredas que conectadas entre sí constituyan una red de transporte.

Como se ha mencionado, el modo peatonal no tiene el alcance suficiente como para comunicar vecindarios alejados dentro de una misma ciudad. Por esto un análisis de disponibilidad del modo involucra la interacción que existe con los otros

modos, en particular el transporte público y la bicicleta. De hecho, Replogle propone una caracterización peatonal de los vecindarios en función a cinco factores: *veredas, zonificación y uso del suelo, retiros, paraderos e infraestructura para ciclistas* (Parks, 2006).

Cabe recalcar que la viabilidad del tránsito peatonal depende también de otros factores tales como los económicos y los urbanísticos. De los cinco factores que Replogle menciona, dos de ellos, la zonificación y los retiros, corresponden a parámetros urbanos, mientras que la calidad de los paraderos y la infraestructura para ciclistas corresponden a la capacidad de realizar recorridos multi-modales.

En cuanto a la infraestructura puramente peatonal hay que entender que la problemática de disponibilidad y acceso al tránsito peatonal está determinada por la existencia o no de veredas. Esta última situación suele presentarse en áreas suburbanas o en zonas de expansión de las ciudades.

Otros casos que plantean discontinuidades en el tránsito peatonal se presentan en aquellos lugares donde otros modos de transporte, particularmente el automóvil, generan un efecto barrera. Ejemplo de esto son las autopistas o avenidas con elevado flujo vehicular ya que representan obstáculos difíciles de superar para los peatones.

3.3. La Capacidad en los Espacios Peatonales

Tradicionalmente la ingeniería de transporte ha enfrentado el problema de la calidad y nivel de servicio (en los diversos modos) desde la perspectiva de la circulación. Esto se debe a que uno de los más importantes y complejos problemas presentes en las ciudades es el de la congestión vehicular (Poli, 2006). Este problema que hoy se presenta a escala global, ha sido estudiado ya desde los años cincuenta a través de desarrollos matemáticos y estadísticos (Ashton, 1966).

La complejidad del problema de la capacidad se deriva de un principio básico de la física, el que indica que dos cuerpos no pueden usar el mismo espacio al mismo tiempo. Cuando esta situación tiende a suceder se produce un conflicto. Dado que el espacio para las vías es limitado y que el volumen de vehículos ha aumentado significativamente en las últimas décadas, la aparición de conflictos se ha vuelto inevitable.

El enfoque tradicional de la circulación analiza estos conflictos teniendo en cuenta las situaciones que se presentan en la vida cotidiana. Esto permite identificar tres diferentes tipos de conflictos para el caso vehicular (Fernández, 2008):

- **Concurrenciales:** Dos vehículos moviéndose en la misma dirección en donde el segundo desea sobrepasar al primero.
- **Direccionales:** Dos vehículos moviéndose en direcciones distintas que deben evitar una colisión.
- **Funcionales:** Dos vehículos que están usando la vía de forma distinta y donde estos usos entran en conflicto. Por ejemplo, un autobús esperando por pasajeros con un automóvil atrás que quiere avanzar.

En el caso del transporte peatonal, la problemática de la circulación se ha enfrentado con criterios similares a los del transporte vehicular. De hecho, también se pueden identificar estos tres tipos de conflictos. Por ejemplo, un grupo de personas paradas en una vereda conversando representan un obstáculo para alguien que esta recorriendo la vía. En este caso observamos un conflicto funcional. (Ver Fig. 2.5)

El manual de capacidad de carreteras (HCM) en particular, plantea que el análisis de circulación peatonal comparte los mismos principios básicos que la circulación vehicular. A pesar de reconocer la existencia de diferentes factores que influyen la calidad del tránsito peatonal, define los principios de la circulación de este como similares a aquellos de los vehículos (TRB, 2000).

Condiciones evaluadas en un análisis de capacidad

En el análisis tradicional de capacidad se plantean dos tipos de elementos: de flujo continuo y de flujo interrumpido. Los primeros son aquellas donde los conflictos con otros peatones o vehículos ocurrirán a lo largo de la vía peatonal. Ejemplos de este tipo son las veredas, puentes peatonales, caminos peatonales, etc. En el segundo tipo encontramos a los cruces donde el peatón debe detenerse; por ejemplo, las intersecciones semaforizadas.

En el caso de los elementos de flujo continuo el análisis de capacidad considera las condiciones del flujo peatonal, entre ellas la densidad, la velocidad, el ancho y la formación de pelotones. El criterio principal del análisis es garantizar las condiciones que permitan al peatón moverse a la velocidad y en la dirección que desee.

Según este análisis se puede afirmar que el principal indicador de problemas en la movilidad peatonal es el espacio con el que cada peatón cuenta para circular. Fruin desarrolla las condiciones donde la movilidad se ve restringida por la elevada densidad de peatones y la consiguiente falta de espacio (Fruin, 1971).

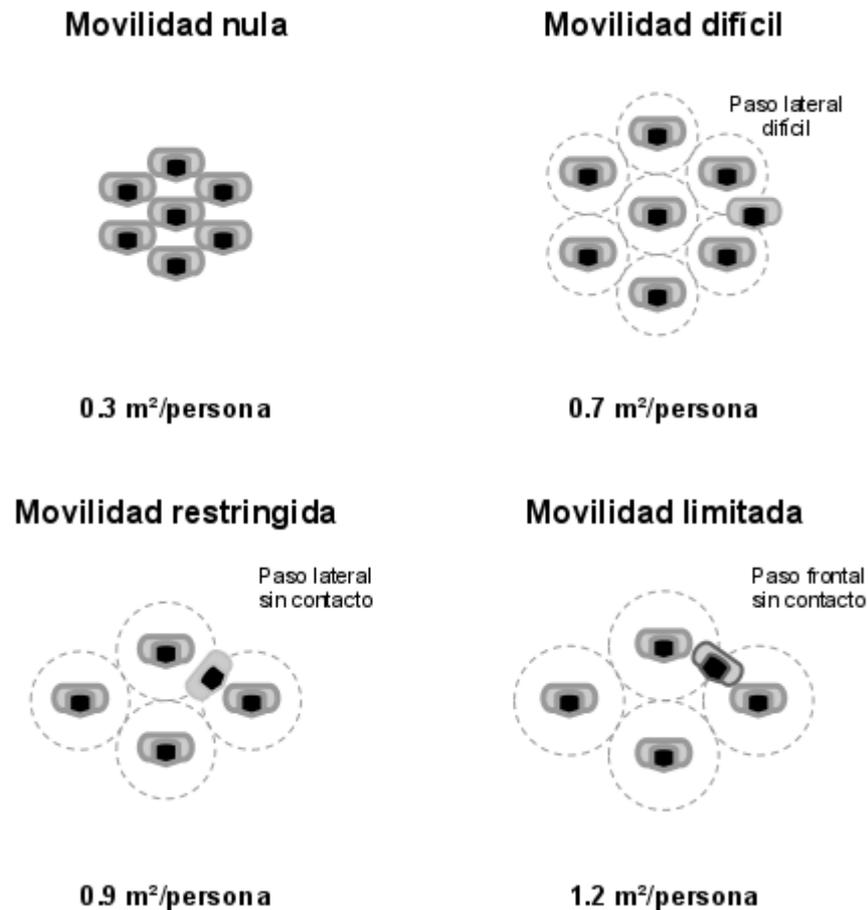


Fig. 3.3 Diferentes condiciones de movilidad según el espacio disponible por persona

Fuente: Adaptado de Fruin, 1971

La Fig. 3.3 muestra las distintas condiciones de densidad en que la circulación peatonal se ve restringida o limitada. Estas son las situaciones que el análisis de capacidad trata de evitar, sin embargo, no representa todo el espectro de posibilidades ya que en muchos casos las veredas u otros elementos de flujo continuo presentan condiciones con menor densidad peatonal.

Otro tipo de conflictos que el análisis de capacidad reconoce es aquel en que el peatón se encuentra con otros vehículos no motorizados (bicicletas) que comparten el espacio. Al respecto cabe indicar que no en todas las ciudades se permite que vehículos no motorizados, particularmente las bicicletas, transiten por las veredas;

sin embargo, existe la posibilidad de que esto ocurra en vías o senderos de uso compartido. En estas circunstancias se generan conflictos los cuales reducen la capacidad de la vía para ambos modos.

Por otro lado, el análisis de los elementos de flujo interrumpido considera las dos etapas en las cuales el peatón se ve involucrado: la espera y el cruce. Con respecto a la espera el análisis busca garantizar el espacio suficiente para que se acumulen las personas que van a cruzar. Así mismo evalúa el tiempo que las personas deberán esperar para cruzar, tanto en intersecciones con semáforos como aquellas sin estos. La segunda etapa se observa al momento del cruce, en este caso se busca analizar que los peatones tengan suficiente tiempo y espacio para cruzar.

El requerimiento de espacio es evaluado en función a la densidad de peatones de forma similar al análisis de elementos de flujo continuo, tanto para la etapa de espera como para aquella del cruce.

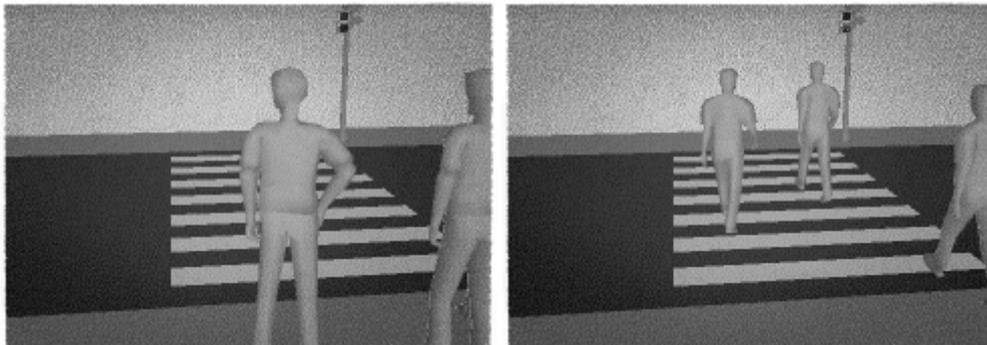


Fig. 3.4 Etapas del cruce peatonal (Intersección semaforizada)

La Fig. 3.4 muestra las dos etapas del cruce. El análisis de capacidad define un área de espera donde busca garantizar que los peatones tengan suficiente espacio. De igual forma, el área por donde los peatones cruzan debe contar con suficiente espacio. Una consideración importante es el tiempo de espera ya que a mayor tiempo existe mayor probabilidad de que el peatón ignore la señal del semáforo y decida cruzar cuando vea una brecha (TRB, 2000).

3.4. La Seguridad Vial de los Espacios Peatonales

La visión de la seguridad vial

En el Perú el 78% de las muertes relacionadas al transporte corresponden a peatones, siendo esta cifra el índice de mortalidad peatonal más elevado en el

mundo según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2009). Esta situación demanda la necesidad de enfrentar el problema y evidencia la importancia de un diseño que tome en cuenta las necesidades de los peatones a fin de no exponerlos a situaciones de alto riesgo.

El enfoque tradicional de la ingeniería ha sido considerar la seguridad vial como una externalidad del transporte y se ha separado del análisis de nivel de servicio, tanto para peatones como para vehículos. Sin embargo, la tendencia actual se orienta a considerar tanto la seguridad vial como la percepción de ésta como factores cada vez más importantes en el diseño de la infraestructura (NCHRP, 2008).

Con tal finalidad se han desarrollado herramientas que permiten evaluar las características de la infraestructura y definir el riesgo de accidentes. Entre estas herramientas tenemos las auditorías de seguridad vial, el modelo de nivel de servicio peatonal del departamento de transportes de Florida o el Manual de Seguridad de Carreteras.

Las auditorías de seguridad vial

Las auditorías de seguridad vial son una herramienta que permite evaluar las condiciones en que la infraestructura de transporte opera. Ellas permiten identificar las carencias que podrían conducir a colisiones tanto para vehículos como para peatones.

A diferencia de la evaluación de nivel de servicio, las auditorías no tienen como finalidad resumir las condiciones de una vía a un valor representativo, sino identificar problemas y proponer mejoras para subsanar estas deficiencias, lo cual plantea condiciones de uso distintas. Por ejemplo, las auditorías no deben ser usadas para comparar distintos proyectos sino para garantizar que el proyecto elegido cumpla con proveer un ambiente seguro (Dextre, 2008).

La percepción de seguridad

Una última consideración que está ganando importancia en el ámbito peatonal es la percepción de la seguridad. Durante el desarrollo de un sistema de evaluación multi-modal del transporte Bruce Landis y el Departamento de Transporte de Florida encontraron que la percepción de seguridad vial constituye uno de los factores más importantes para los usuarios de estos espacios. Es así que al

3.5. La Calidad del Espacio Público Peatonal

El espacio público urbano es el área de las ciudades que permite la vida de relaciones sociales, asimismo constituye una red de acceso a los servicios y beneficios que vivir en comunidad nos puede ofrecer. Entre ellos el agua potable, el desagüe y la electricidad. Pero uno de los atributos más importantes de este espacio es el transporte, ya que tanto el acceso a los servicios básicos como a las relaciones sociales representan siempre una necesidad de transportar bienes, servicios o personas.

Si bien existen situaciones en las que algunos modos de transporte pueden hacer uso de espacios privados, la mayor parte del transporte tanto a nivel mundial como en el Perú se llevan a cabo en el espacio público. Es más, en las situaciones en las que el transporte se desarrolla en ambientes privados, se presentan los mismos requerimientos que en el espacio público. Un ejemplo de esto es el desarrollo de los centros comerciales en los cuales las exigencias de calidad del medio son en muchos casos más estrictas que en las calles donde antes se realizaba el comercio.

Es por esto que la calidad de este espacio público genera un significativo impacto en la percepción de calidad del transporte. Sin embargo, dicho impacto es distinto dependiendo del modo de transporte y de la finalidad del viaje en cuestión, como se vio en el capítulo anterior. Una caminata recreativa demandará un mayor nivel de calidad que un viaje al trabajo en auto. Mientras que la primera probablemente no ocurra si las condiciones no son favorables, la segunda está ligada a otra actividad que garantiza su ocurrencia a pesar que las condiciones del viaje sean lamentables.

Contribución del Transporte Peatonal al Espacio Público

Uno de los aspectos donde el modo peatonal se diferencia de los otros modos de transporte es en que permite el desarrollo de actividades sociales de forma ambientalmente sensible (Sarkar, 2003). Esto a su vez enriquece la calidad del espacio público (Gehl, 2006).

Si a la importancia del modo peatonal se le suma el principio de que el espacio público no debe discriminar (Crousse, 2010), encontraremos que el transporte a pie constituye el modo más compatible con el desarrollo de un espacio público humano, aquello que Gehl denomina la humanización del espacio urbano.

Por otro lado, la infraestructura diseñada para satisfacer las necesidades de un transporte peatonal de calidad provee directamente valor urbano a los espacios aledaños. Por ejemplo, Gehl reporta el caso de un camino en los jardines de Tívoli en Copenhagen donde las bancas que se usaban eran aquellas aledañas al sendero y de éstas las preferidas eran aquellas con vista al sendero donde se desarrolla el tránsito peatonal y no las que daban la espalda, ya que la gente prefería participar de la actividad aunque sea de forma pasiva.

Requerimientos del Transporte Peatonal

La calidad del entorno físico es, sin embargo, entendida como un concepto más cualitativo y tradicionalmente se la ha excluido del ámbito de la ingeniería (FHWA, 2006). En los últimos años este enfoque está cambiando e incluso existe el reconocimiento por parte de organizaciones de ingeniería de estos factores, que en conjunto definen la calidad del entorno físico y que finalmente afectan la percepción de la calidad de la actividad peatonal. Entre estos factores el HCM 2000 enuncia confort, seguridad pública, conveniencia y economía (TRB, 2000). Todo esto a pesar de definir el nivel de servicio únicamente en base a criterios de circulación y flujo.

Como se mencionó anteriormente, los distintos modos de transporte presentan diferentes requerimientos, desde el equipamiento estrictamente necesario para el funcionamiento del modo hasta elementos que permiten la interacción con otros modos. Las vías férreas para un sistema de trenes urbanos, pistas asfaltadas para los vehículos o cruces peatonales en vías de tránsito vehicular son sólo algunos de estos requerimientos.

En cuanto al modo de transporte peatonal sin embargo, se debe introducir una característica que tiene menor presencia en otros modos, y que es la "calidad del entorno físico". Como se ha explicado, esto se debe también a que los peatones tienen comparativamente un menor grado de control sobre el ambiente que los rodea y se tienen que adaptar a las condiciones del medio de circulación. En contraposición, otros modos de transporte pueden regular las características del ambiente tales como el ruido, contaminación y temperatura (Sarkar, 2003).



Fig. 3.6 Bancas a lo largo de una vía peatonal en la Pontificia Universidad Católica del Perú

Fuente: propia

Finalmente, como se mencionó en el capítulo anterior el espacio público es el lugar donde se desarrollan tres tipos de actividades y es a través del modo peatonal que la mayor parte de las actividades opcionales y sociales resultantes se llevan a cabo. La Fig. 3.6 muestra como la presencia de bancas a los lados de una vía peatonal permiten a los transeúntes desarrollar actividades que no están relacionadas con el transporte directamente. Se recordará que para estas actividades la importancia de la calidad del entorno es crítica inclusive para que la actividad se lleve a cabo.

3.6. Resumen y conclusiones del capítulo

En este capítulo se presentaron los criterios que determinan la percepción de la calidad contemplando distintos aspectos del tránsito peatonal, y que deben ser tomados en cuenta por la ingeniería de transporte como parte del proceso de diseño y evaluación de la infraestructura vial urbana.

Los cuatro aspectos presentados que determinan la percepción de la calidad, son: disponibilidad y acceso; capacidad; seguridad y espacio público.

Se encontró que si bien son relevantes, las condiciones de capacidad (flujo y circulación) no necesariamente constituyen el aspecto principal. En general la evaluación de nivel de servicio debe ser capaz de identificar las necesidades en

cada uno de estos aspectos, y de evaluar las medidas empleadas para gestionar estas necesidades.

Se puede concluir que se requiere una evaluación integral de estos cuatro aspectos para poder describir la percepción de calidad del servicio por parte del peatón. Adicionalmente cada aspecto incluye requerimientos específicos dependiendo de la actividad peatonal que se desarrolla en la infraestructura y en el espacio público.



Capítulo 4. Metodologías Usadas para Evaluar la Calidad del Servicio Peatonal

4.1. El Estado de la Práctica y Metodologías Innovadoras

El Reporte 616 de la NCHRP sostiene la necesidad de plantear una metodología que permita evaluar de forma integral los distintos aspectos de la infraestructura vial. Dicha necesidad ha sido desarrollada en los capítulos previos con aportes de distintos autores. A continuación se desarrollará una descripción de las metodologías que serán usadas posteriormente en el análisis práctico.

Entre estas metodologías se encuentran aquellas más usadas en el ámbito de la ingeniería así como otras que han sido presentadas recientemente y todavía están ganando aceptación. Asimismo se ha incluido una metodología que corresponde al ámbito del planeamiento, denominada caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales, considerando que es la que mejor representa el criterio de disponibilidad y acceso a nivel macro.

Las metodologías de evaluación del nivel y calidad de servicio que se desarrollarán en este capítulo son las siguientes:

Nivel de Servicio Peatonal según el HCM. Es el procedimiento estándar en la evaluación de la infraestructura peatonal, cuyos principios se remontan a la obra de John Fruin y ha sido desarrollado a través de las últimas dos ediciones del manual de forma extensiva. En la actualidad es la metodología que más se practica tanto a nivel nacional como internacional.

Evaluación de cruces peatonales según el reporte 562 del NCHRP. Es un documento elaborado con la finalidad de actualizar el HCM y se enfoca en el análisis de intersecciones no semaforizadas. El núcleo del análisis es el mismo desarrollo teórico del HCM, sin embargo, amplía los criterios de análisis integrándolos con recomendaciones de diseño. Es una metodología relativamente nueva (2006) y todavía está ganando aceptación en Estados Unidos, país donde se desarrolló.

Auditorías de seguridad vial. Es una herramienta que permite evaluar los diseños desde la perspectiva de la seguridad, su finalidad no es calificar las condiciones de seguridad sino identificar las situaciones de riesgo y el comportamiento del diseño ante estas situaciones. Su uso se ha popularizado a nivel mundial y constituye una de las mejores herramientas empleadas en el ámbito local.

Análisis de ocurrencia de accidentes. Es un procedimiento sencillo que permite identificar las condiciones negativas de servicio en base a la ocurrencia de accidentes. Este procedimiento también es conocido como identificación de puntos negros. Es ampliamente utilizado en el ámbito local.

Nivel de servicio multi-modal para vías urbanas (Reporte 616 NCHRP). Esta metodología integra el método tradicional del HCM con una propuesta innovadora de percepción de seguridad desarrollada por Bruce Landis. El reporte mismo es relativamente reciente pero la metodología viene usándose en el estado de Florida (Estados Unidos) desde el año 2000.

Nivel y calidad del servicio basados en confort. Una metodología propuesta por Sheila Sarkar y que recoge el concepto de actividades en el espacio público. La metodología integra los requerimientos tradicionales de flujo y circulación con elementos de planeamiento urbano en cinco indicadores de nivel y calidad.

Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales. Es una metodología de planeamiento que se orienta a evaluar el desarrollo urbano y la integración del modo peatonal. Si bien es común entre planificadores y urbanistas, con múltiples adaptaciones, no es comúnmente usada en el ámbito de la ingeniería.

A continuación se detallará cada una de estas metodologías.

4.2. Nivel de Servicio Peatonal HCM

El nivel de servicio peatonal desarrollado por el HCM representa el enfoque tradicional de la ingeniería de transporte. Dicho enfoque se basa en las condiciones de flujo para definir la calidad del tránsito peatonal. A continuación se presentan los conceptos de esta metodología de análisis así como los distintos criterios utilizados en cada una de las circunstancias en que se aplica.

El objetivo del análisis es verificar que los peatones cuenten con libertad de movimiento, es decir, que puedan elegir en qué dirección moverse, con qué velocidad y que los conflictos sean los mínimos posibles. Para lograr esto se desarrolla la relación que existe entre el espacio disponible para cada peatón y las condiciones de flujo.

Este análisis parte definiendo el espacio que ocupa un peatón, simplificado como una elipse de 0.60 cm. por 0.50 cm. (Fig. 4.1). Esta área se define como el espacio

básico que requiere un peatón. A partir de este punto a mayor espacio disponible se podrá desarrollar mayor libertad de movimiento.

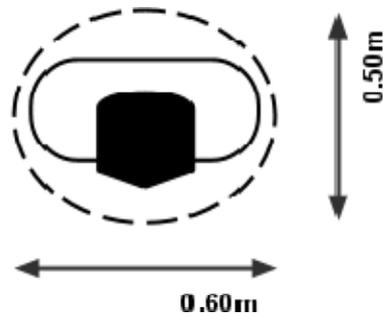


Fig. 4.1 Representación simplificada del área ocupada por un peatón
Fuente: Adaptado de FHWA, 1998

El concepto de espacio como medida de capacidad está bastante desarrollado y existen numerosos estudios que demuestran como en altas concentraciones los individuos tienen grandes dificultades de desplazamiento. Pero existe otra condición que limita los movimientos, que es la interacción con los otros modos, en particular con el tránsito vehicular. Es por esto que el análisis de capacidad se divide en dos partes, los elementos de flujo continuos y aquellos de flujo interrumpido.

Elementos de flujo continuo

Como ya se ha mencionado en condiciones de flujo continuo el espacio disponible es el principal factor que determina la calidad del servicio. Por ejemplo el manual menciona que en espacios con menos de 1.5 m² por persona, inclusive los peatones más lentos se ven confinados a velocidades menores a las deseadas.

A fin de realizar la evaluación de nivel de servicio la metodología plantea el análisis de los siguientes factores de la demanda:

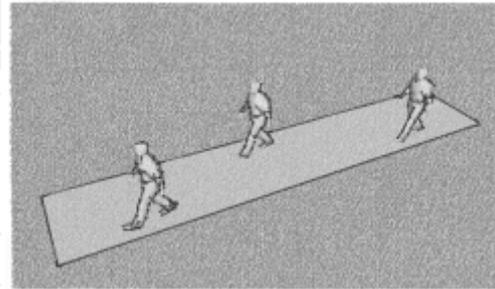
- Densidad y espacio: son el principal indicador de la calidad. La densidad corresponde al valor inverso del espacio y se evalúa en personas por metro cuadrado (p/m²). Este valor se puede medir fácilmente en un instante, sin embargo, usualmente se calcula en base al flujo para obtener condiciones más representativas de un periodo de tiempo.
- Flujo: Representa la cantidad de personas que pasan por un punto de análisis en un determinado tiempo. Se evalúa en personas por minuto por

ancho de la vía ($p/\text{min}/\text{m}$). Es la medición de campo más usada ya que es fácil de evaluar y se puede usar para estimar los demás indicadores. Una condición importante respecto al flujo son las características de circulación. Dependiendo del tipo de flujo este se puede describir como libre o en pelotón. Este último caso presenta consideraciones especiales ya que las personas se mueven en grupo lo cual restringe la libertad de los individuos.

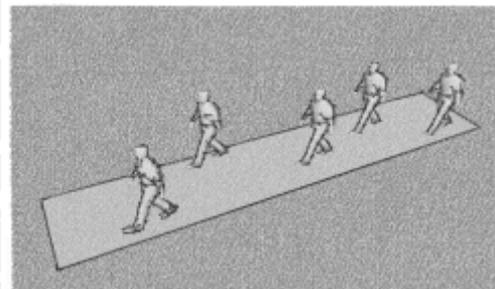
- Velocidad: la velocidad es un indicador bastante subjetivo y su medición en campo requiere múltiples observaciones; sin embargo, el manual de capacidad sugiere una velocidad promedio de 1.5m/s en condiciones de flujo libre y una velocidad de análisis de 1.2m/s representativa del percentil 15.

Tab. 4.1 NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL HCM

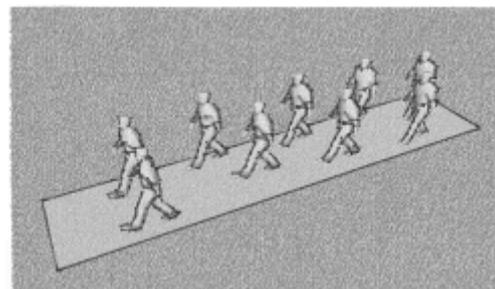
Nivel de Servicio A
Espacio > 5.6 m^2/p



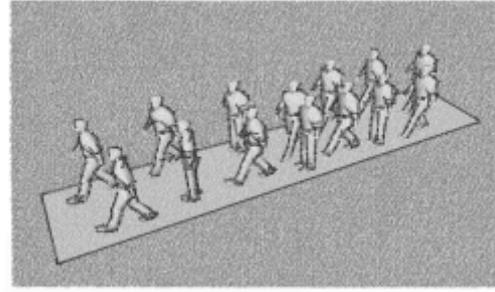
Nivel de Servicio B
Espacio > 3.70 - 5.60 m^2/p



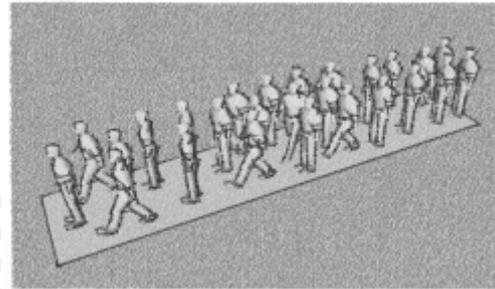
Nivel de Servicio C
Espacio > 2.20 - 3.70 m^2/p



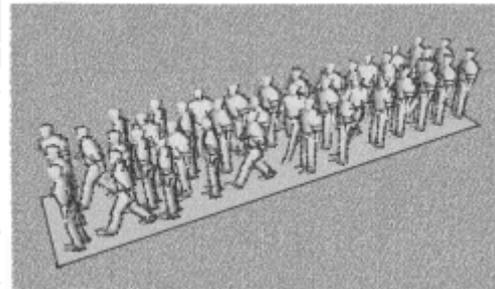
Nivel de Servicio D
Espacio > 1.40 - 2.20 m²/p



Nivel de Servicio E
Espacio > 0.75 - 1.40 m²/p



Nivel de Servicio F
Espacio < 0.75 m²/p



De forma similar al caso del flujo vehicular se observa la siguiente relación entre densidad, flujo y velocidad.

$$\text{Flujo} = \text{Velocidad} \times \text{Densidad}$$

A fin de calcular la capacidad de la vía se consideran otros dos factores de importancia y que son el ancho efectivo y la interacción con ciclistas.

- El ancho efectivo es el ancho del espacio que los peatones tienen para circular sin la interrupción de objetos que son parte de la vía (bancas, postes, árboles, etc.). Esto se puede evaluar fácilmente tanto en campo como usando los planos del diseño.
- La interacción con ciclistas es un caso más complicado y en la actualidad las recomendaciones para el tránsito de bicicletas plantean que se deben separar los flujos peatonales y ciclistas. Sin embargo, el manual considera

la situación en que un peatón se cruza con un ciclista resultando en una demora para el peatón.

Elementos de flujo interrumpido

El planteamiento del problema peatonal en situaciones de flujo interrumpido se divide en dos etapas. La primera es la espera para cruzar, situación que no siempre ocurre ya que el peatón podría llegar a la intersección cuando tiene derecho de paso, pero en general consiste en el tiempo desde que el peatón llega a la intersección hasta que comienza a cruzar. La segunda etapa es el cruce mismo donde se deben evaluar las condiciones de flujo. Es importante considerar que en algunos casos se trata de un grupo de personas moviéndose en pelotón.

Los factores a tener en consideración para la primera etapa son el tiempo de espera y el espacio disponible.

El espacio disponible representa un concepto similar al usado en el análisis de flujo continuo con la diferencia de que al estar las personas expectantes, sin necesidad de circular, la densidad que toleran es mayor.

El tiempo de espera es por otro lado el factor más relevante, debido a que las personas son más proclives a tomar riesgos conforme el tiempo transcurre. El manual presenta metodologías distintas para evaluar el tiempo de espera en el caso de intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.

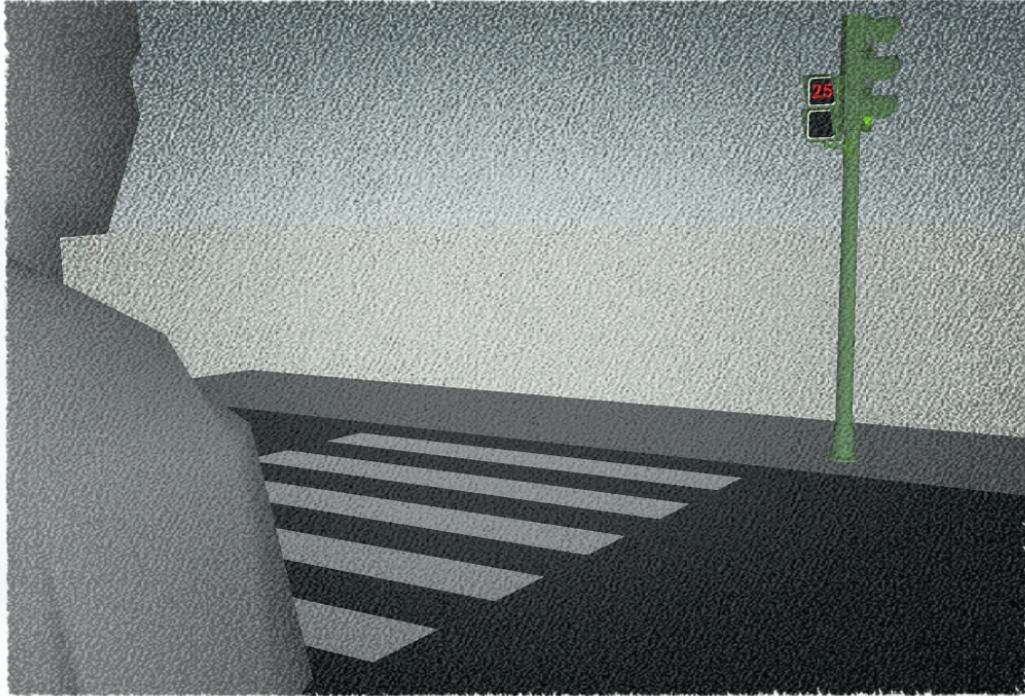
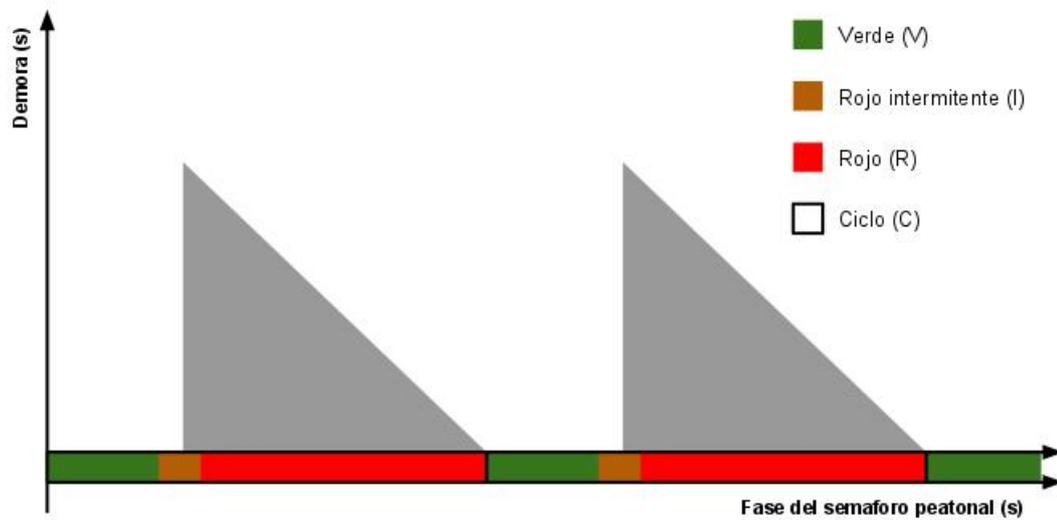


Fig. 4.2 Peatón esperando el verde para cruzar la pista

Demora en función del momento en que la persona arriva al cruce



$$\text{Demora Promedio} = \frac{(C - \text{VerdeEfectivo})^2}{2(C)}$$

Fig. 4.3 Estimación de la demora peatonal en una intersección semaforizada
Fuente: TRB, 2000

La Fig. 4.2 muestra la etapa de espera en un elemento de flujo interrumpido. Mientras que la Fig. 4.3 muestra la demora peatonal en una intersección semaforizada dependiendo del momento en que la persona llega al cruce. Ya que se asume que las llegadas a la intersección son aleatorias, la demora promedio se calcula como el área bajo la gráfica de un ciclo dividido entre la duración de este. Este procedimiento asume que ante la posibilidad de conflicto entre el flujo peatonal y el de vehículos, estos últimos cederán el paso a los peatones. Por ejemplo vehículos girando a la derecha.

En el caso de una intersección no semaforizada, el manual plantea un análisis de brechas. Se estima la brecha crítica necesaria para cruzar la vía y se calcula la demora promedio, es decir el tiempo que una persona debe esperar para que se genere la brecha.

La demora promedio esta dada por la siguiente ecuación:

Tab. 4.2 DEMORA PEATONAL EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS

$$\text{Demora Peatonal} = (e^{(V_{maj} \cdot t_c)} - V_{maj} \cdot t_c - 1) / V_{maj}$$

Donde...

Demora Peatonal = Tiempo promedio que un peatón espera para cruzar en una intersección no semaforizada

V_{maj} = Flujo vehicular que debe cruzar el peatón

t_c = Brecha o tiempo critico, necesario para que el peatón cruce la vía

Por otro lado, el análisis de la segunda etapa, el cruce mismo de la vía, considera factores de circulación similares a los usados por el análisis de flujo continuo.

El ancho del cruce peatonal se utiliza como medida de espacio disponible ya que en un cruce semaforizado el pelotón de personas agrupadas comenzará a moverse simultáneamente.

4.3. Evaluación de Cruces Peatonales NCHRP 562

El análisis planteado por el reporte 562 del NCHRP tiene como finalidad recomendar medidas que se adapten a las necesidades peatonales en

intersecciones no semaforizadas. Para esto hace un análisis de las condiciones del cruce siguiendo los lineamientos del HCM. La diferencia radica en los criterios que usa para identificar una situación problemática.

Los factores que analiza con la finalidad de estimar la demora total del cruce son:

- El flujo peatonal: el procedimiento se ve afectado significativamente por la demanda de uso, por otro lado establece un número mínimo de peatones para recomendar alguna acción.
- El flujo vehicular: La ocurrencia de brechas que permiten a los peatones cruzar es una función del flujo vehicular.
- El número de carriles y el ancho de la vía: son medidas que permitirán establecer el ancho de la vía que los peatones habrán de cruzar.
- La velocidad de cruce: Se utiliza el percentil 15 a fin de garantizar el cruce de las personas con movilidad reducida, usualmente 1.2 m/s.

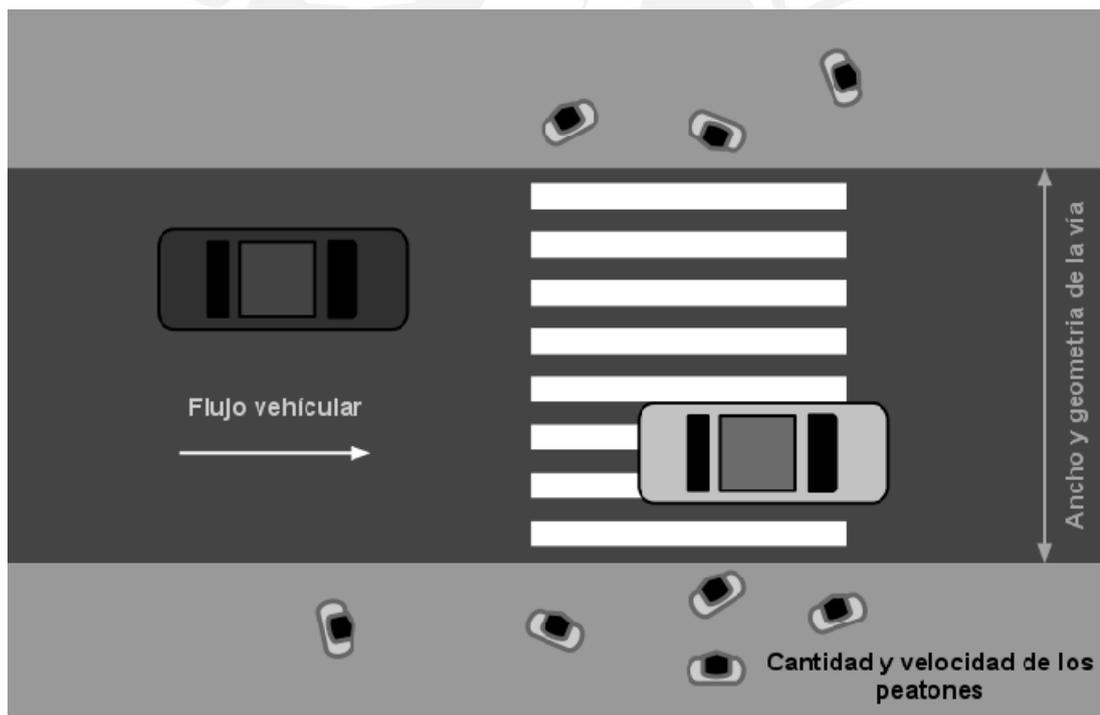


Fig. 4.4 Factores que analiza el método en un cruce a mitad de cuadra

En base a la demora total la metodología genera una calificación en el rango de tres colores: rojo para la colocación de un semáforo peatonal, amarillo para mejoras de la geometría de la intersección y verde para mejoras menores o mantener la condición actual.

4.4. Auditorías de seguridad vial (ASV)

Las auditorías de seguridad vial son un proceso de evaluación integral de la infraestructura de transporte, con el objetivo de identificar los riesgos de ocurrencia de accidentes. Son llevadas a cabo por un equipo auditor en el cual se recomienda que haya un miembro familiarizado con el diseño de infraestructura vial para peatones (Dextre, 2008).

Para que la auditoría de seguridad vial sea considerada como tal es necesario que sea solicitada por una autoridad competente capaz de promover la implementación de las recomendaciones emitidas por el equipo auditor. En caso contrario, se trata simplemente de una inspección de seguridad vial.

A diferencia de las otras metodologías presentadas, la auditoría no representa una herramienta de comparación entre alternativas para un proyecto, sino una evaluación de las características específicas de la alternativa seleccionada para el proyecto.

La auditoría se puede llevar a cabo durante las distintas etapas del proyecto, aunque lo ideal es que se realice desde las primeras etapas lo que permite obtener un máximo beneficio a lo largo de todo el proceso (Dextre, 2008).

En el desarrollo formal de las auditorías el proceso termina cuando el cliente responde al informe realizado por el equipo auditor explicando las acciones tomadas con respecto a las observaciones.

En lo referente al tránsito peatonal, las ASV evalúan los siguientes temas:

- Características de la infraestructura peatonal
- Condición de la infraestructura.
- Continuidad y conectividad
- Iluminación
- Visibilidad

4.5. Análisis de ocurrencia de accidentes

Esta metodología consiste en estudiar los accidentes que ocurren en una determinada ubicación a fin de corregir las causas que los originan. Para esto es

necesario contar con algún tipo de registro o base de datos de accidentes que permita identificar las causas.

Por muchos años la forma más usada de registro ha sido la memoria de los habitantes de la zona. Sin embargo, en la actualidad la información de accidentes se registra de distintas maneras: estadísticas de compañías de seguros, atención en hospitales, etc. Estas herramientas nos permiten realizar un análisis de las características de las vías e identificar las causas que están originando los accidentes.

Dependiendo de la normativa local las estadísticas pueden ser estandarizadas de forma que la información de varios lugares cumpla con un formato que describa en detalle las circunstancias de la colisión. En otras localidades la información puede ser más escasa o los detalles registrados más vagos o difíciles de agregar y consolidar.

En el caso del tránsito peatonal la estadística más relevante es la ocurrencia de atropellos, aunque información sobre las circunstancias en las que ocurren también ayudan a identificar el o los problemas.

Otro caso en que las estadísticas son utilizadas es para determinar la necesidad de señalizar la intersección. Por ejemplo, el manual de dispositivos de control de tráfico de Estados Unidos define condiciones bajo las cuales se deben colocar semáforos basándose en los accidentes ocurridos (MUTCD, 2009).

Asimismo existen herramientas que pueden asistir en el análisis de las condiciones de seguridad vial, tales como el Software para el análisis de accidentes peatonales PBCAT desarrollado por el Highway Safety Research Center.

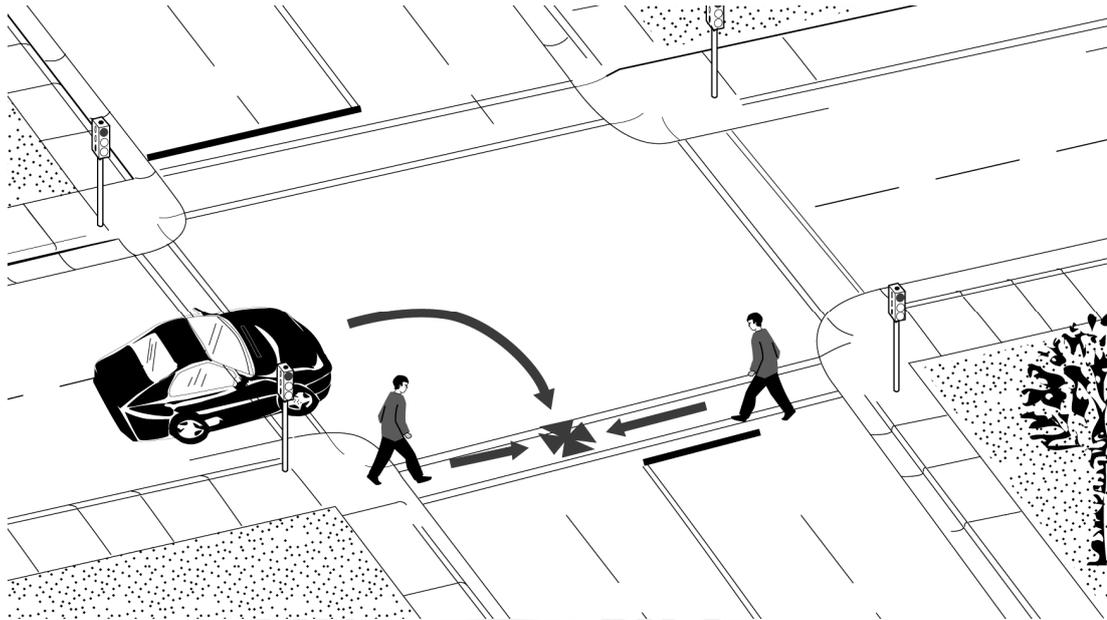


Fig. 4.5 Accidente tipo 791 de programa PBCAT
Fuente: walkinginfo.org

La Fig. 4.5 muestra un tipo de accidente. La tipificación de accidentes permite sistematizar el proceso de análisis a través de la creación de una base de datos, que a su vez ayuda a evaluar las condiciones en las que la infraestructura está operando. Por ejemplo, la recurrencia de accidentes de un mismo tipo puede evidenciar un problema de diseño.

4.6. Nivel de servicio Multi-Modal para vías urbanas

El Reporte 616 del NCHRP introduce el concepto de nivel de servicio multi-modal, un procedimiento que integra el análisis de las condiciones de tránsito de cada uno de los modos. Para ello, el reporte hace uso de las metodologías tradicionales de evaluación así como también de nuevas propuestas. En el caso del nivel de servicio propone dos tipos de análisis, análisis de densidad y análisis de otros factores (NCHRP, 2008).

El análisis de densidad corresponde a la metodología propuesta por HCM que ya se ha presentado anteriormente, mientras que el análisis de otros factores está basado en la propuesta de nivel de servicio peatonal de Bruce Landis y el Departamento de Transporte de Florida (Landis, 2001), el cual evalúa principalmente la percepción de seguridad vial. Se toma como resultado final de nivel de servicio al más bajo entre los dos resultados obtenidos.

El nivel de servicio presentado por Landis se basa en el análisis de las variables que afectan la percepción de seguridad vial. Al ser el vehículo automotor el principal riesgo para los peatones, Landis desarrolla su análisis evaluando las condiciones de interacción entre el modo peatonal y el modo vehicular.

La metodología plantea dos análisis, uno para veredas y otro para intersecciones. Las ecuaciones usadas para calcular dichos valores así como los factores usados en ellas se muestran a continuación.

Tab. 4.3 ANÁLISIS DE NIVEL DE SERVICIO EN VEREDAS O SEGMENTOS DE VÍAS

$$\begin{aligned} \text{Ped Seg LOSseg} = & -1.2276 \ln (Wol + WI + fp \times \%OSP + fb \times Wb \\ & + fsw \times Ws) + 0.0091(\text{Vol}15/L) \\ & + 0.0004 \text{SPD}^2 + 6.0468 \end{aligned}$$

Donde...

Ped Seg LOSseg = Valor del nivel de servicio peatonal para un segmento longitudinal

Wol = Ancho del carril externo de la vía vehicular

WI = Ancho de la berma o del carril de bicicletas

fp = Coeficiente de parqueo lateral (0.2)

%OSP = Porcentaje de la vía que cuenta con parqueo lateral

fb = Efecto de separación de árboles (5.37 para árboles separados 6 metros entre si)

Wb = Separación entre el pavimento y la vereda

fsw = Coeficiente de presencia de veredas

Ws = Ancho de la vereda

Vol15 = Número de vehículos que recorren la vía en los 15 min. pico

L = Número de carriles vehiculares

SPD = Velocidad de los vehículos

Tab. 4.4 ANÁLISIS DE NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

$$\begin{aligned} \text{Ped Int LOSsig} = & 0.00569(\text{RTOR} + \text{PermLefts}) \\ & + 0.00013(\text{PerpTrafVol} * \text{PerpTrafSpeed}) \\ & + 0.0681(\text{LanesCrossed}^{0.514}) + 0.0401 \ln(\text{PedDelay}) \\ & - \text{RTCI}(0.0027 \text{PerpTrafVol} - 0.1946) + 1.7806 \end{aligned}$$

Donde...

Ped Int LOSsig = Valor del nivel de servicio peatonal para un cruce peatonal semaforizado

RTOR = Vehículos que giran a la derecha en un periodo de 15 min.

PermLefts = Vehículos que giran a la izquierda en un periodo de 15 min.

PerpTrafVol = Número de vehículos que siguen de frente en la vía que el peatón esta cruzando para un periodo de 15 min.

PerpTrafSpeed = Velocidad permitida en la vía que el peatón cruza.

LanesCrossed = Número de carriles que el peatón cruza.

PedDelay = Demora peatonal promedio, calculada según el HCM

RTCI = Número de carriles exclusivos de giro a la derecha que tengan isla de canalización.

Luego de analizar el tránsito por las veredas e intersecciones, el procedimiento considera las oportunidades de cruzar por la mitad de las cuadras cercanas a la intersección. Para esto evalúa dichos cruces como no semaforizados y estima el tiempo que demora cruzar. Este tiempo se compara con el tiempo que demora ir hasta la intersección. Como resultado se puede mejorar la percepción de calidad en la intersección si es que a las personas les resulta más sencillo cruzar por la mitad de la cuadra en vez de caminar hasta la intersección.

4.7. Nivel y calidad de servicio basado en confort.

En la conferencia anual de la TRB del 2003, Sarkar presentó una metodología para analizar la calidad de los espacios destinados al tránsito peatonal. Esta se lleva a cabo a través de un análisis de los requerimientos de confort, teniendo en cuenta

las necesidades físicas, fisiológicas y psicológicas de los peatones. El análisis se realiza a nivel de vías urbanas realizando observaciones en cada cuadra.

Este procedimiento realiza la evaluación del confort a dos niveles. El primero analiza a nivel macro las características que influyen el tránsito peatonal. El segundo es el análisis de calidad de servicio a nivel micro e involucra verificar que la infraestructura se adapte a las condiciones de las actividades que se llevan a cabo y no solo el tránsito en la vía (Sarkar, 2003).

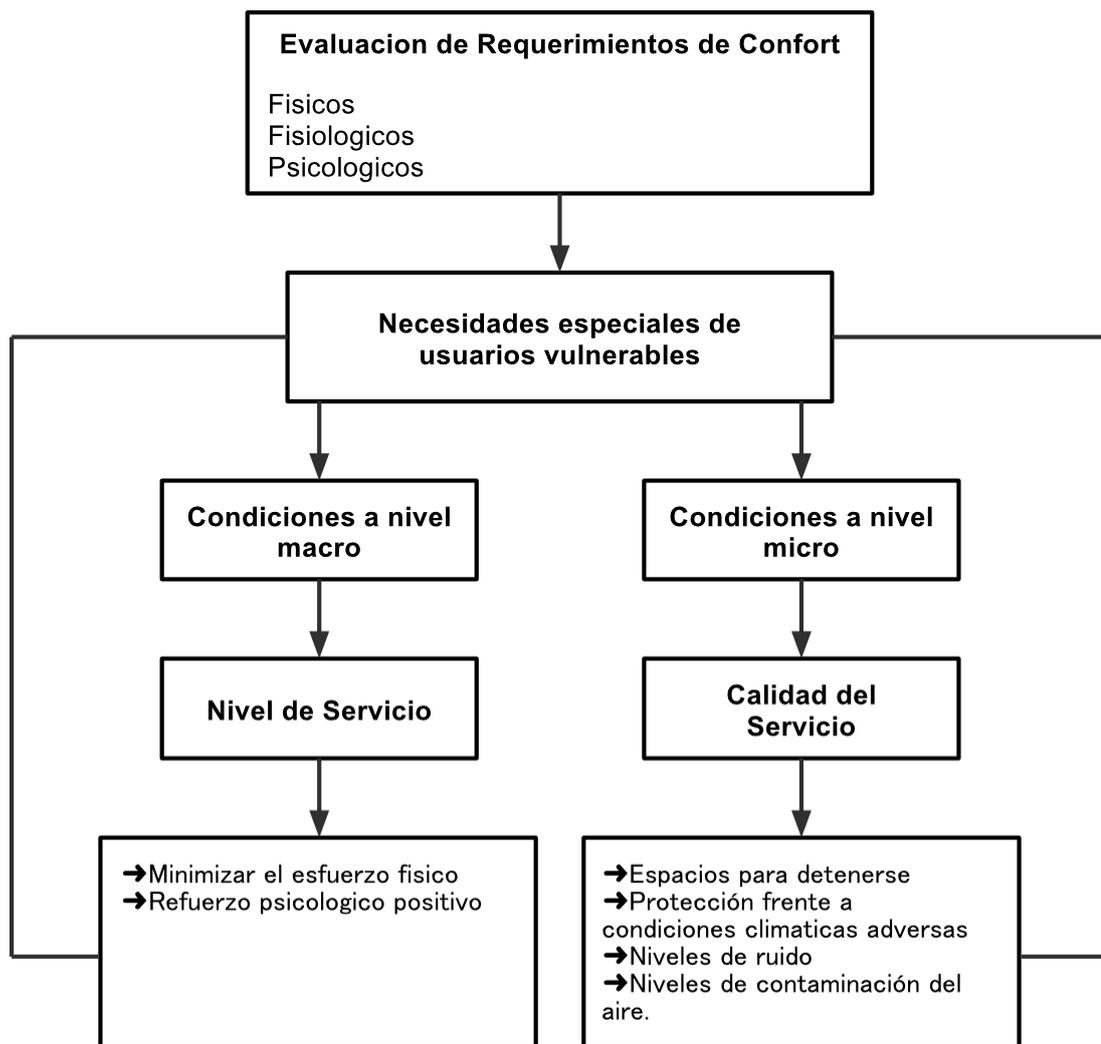


Fig. 4.6 Esquema del análisis basado en confort.

Fuente: Adaptado de Sarkar, 2003

Hay que anotar que este análisis presenta instrucciones específicas al considerar las facilidades para usuarios vulnerables y con movilidad limitada.

El análisis de nivel de servicio

Según Sarkar, el objetivo de la infraestructura peatonal es minimizar el esfuerzo físico, es decir, reducir al mínimo los conflictos. Este concepto es similar al análisis de capacidad desarrollado por el HCM. Sin embargo, no se limita a las condiciones de densidad sino también a las condiciones del espacio. Entre estas condiciones encontramos:

- Capacidad de elegir y mantener una velocidad al caminar.
- Conflictos con otros modos.
- Conflictos con objetos en la vía peatonal.
- Vehículos estacionados en la vía peatonal.
- Condiciones de la superficie de la vía peatonal.

El análisis se lleva a cabo de forma cualitativa observando las condiciones de la vía y ubicando dichas características en una escala preestablecida. Dicha escala tiene en consideración las actividades que se desarrollan en el espacio público así como las necesidades de los usuarios vulnerables.

El análisis de calidad de servicio

Este análisis considera cuatro aspectos que determinan la percepción de calidad. Para cada uno de los aspectos se describen las características de cada nivel. Sin embargo, no se unifica el resultado, obteniéndose en cambio, cuatro evaluaciones parciales.

Los aspectos evaluados son:

- Espacios para detenerse. La evaluación de esta condición no es absoluta; es decir, el análisis debe considerar las necesidades específicas de cada ubicación.
- Protección frente a condiciones climáticas adversas. Se considera la capacidad de la infraestructura peatonal de mitigar la exposición de los peatones a condiciones climáticas adversas. Los criterios de análisis serán específicos para las condiciones climáticas locales.
- Niveles de ruido. Principalmente aquellos generados por los vehículos que circulan en los alrededores. En este caso, la evaluación de estas condiciones es independiente de la ubicación, ya que el criterio es la tolerancia del ser humano al ruido.

- Niveles de contaminación del aire. Es un concepto muy similar al anterior pero referente a la calidad del aire. Adicionalmente el método presenta recomendaciones para lograr las condiciones deseadas.

4.8. Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales

La caracterización de los vecindarios es una herramienta que permite representar las condiciones del tránsito peatonal en base a la existencia de infraestructura que permita la viabilidad del modo. El análisis utiliza información sobre las condiciones de la vía que pueden ser obtenidas por diversos métodos, por ejemplo, observación de variables en campo o resultados secundarios de procesos como censos (Parks, 2006).

Este análisis se realiza a nivel de vecindarios o distritos y permite tener una idea general de las condiciones peatonales. Cabe indicar que los índices evalúan variables con pesos distintos cada una calibrada a las condiciones locales del estudio.

Se ha elegido el método desarrollado por Replogle para la comisión de planeamiento de Maryland (MNCPPC), ya que permite evaluar criterios de integración entre los distintos modos y da un importante énfasis a la existencia de redes peatonales. Este procedimiento involucra cinco factores, los cuales se detallan a continuación acompañados del peso o la importancia que Replogle les atribuye.

- Veredas: La existencia de una red de veredas interconectadas que permitan la movilidad de los individuos es la condición ideal; por otro lado vías sin veredas en la que los peatones comparten el espacio con los automóviles o condiciones en las que el peatón no puede circular son negativas.
- Zonificación y uso del suelo: La existencia de diversos usos o tipos de zonificación los cuales generan puntos de interés en una distancia razonable es la condición ideal. Usos uniformes como por ejemplo, un área puramente residencial es la condición a evitar.
- Retiros: La existencia de amplios retiros los cuales aíslan los puntos de interés de las vías peatonales son circunstancias negativas para el tránsito peatonal. Cuanto más cercano esté el ingreso de los edificios a la vía, más viable es el tránsito peatonal.

- Paraderos: La integración con el transporte público permite extender el alcance de los peatones, es por esto que se considera una circunstancia positiva; además, se evalúa la existencia de refugios y paraderos peatonales adecuados a las condiciones climáticas.
- Infraestructura para ciclistas: La integración entre los espacios para ciclistas y peatones es un elemento positivo.

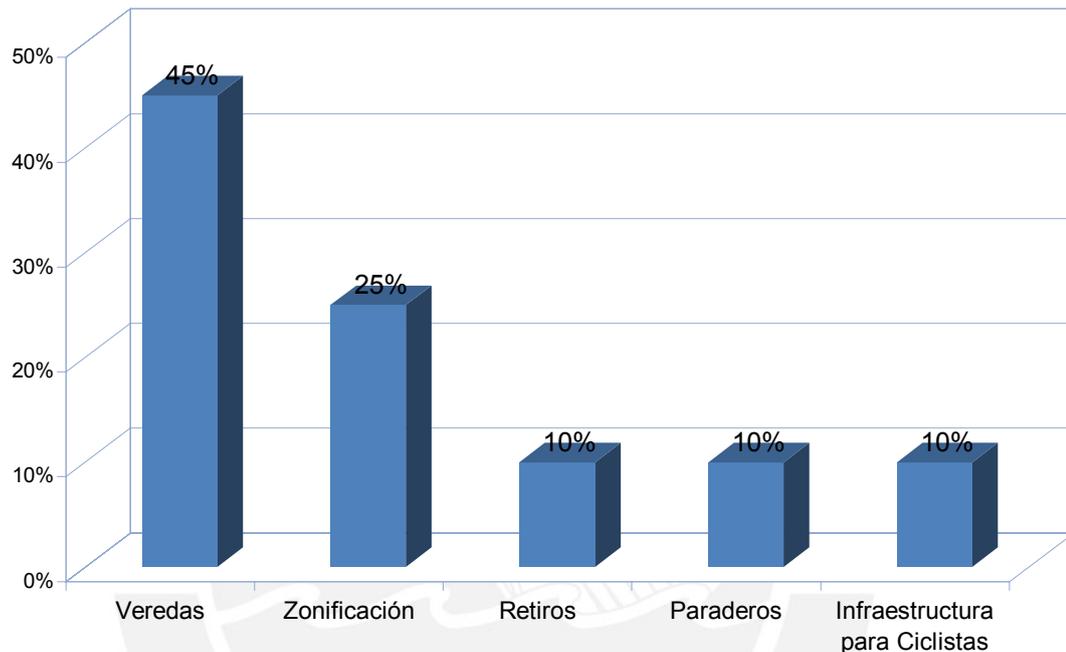


Fig. 4.7 Peso que tienen los distintos criterios en la evaluación de Replogle
Fuente: Parks, 2006

La Fig. 4.7 muestra el peso de cada uno de los criterios de análisis, es decir la ponderación que le corresponde a cada uno en la evaluación general. Se puede observar que la calidad de las veredas constituye el principal criterio, seguido por la zonificación. Como se ha mencionado anteriormente no solo es necesario que las veredas sean de buena calidad, sino que el vecindario esté organizado de forma que se promuevan los viajes peatonales. Esto último se logra a través de un uso mixto del terreno generando orígenes y destinos para los viajes peatonales.

4.9. Resumen y conclusiones del capítulo

En este capítulo se presentaron las distintas metodologías que permiten evaluar los aspectos presentados en el capítulo anterior. La mayoría de estas metodologías se enfocan en uno de los aspectos mientras que otras llegan a contemplar hasta dos,

como es el caso del análisis de nivel de servicio del NCHRP 616 que considera elementos de percepción de seguridad así como de flujo y circulación.

Se ha podido observar que las distintas metodologías de análisis se complementan y permiten obtener una visión más amplia de la problemática peatonal cuando son consideradas en conjunto. Esto es coherente con las hipótesis presentadas, es decir que la evaluación debe contemplar las características del modo peatonal de forma integral y no sesgarse en un particular aspecto.

También se pudo observar que los distintos aspectos se deben evaluar en distintas escalas geográficas, es decir, los análisis de capacidad y seguridad se llevan a cabo a nivel micro (intersecciones o incluso movimientos dentro de las intersecciones). Por otro lado las características de disponibilidad o espacio público requieren consideraciones a nivel medio o macro.

Al comparar las características de cada uno de los métodos se pudo observar que el procedimiento presentado por el HCM tiene carencias tanto a nivel de aspectos evaluados ya que toma en cuenta solamente la capacidad, como a nivel de extensión geográfica ya que sólo se enfoca en la infraestructura peatonal a nivel micro.

En los reportes del Plan Maestro se detalla la partición modal del transporte, donde se observa la relevancia del tránsito peatonal como modo de transporte. También se puede notar que en los distritos más periféricos la proporción de personas que viajan a pie es mayor.

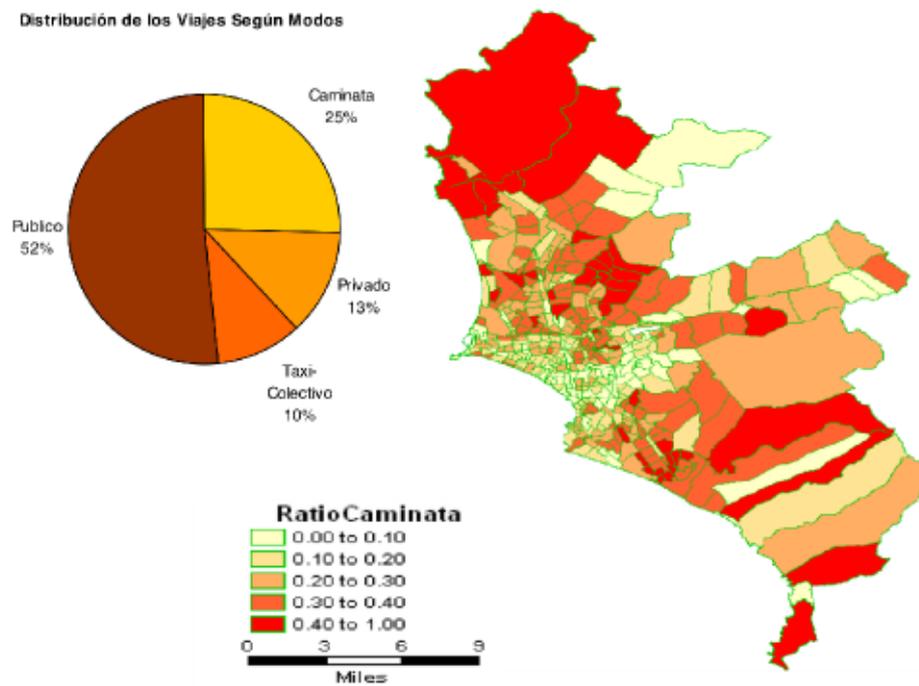


Fig. 5.2 Relevancia del modo peatonal en la ciudad de Lima
Elaboración: STCTLC Fuente: Yachiyo, 2005

5.2. Problemática de la seguridad vial

La situación de la seguridad vial en el ámbito urbano es de significativa importancia para los peatones en la ciudad de Lima y en las otras ciudades del Perú. Del total de accidentes fatales en la ciudad de Lima, el 72% corresponden a atropellos (Defensoría del Pueblo, 2008).

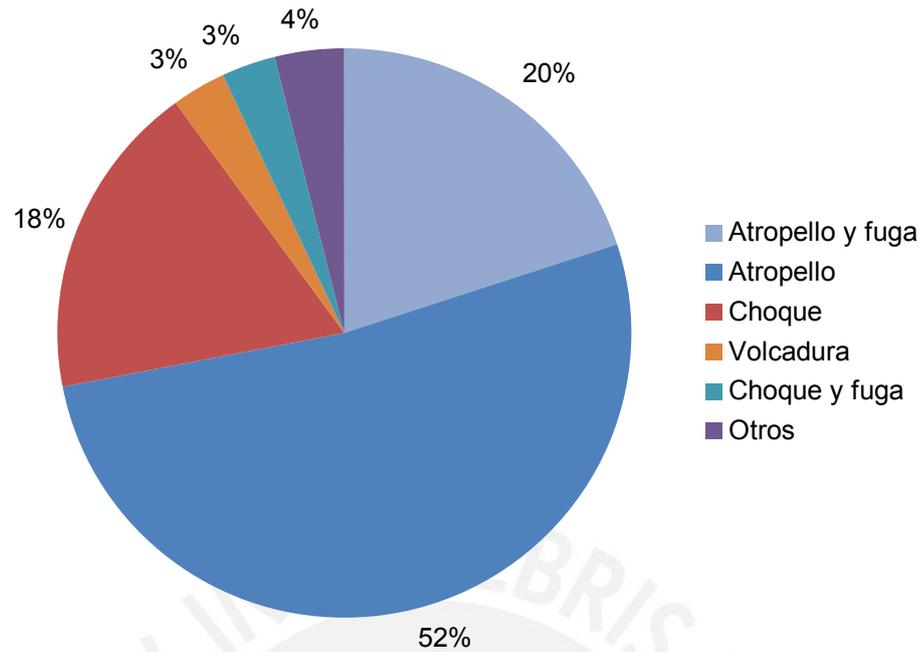


Fig. 5.3 Partición de los accidentes por tipo
Fuente: Defensoría del Pueblo, 2008

Por otro lado, la Policía nacional reporta que en el 53% de los accidentes la causa principal es la imprudencia de los peatones. Sin embargo, este reporte no toma en consideración las deficiencias de la vía que permiten y en algunos casos hasta fomentan los comportamientos riesgosos de los peatones (STCTLC, 2009).

Al respecto, la secretaría técnica del consejo de transporte de Lima y Callao identifica las siguientes características del tránsito peatonal que se presentan en la ciudad de Lima (STCTLC, 2009):

- Semaforización peatonal insuficiente. Adicionalmente, los pocos semáforos existentes no tienen tiempos de verde diseñados para el tránsito peatonal.
- Conflicto de flujos vehiculares con flujos peatonales en el momento de giro a la derecha e izquierda, tanto en los cruces semaforizados como aquellos controlados por señales de pare.
- Reducido espacio en las aceras para el volumen peatonal existente.
- Uso de la vía vehicular ante la falta de paraderos.
- Inexistencia y/o mala ubicación de puentes peatonales para los cruces de las vías.

- Inexistencia o escaso mantenimiento de la señalización preventiva o regulatoria.
- No existe preferencia para el peatón en las vías.
- Los vehículos no respetan los cruces peatonales; los vehículos suelen acelerar en momentos de luz ámbar, entre otras faltas.

Adicionalmente Rodrigo Fernández en su visita a Lima hizo notar los siguientes defectos en la señalización (Fernández, 2009).

- Deficiente colocación de señales de PARE; se colocan señales de pare en lugares en los que se deberían colocar señales CEDA EL PASO.
- Falta de respeto a las señales de PARE, la gente solo se detiene si ve algún riesgo (se comportan como si la señal PARE fuese una señal CEDA EL PASO)
- Falta de demarcación de carriles en las vías.
- Falta de continuidad de carriles en las intersecciones.
- Deficiente configuración de tiempos de espera en las intersecciones.

5.3. Problemática de la contaminación ambiental

El estado de la contaminación ambiental en la ciudad de Lima esta íntimamente ligada al transporte. Por un lado, los vehículos son una de las principales fuentes generadoras de emisiones contaminantes y de ruido. Por otro lado, la calidad del tránsito peatonal y otros modos de transporte se ven perjudicados por los altos niveles de contaminación.

La Defensoría del Pueblo realizó un estudio sobre la situación de contaminación producida por el transporte y ha recomendado que se tomen medidas para reducirla. (Defensoría del Pueblo, 2008). Además de la incomodidad que representa vivir en una ciudad con un elevado nivel de contaminación ambiental, el Banco Mundial identificó que el costo de dicha contaminación ambiental urbana constituye una pérdida para el Perú del 0,8% del producto bruto interno. Parte de esta pérdida se debe a las muertes por enfermedades respiratorias así como por el costo del tratamiento de las personas afectadas. Según la Defensoría del Pueblo hasta 13,500 personas fallecen cada año por este motivo en el Perú. (Defensoría del Pueblo, 2008)

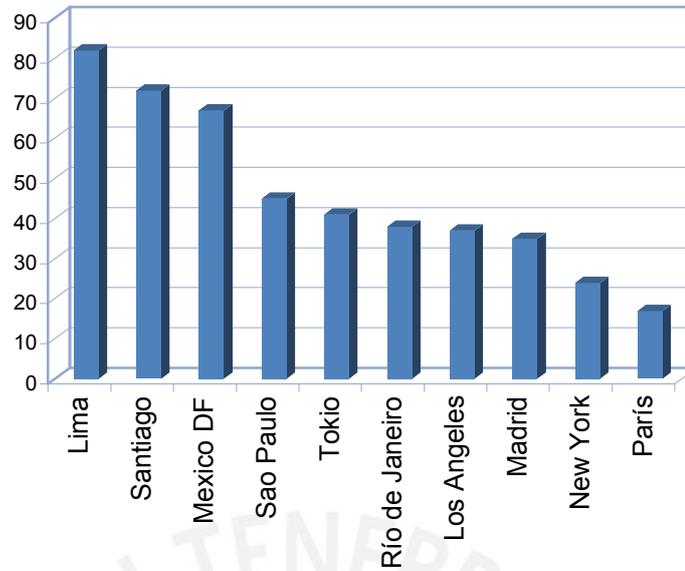


Fig. 5.4 Concentración promedio anual de material particulado PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fuente: Defensoría del Pueblo, 2008

5.4. Tipos de infraestructura

A continuación se describen los tipos de infraestructura peatonal presentes en la ciudad de Lima.

Veredas

Las veredas se ubican a los lados de las vías urbanas, tanto de las avenidas como de las calles. Estas permiten que las personas puedan trasladarse a pie sin tener que compartir el espacio con los automóviles. En su mayoría están construidas con concreto aunque recientemente los distritos del área central de Lima están construyendo veredas con adoquines de color rojo ladrillo.

Las veredas en la ciudad de Lima presentan entre otras, las siguientes características:

Elevación: Las veredas se encuentran elevadas por lo general entre 10 cm. y 20 cm. con respecto al nivel de la calzada.

Ancho: El ancho varía ampliamente, pero veredas de más de 3 metros de ancho no son comunes.

Estacionamientos: Dependiendo de la vía el estacionamiento lateral puede estar permitido; sin embargo, en algunos casos los vehículos invaden parte del ancho de la vereda.

Jardines: Es común la presencia de jardines a los lados de las veredas particularmente en las vías menores. Debido a las condiciones climáticas, muy pocas lluvias, los jardines deben ser regados con cisternas u otros medios. Además por lo general las vías no cuentan con elementos de drenaje para aguas de lluvia.

Garajes: Muchas propiedades cuentan con garajes o estacionamientos, algunos de estos con puertas levadizas. Esto genera que los conductores, en su intento de salir del garaje e ingresar a la vía, esperen sobre la vereda obstruyendo el flujo peatonal. Adicionalmente, las puertas levadizas representan un peligro para los peatones que están caminando por la vereda ya que al activarse pueden golpearlos.

Mantenimiento: El nivel de mantenimiento de las veredas varía dependiendo del distrito, sin embargo, es común la presencia de veredas dañadas. Entre otras razones debido a los vehículos que se estacionan sobre ellas. En la actualidad con el incremento de proyectos de construcción, las veredas se deterioran por el paso de los camiones que transportan los materiales de construcción.

Intersecciones semaforizadas

La mayoría de las intersecciones semaforizadas en Lima son intersecciones de dos fases que regulan el cruce de dos vías. Por lo general, no cuentan con lentes peatonales. Además, cabe recalcar que el Reglamento Nacional de Tránsito especifica que está prohibido que los peatones crucen la vía mientras los vehículos tienen el verde del semáforo.

A continuación anotamos algunas características de los cruces semaforizados:

Demarcación: los cruces peatonales en una intersección están demarcados por un patrón de líneas blancas de 0.5m de ancho conocidos como pasos de cebra (MTC, 2000). Sin embargo, es común que los vehículos se detengan sobre estos pasos mientras esperan que el semáforo cambie.

Preferencia: Si bien el peatón puede cruzar cuando el flujo vehicular está en rojo, debe lidiar con los giros a la derecha o izquierda de los flujos paralelos al cruce; esto se complica ya que los vehículos no ceden el paso a los peatones y a veces

toman las curvas a velocidades que limitan su capacidad de control sobre el vehículo.

Giros a la Izquierda: En muchas intersecciones existen áreas al interior -no en la línea de parada- de la intersección, donde los vehículos se detienen esperando para girar a la izquierda. Esto hace que el proceso de giro conste de dos etapas, avanzar hasta el medio de la intersección y luego ingresar al flujo vehicular.

Intersecciones controladas por policías

Las intersecciones con policías son, por lo general, intersecciones semaforizadas que se encuentran sobre saturadas, en las cuales los policías intervienen para “agilizar” el tránsito. La técnica utilizada por los policías se puede resumir a incrementar el ciclo y reducir la interacción entre movimientos conflictivos. Por ejemplo, una intersección que normalmente tiene dos fases (vía principal, vía secundaria), pasa a tener tres (vía principal-sentido 1, vía principal-sentido 2, vía secundaria), lo que genera que los peatones se encuentren atrapados entre los dos flujos por un ciclo mayor al normal (hasta de 5 minutos). Esto se puede apreciar en la Fig. 5.5.



Fig. 5.5 Peatones comienzan a cruzar en una intersección controlada por policía
Fuente: propia

Cruces peatonales no semaforizados

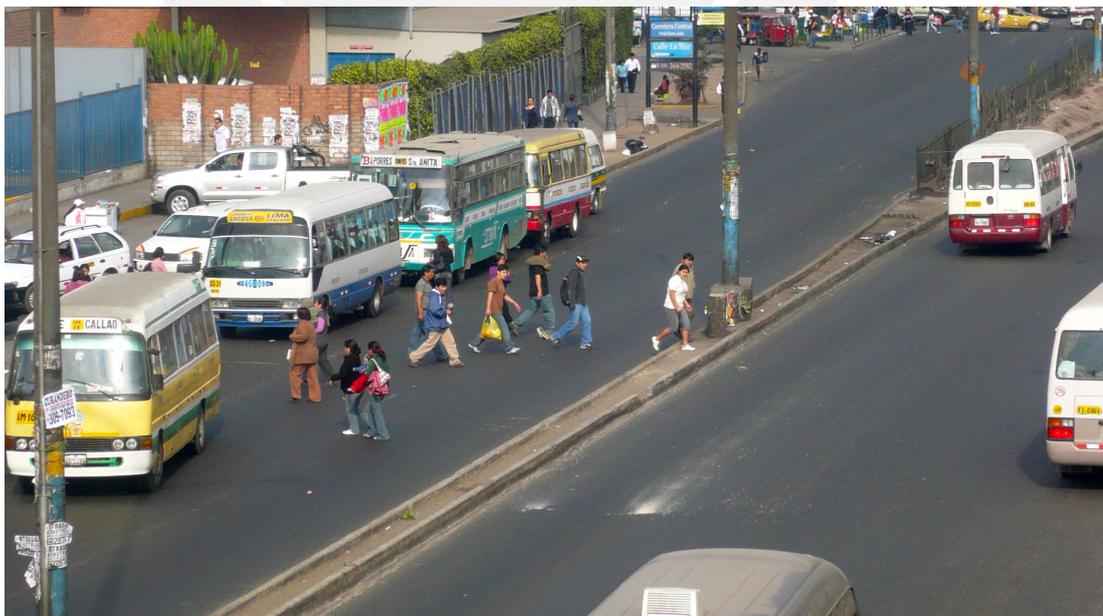
Existen muchos cruces peatonales demarcados en la ciudad, sin embargo, el comportamiento de los conductores al acercarse a estos define el tipo de

interacción con los peatones. Según el Manual de Dispositivos de Control (MTC, 2000), los cruces peatonales deben incluir una señal amarilla de precaución para los vehículos así como la demarcación en el pavimento (pasos de cebra). También se observa la creciente presencia de cruces peatonales elevados que hacen la función de reductores de velocidad.

Sin embargo, por lo general, los vehículos no paran en los cruces peatonales, haciendo que los peatones deban esperar a que ocurra una brecha lo suficientemente amplia como para cruzar.

Puentes peatonales

Los puentes peatonales se suelen colocar en vías de alto flujo vehicular para garantizar que no exista conflicto entre los peatones y conductores. Sin embargo, en muchos casos los peatones siguen cruzando por la calzada, poniendo en riesgo sus vidas. En ciertas situaciones el comportamiento de los peatones ha sido “aceptado” por las autoridades al colocar semáforos que permiten el flujo peatonal (por ejemplo en el cruce entre la Av. Javier Prado con la Av. Brasil); en otras se han colocado barreras para que los peatones no crucen. Inclusive en algunos casos se observa que los peatones abren brechas en estas barreras. Sin embargo, en muchos casos no se toma ninguna medida y se permite que la situación de riesgo persista, limitándose a describir a dichos peatones como “suicidas”.



*Fig. 5.6 Peatones cruzando la calzada. Existe un puente peatonal a 100m
Fuente: propia*

Ciclovías

Existen algunas ciclovías en la ciudad de Lima, sin embargo, el transporte en bicicletas no es usualmente considerado como un medio de transporte más que en el 0,5% de los viajes (Yachiyo, 2005). Esto genera que las ciclovías se usen como senderos de uso compartido entre el tránsito peatonal y los pocos ciclistas que las usan. Uno de los principales problemas que estas presentan, es que no se encuentran correctamente integradas a las intersecciones por lo que los cruces implican un significativo riesgo para sus usuarios, tanto peatones como ciclistas. Generalmente se encuentran ubicadas en el medio de los separadores centrales de grandes avenidas.

5.5. Escenarios seleccionados

Selección de los puntos de análisis: Para el presente estudio se planteó elegir tres intersecciones con distintas características en relación con los perfiles de tránsito peatonal: una intersección en la que el tránsito peatonal esté bien organizado; una en que existan conflictos entre los vehículos y los peatones; y una intersección en la que los cruces peatonales no estén controlados.

Las alternativas seleccionadas de acuerdo con los criterios anteriores fueron:

- Intersección semaforizada entre la avenida Juan de Arona y Federico Villarreal.
- Intersección semaforizada entre la avenida Universitaria y la avenida Bolívar.
- Cruce peatonal de la avenida Nicolás Ayllón frente al Supermercado Plaza Ve de Santa Anita

5.6. Resumen y conclusiones del capítulo

En este capítulo se presentaron las características generales del tránsito peatonal en la ciudad de Lima, de gran importancia debido a su elevado uso. Se tuvo en consideración la problemática de la seguridad vial y la de la contaminación ambiental, tomando como referencia los estudios previos desarrollados por la Defensoría del Pueblo y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se presentaron también, las características generales de la infraestructura peatonal en la ciudad de Lima, describiendo como afectan a los comportamientos de los

peatones y otras situaciones que deben ser consideradas en los análisis de nivel y calidad del servicio peatonal.

A nivel de diseño se identificaron problemas varios que generan confusión y malas prácticas en los conductores y peatones. Por ejemplo, elementos de control del tránsito mal colocados, que ponen en riesgo la vida de las personas.

A nivel de comportamiento de los diversos usuarios del sistema de transporte de la ciudad, se observó el escaso respeto de los reglamentos. En particular respecto a la preferencia que tienen los peatones en los cruces peatonales, en muchos casos motivado por señales contradictorias o porque el diseño no tienen en cuenta a todos los usuarios, en particular a los peatones y ciclistas.

También se observó que los peatones se toman la libertad de elegir el camino más corto lo que suele ponerlos en conflicto con los modos vehiculares. Esto en parte debido a que los elementos de control de tráfico no contemplan la actividad peatonal.

Se puede concluir que el ambiente general al que se enfrentan los peatones es bastante hostil y que no respeta efectivamente su preferencia en la relación con otros modos de transporte.

Capítulo 6. Casos de Estudio

6.1. Objetivos y Metodología

Objetivos del análisis

Este capítulo tiene como objetivo explorar la aplicación de las metodologías presentadas en el capítulo 4 a la realidad del transporte en la ciudad de Lima. No se busca analizar las intersecciones para generalizar las características observadas a toda la ciudad, sino para observar como las metodologías evidencian las características de la infraestructura que afectan la experiencia del peatón.

Metodología empleada para la toma de datos

A fin de poder aplicar las distintas metodologías presentadas en el capítulo 4, se planteó un procedimiento para realizar las observaciones y la toma de datos en el campo. Los puntos que caracterizan este procedimiento se detallan a continuación.

Observación preliminar: Se efectuó una revisión de los distintos movimientos permitidos en cada uno de los casos de estudio tanto para vehículos privados, vehículos de transporte público, peatones y ciclistas.

Toma de datos de circulación: Se contabilizaron los movimientos permitidos para los distintos modos dependiendo de su relevancia frente al tránsito peatonal, es decir, se contabilizaron los flujos correspondientes a los modos que entran en conflicto con los peatones según lo determinado en la observación preliminar. Estos conteos se realizaron entre las 8:00 a.m. y las 9:00 a.m.

Elementos de control de tráfico: Una vez realizados los conteos se procedió a registrar las características de los elementos de control de tráfico. Es decir, se midieron las características geométricas de la intersección y los anchos de los cruces peatonales. Para esto se hizo uso de un odómetro el cual tiene una precisión de lectura de 10cm.



*Fig. 6.1 Odómetro utilizado para hacer las mediciones de distancia.
Fuente: propia*

También se midieron distancias de control para poder escalar las fotos aéreas y satelitales descargadas del servicio Google Earth, a fin de generar los croquis de las áreas circundantes a la intersección.

Las mediciones de ciclo de los semáforos se hicieron en campo para el horario seleccionado.

6.2. Intersección Av. Juan de Arona y Federico Villarreal

Descripción de la zona y mapa de ubicación.

La intersección de la avenida Juan de Arona y Federico Villarreal se encuentra ubicada en el distrito de San Isidro en la zona que se denomina distrito financiero de Lima. La intersección forma parte de un corredor semaforizado con progresión vehicular también conocido como “ola verde”. Este tipo de corredores están diseñados para que un vehículo que circula a la velocidad de diseño pueda hacerlo libremente o con demoras mínimas en cada uno de los semáforos. El tipo de uso del suelo de la zona en cuestión corresponde a residencias privadas y oficinas comerciales. La intersección se encuentra a una cuadra de la avenida Petit Thouars y a dos cuerdas de la avenida Arequipa, ambas con un mayor flujo vehicular y por las cuales transitan múltiples unidades de transporte público.

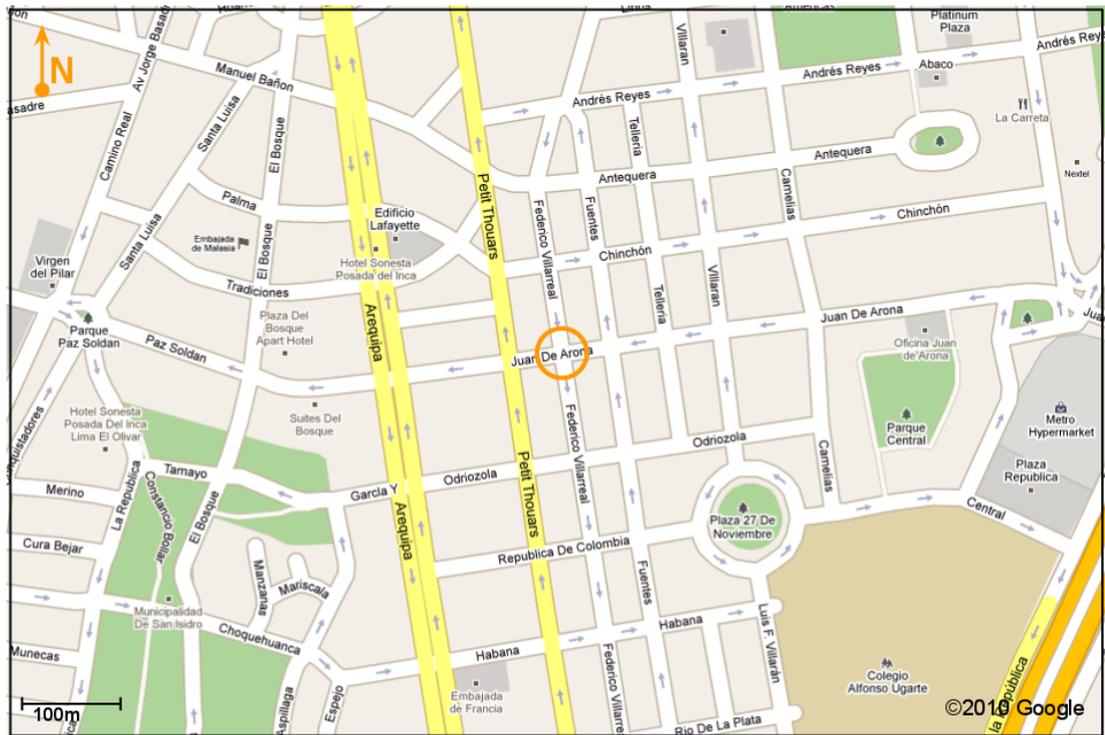


Fig. 6.2 Ubicación de la intersección
Fuente: Google Maps

En cuanto al tipo de vehículos que circulan por la vía se trata principalmente de vehículos privados y taxis (vehículos ligeros). En lo referente al tránsito peatonal, en este caso se trata principalmente de empleados de las empresas que cuentan con oficinas comerciales en la zona.

Actividades observadas

Se observó que los peatones hacen uso de esta intersección como elemento de tránsito. No se apreciaron actividades de otra índole en las cercanías de la intersección.

Características del funcionamiento de la intersección

La intersección está controlada por un semáforo vehicular con dos fases. Tanto la avenida Juan de Arona como Federico Villareal son vías de un solo sentido. Los movimientos permitidos se muestran en la Fig. 6.5. La intersección cuenta con cuatro cruces peatonales que conectan las 4 esquinas.

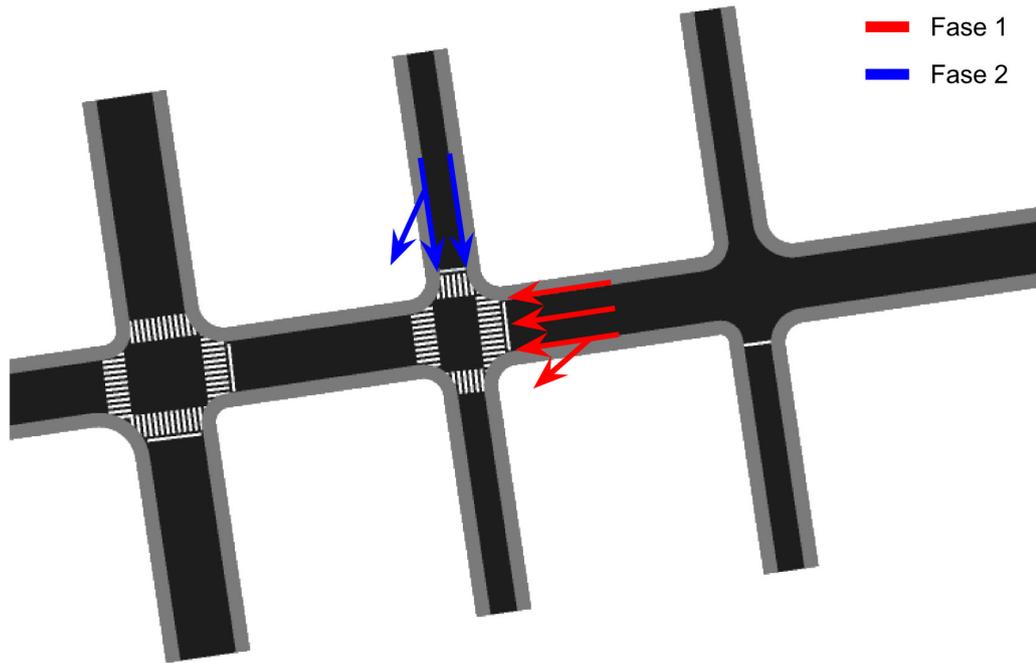


Fig. 6.3 Movimientos permitidos en la intersección

El sistema de semáforos en la intersección cuenta con lentes para mostrar las fases peatonales, sin embargo, estos no están activos. Dos de los cruces peatonales comparten la fase de verde con los movimientos a la derecha o a la izquierda de las calles paralelas, a pesar de lo cual no se observaron mayores dificultades para cruzar como para calificar estos cruces como no señalizados.

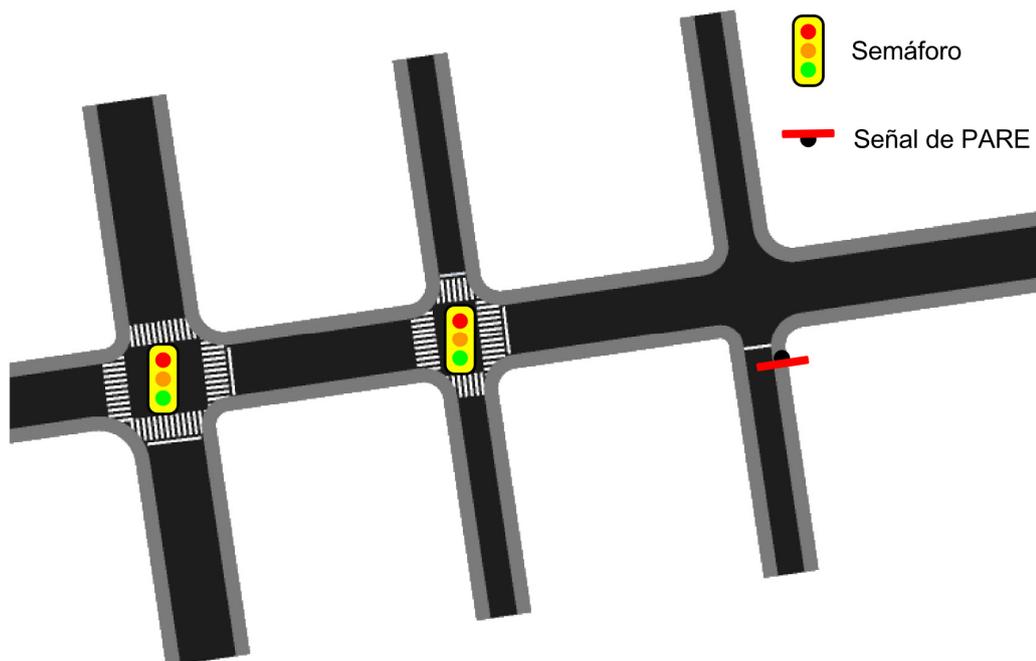


Fig. 6.4 Dispositivos de control de tránsito en la intersección

Características del flujo peatonal

Las mediciones se realizaron entre las 8:00 am y las 9:00 am, periodo que constituye la hora punta de la mañana tanto para el transporte vehicular como el peatonal. Durante ese tiempo la mayor parte de los peatones caminaron a lo largo de las veredas de la avenida Juan de Arona, utilizando la intersección en los cruces de Federico Villareal.

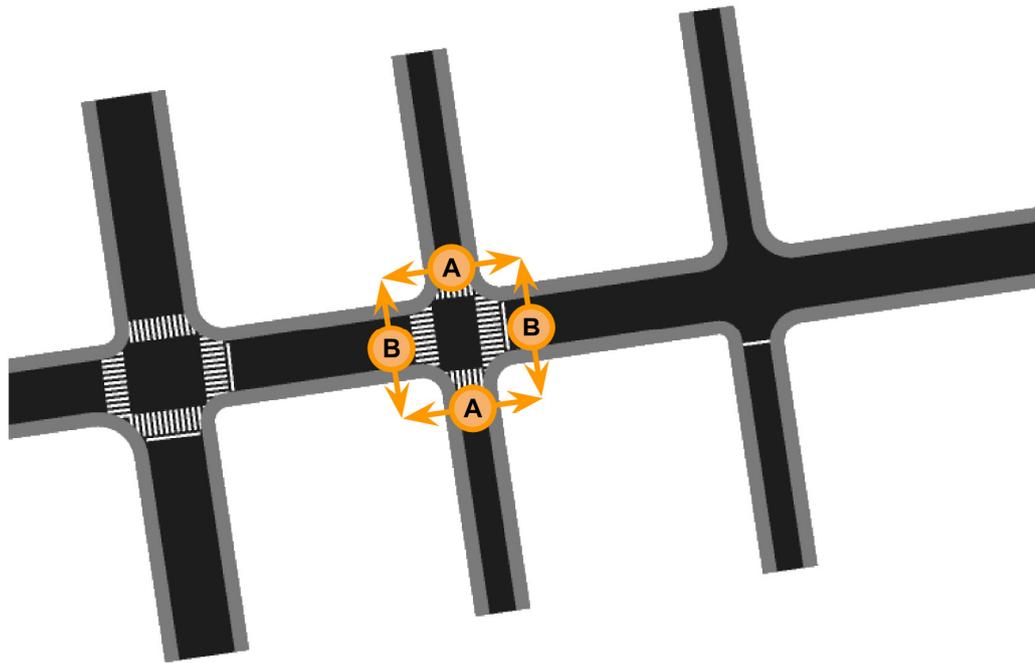


Fig. 6.5 Flujos peatonales en la intersección

Análisis aplicables a la intersección

De las siete metodologías presentadas en el capítulo 4, se consideran relevantes para el análisis las siguientes:

Nivel de Servicio Peonatal HCM: La intersección cuenta con cruces peatonales controlados por semáforo, situación que está prevista en el análisis del HCM.

Nivel de servicio Multi-Modal para vías urbanas del NCHRP que en este caso permite evaluar tanto las características de la intersección como las de la vereda.

Inspección de seguridad vial: La inspección de seguridad vial evalúa los elementos del viario y permite identificar los posibles riesgos de accidentes.

Análisis de ocurrencia de accidentes: Para este análisis se cuenta con el registro de accidentes de la Policía Nacional para el año 2006, además se describe los posibles accidentes que se pueden presentar.

Nivel y calidad de servicio basado en confort: Permite evaluar conceptos cualitativos que ayudan a entender el ambiente al que están expuestos los peatones.

Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales: permite entender el grado de viabilidad del transporte peatonal en este ambiente.

No se aplicó la metodología de Evaluación de Cruces Peditones NCHRP 562, ya que la intersección no cuenta con cruces no semaforizados.

Nivel de servicio según el HCM

A continuación se muestra el formulario de análisis del HCM2000, que ha sido adaptado para mostrar los cálculos relevantes.

Tab. 6.1 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES

Información General y del Sitio			
Analista:	Jean Doig	Tipo de infraestructura:	Intersección Semaforizada
Entidad:	PUCP		
Fecha analizada:	29/10	Año de análisis:	2010
Hora de análisis:	8:00:00		
		Código	A B
Cruceos, Caminos y Veredas			
Ancho total de la infraestructura peatonal, W_t (m)		5.50	4.50
Suma de las obstrucciones, W_o (m)		0.00	0.00
Ancho efectivo, W_e (m), $W_t - W_o$		5.50	4.50
Flujo pico en 15 min (ambas direcciones), V_{15} (p/15-min)		88.00	18.00
Razón de flujo peatonal por unidad de ancho, V_p (p/min/m), $V_p = V_{15}/(15*W_e)$		1.07	0.27
	Nivel de Servicio	A	A
Cruceos Peditones			
<u>Demora peatonal en intersecciones semaforizadas</u>			
	Código		
Longitud del ciclo, C (s)		95.00	95.00
Tiempo de verde efectivo para peatones, g (s)		60.00	29.00
Demora promedio, d_p (s), $d_p = 0.5*(C - g)^2/C$		6.45	22.93
	Nivel de Servicio	A	C

El análisis de la circulación peatonal muestra un nivel de servicio “A” para el flujo peatonal en los cruces peatonales en lo concerniente a espacio disponible. De forma similar la demora peatonal observada para la mayor cantidad de peatones, aquellos que cruzan la avenida Federico Villareal, en base al tiempo que el semáforo les otorga para cruzar es también calificada con un nivel de servicio “A”.

Por otro lado, el cruce de la avenida Juan de Arona cuenta con un tiempo de espera mayor, en promedio, 23 segundos, lo cual califica como un nivel de servicio “C”. Debido a la limitada cantidad de movimientos permitidos, los conductores y peatones pueden circular por la intersección con pocos conflictos entre sí a pesar de los elevados flujos vehiculares.

Nivel de servicio Multi-Modal para vías urbanas

El nivel de servicio propuesto por el reporte 616 del NCHRP para nivel de servicio peatonal se caracteriza por evaluar la seguridad percibida por los peatones conforme caminan.

A continuación se muestran los cálculos generados para el método NCHRP 616:

Tab. 6.2 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES

Información General y del Sitio	
Analista:	Jean Doig
Entidad:	PUCP
Fecha analizada:	01/06
Hora de análisis:	8:00:00
Tipo de infraestructura:	Intersección semaforizada
Año de análisis:	2010
Segmento de vía	
Ancho del carril externo de la vía vehicular (m), W_{ol}	3.00
Ancho de la berma o del carril de bicicletas (m), W_I	0.00
Coefficiente de parqueo lateral (0.2)	0.2
Porcentaje de la vía que cuenta con parqueo lateral	0%
Efecto de separación de árboles, Colocar 5.37 para separación con presencia de árboles	5.37
Separación entre el pavimento y la vereda (m), W_b	0.7
Ancho de la vereda (m), W_s	1.60
Coefficiente de presencia de veredas $fsw = 6 - 0.3 * W_s$	5.52
Número de vehículos que recorren la vía en los 15 min pico (veh), Vol_{15}	528
Número de carriles vehiculares, L	3
Velocidad máxima permitida para los vehículos (Km/h), SPD	40
Valoración asignada al segmento de vía, P_{seg}	3.07

Intersección semaforizada

Vehículos que giran a la derecha en un periodo de 15 min (veh), RTOR	70
Vehículos que giran a la izquierda en un periodo de 15 min (veh), PermLefts	0
Número de vehículos que siguen de frente en la vía que el peatón esta cruzando (veh), para un periodo de 15 min, PerpTrafVol	588
Velocidad permitida en la vía que el peatón cruza (Km/h), PerpTrafSpeed	40
Número de carriles que el peatón cruza, LanesCrossed	3
Demora peatonal en la intersección (s), PedDelay, Calculada según el HCM	22.93
Número de carriles exclusivos de giro a la derecha que tengan isla de canalización, RTCI	0
Valoración asignada a la intersección, Pint	4.32

Cruces no semaforizados

<u>Cruce a mitad de cuadra</u>	
Distancia de cruce peatonal (m), L	9
Velocidad de caminata (m/s), Sp	1.2
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts	2
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), $tc = L/Sp + ts$	8.7
Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora, si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con más vehículos (Veh/h), Vmaj	2018
Tasa de flujo vehicular	0.56
Demora peatonal promedio, dp (s), $dp = (e^{(Vmaj*tc)} - Vmaj*tc - 1)/Vmaj$	223.60
<u>Cruce a mitad de cuadra redirigido a una intersección</u>	
Longitud de una cuadra (m), Lb	50
Demora por la caminata a la intersección (s) PGDelay	
$=(2/3)*Lb/Sp$	27.78
Demora peatonal en la intersección (s), PedDelay, Calculada según el HCM	22.93
Demora peatonal total si se camina hasta la intersección (s), PDDelay	50.71
Dificultad de cruce peatonal a mitad de cuadra = Min(dp,PDDelay)	50.71

Factor de cruce peatonal a mitad de cuadra

Dificultad de cruce peatonal a mitad de cuadra (s), XLOS	5.00
Nivel de servicio para peatones que no cruzan a mitad de cuadra NXLOS, $= (0.318*Pseg + 0.22*Pint + 1.606)$	3.53
Factor de cruce peatonal a mitad de cuadra, RCDF	1.20
Nivel de servicio peatonal, PLOS	4.22
D	

El análisis se efectuó para las personas que intentan cruzar la avenida Juan de Arona. Este análisis identificó que el volumen vehicular impide a los peatones cruzar la vía y que estos caminan por la vereda hasta la intersección, lo que se puede observar al comparar el tiempo de demora para cruzar la vía en un punto a mitad de cuadra de alrededor de 4 minutos, con el tiempo que demora caminar hasta la intersección y cruzar que es aproximadamente de 50 segundos.

También se puede observar que el nivel de servicio para personas que quieren cruzar la vía, pero que no necesariamente están en la intersección, aumenta de C (análisis HCM) a "D", ya que este método considera el tiempo que la persona caminará hasta la intersección.

Inspección de seguridad vial

Como una Auditoría de Seguridad Vial implica un proceso formal que escapa a los objetivos de este estudio, se decidió optar por aplicar la metodología usada para identificar los riesgos conforme a lo que se denomina una "Inspección de seguridad vial" en lo referente al tránsito peatonal. Los problemas que se identificaron son los siguientes:

La progresión vehicular denominada "ola verde", está diseñada para priorizar el tránsito de vehículos de la avenida Juan de Arona. En efecto, se puede observar que el volumen vehicular no encuentra dificultades para transitar durante su fase. Sin embargo, cuando la intersección de Juan de Arona con Petit Thouars (aproximadamente 50 metros en la dirección del flujo) está en rojo, la cola de vehículos en esa intersección cubre casi todo el espacio entre las intersecciones. De forma correcta unos segundos antes de que esto suceda, el semáforo en la intersección le da el rojo al flujo vehicular evitando que la cola llegue hasta la intersección.

Un problema que se genera, a pesar de esta precaución, es que los vehículos provenientes de Federico Villarreal que quieren voltear a la derecha encuentran poco espacio después de girar. Estos vehículos ingresan a la intersección y originan una obstrucción para aquellos que también viniendo desde Federico Villarreal quieren seguir de frente.

En estas circunstancias el cruce peatonal se ve obstruido por vehículos que tienen poco respeto por la normativa de tránsito ya que no deberían ingresar a la

intersección si esta no tiene espacio para acomodar el movimiento, aún cuando el semáforo esté en verde.

Cabe indicar que de los dos carriles de Federico Villarreal sólo uno está demarcado para el giro a la derecha; sin embargo, los conductores hacen uso de ambos carriles obstruyendo la vía y generando una cola que se extiende hasta la intersección previa.

Se observó también que el sistema de semáforos a pesar de contar con lentes peatonales, no tiene implementadas las fases peatonales, y las lentes se encuentran apagadas.

Debido a los problemas de congestión generados por los vehículos que giran a la derecha desde Federico Villarreal durante el periodo más crítico se observó la presencia de policías de tránsito que llegaron a controlar la intersección.

Las policías de tránsito al encontrar las colas en Federico Villarreal, dieron preferencia a esta vía hasta que se descargó. Es importante notar que durante el tiempo que las policías de tránsito controlaron la intersección, el semáforo siguió encendido lo cual generó confusión entre los conductores y peatones. Adicionalmente, los conductores comenzaron a utilizar la bocina al no poder avanzar durante el verde, porque las policías estaban dando vía libre a Federico Villarreal. Esto generó significativa contaminación acústica.

Se observó también que uno de los cruces, el que acompaña la línea de parada de Juan de Arona, cuenta con una rampa para discapacitados sólo en uno de sus extremos lo que constituye una discontinuidad en la vía para estos usuarios.

Análisis de ocurrencia de accidentes

La base de datos de accidentes peatonales del 2006, publicada en el reporte de vulnerabilidad de peatones (STCTLC, 2009) registra un accidente peatonal ocurrido en la intersección. En este accidente se vio afectado un solo peatón sin consecuencias fatales. Es también importante indicar que a lo largo de la avenida Juan de Arona se observaron 4 accidentes peatonales durante ese año.

En este caso los cruces con mayor riesgo de accidente son aquellos que atraviesan la avenida Juan de Arona; sin embargo, las intersecciones están bien señalizadas y existen pasos peatonales. Durante el tiempo de análisis no se observaron conductas riesgosas por parte de los peatones.

Nivel y calidad de servicio basado en confort

El análisis cualitativo de nivel de servicio propuesto por Sarkar no evalúa la intersección sino las características del medio que rodean el tránsito peatonal. Con esa premisa se calificó la zona circundante a la intersección bajo los siguientes parámetros.

Componentes físicos y psicológicos del confort: Nivel de servicio “B”. Los peatones tienen espacio suficiente para elegir y mantener la velocidad. Los peatones con necesidades especiales encuentran elementos que les permiten circular por las vías.

Lugares de reposo o descanso: Calidad de servicio “F”. No hay bancas o lugares para reposar en la zona cercana a la intersección.

Protección contra los efectos del clima: Calidad de servicio “F”. Existen algunos árboles colocados de forma aleatoria pero no existen paraderos para el transporte público.

Nivel de ruido: Calidad de servicio “F”. Vía de múltiples carriles en un sentido sin elementos de disipación o absorción acústica. Uso de bocinas por parte de los conductores.

Contaminación ambiental: Calidad de servicio “C-D”. Presencia de congestión vehicular a lo largo del día. Buena circulación de aire, no hay presencia de cañones urbanos.

Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales

En lo referente a las características del modo peatonal en las cercanías de la intersección, fueron evaluados de acuerdo a los parámetros establecidos en la tabla que se adjunta en el ANEXO 8, los siguientes puntos:

Veredas: Se observó la presencia de veredas adecuadas en la mayoría de las vías adyacentes. Se asignó el puntaje de 0,40

Zonificación: Existen locales comerciales en las inmediaciones de la intersección que proveen servicios como restaurantes. Se asignó el puntaje de 0,25

Retiros: Los locales adyacentes tienen acceso a las vías con paraderos de autobús en distancia accesible al tránsito peatonal. Se asignó el puntaje de 0,10

Condiciones del transporte público: Los paraderos de autobuses proveen poca protección frente al clima. Se asignó el puntaje de 0,05

Infraestructura para ciclistas: No se observa un camino para bicicletas a lo largo de la avenida Juan de Arona, los ciclistas usan la vereda. Se asignó el puntaje de 0,00

La evaluación de la zona adyacente a la intersección de las avenidas Juan de Arona y Federico Villarreal suma un índice de viabilidad del tránsito peatonal de 80%.

Conclusiones

Las metodologías utilizadas revelaron problemas menores en el funcionamiento de la infraestructura peatonal presente. Así también revelaron que el ambiente circundante al cruce es bastante apto para el desarrollo de actividades peatonales.

El principal problema que identifican los análisis de capacidad y seguridad es generado por la sobresaturación vehicular de la intersección y por el comportamiento desordenado de los conductores que enfrentan esta situación. Sin embargo, no llega a representar un elevado riesgo para los transeúntes.

El análisis propuesto por el NCHRP, Reporte 616, reveló que existe dificultad para cruzar por la mitad de una cuadra debido al ancho de la calzada y al elevado flujo vehicular. Sin embargo, se pudo observar que la configuración de “ola verde” hace que cruzar por la mitad de la cuadra no sea tan difícil.

Se pudo observar que ante la presencia de policías de tránsito controlando la intersección, la circulación peatonal se vio afectada negativamente ya que el tiempo de espera para los peatones aumentó significativamente.

Las evaluaciones de confort y viabilidad del tránsito peatonal revelaron algunos elementos que afectan negativamente al tránsito peatonal, en particular el ruido generado por el flujo vehicular.

La Tab. 6.3 muestra las distintas problemáticas identificadas en la intersección, así como las metodologías que permiten identificarlas y analizarlas. Se puede observar que los efectos generados por la ola verde no son contemplados por las metodologías.

Tab. 6.3 RELACIÓN ENTRE PROBLEMÁTICAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS
Problemáticas peatonales en la intersección

Metodologías Aplicadas	Conflicto con vehículos girando a la derecha	Personas cruzando a mitad de cuadra	Efecto de la ola verde	Condición de los paraderos	Condición de las veredas	Contaminación acústica	Contaminación del aire
	HCM	●					
NCHRP 562							
NCHRP 616		●					
ASV	●	●		●	●		
Análisis de Accidentes	●						
Q&LoS (Sarkar)				●	●	●	●
PFI (Replogle)				●	●		

● Analiza la problemática

6.3. Intersección Av. Universitaria y Av. Bolívar

Descripción de la zona y mapa de ubicación.

La intersección de las avenidas Universitaria y Bolívar se encuentra en el límite de los distritos San Miguel y Pueblo Libre. En la zona adyacente a la intersección se encuentran la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), la empresa editora El Comercio, así como locales comerciales que ofrecen distintos servicios principalmente para los estudiantes de la universidad.

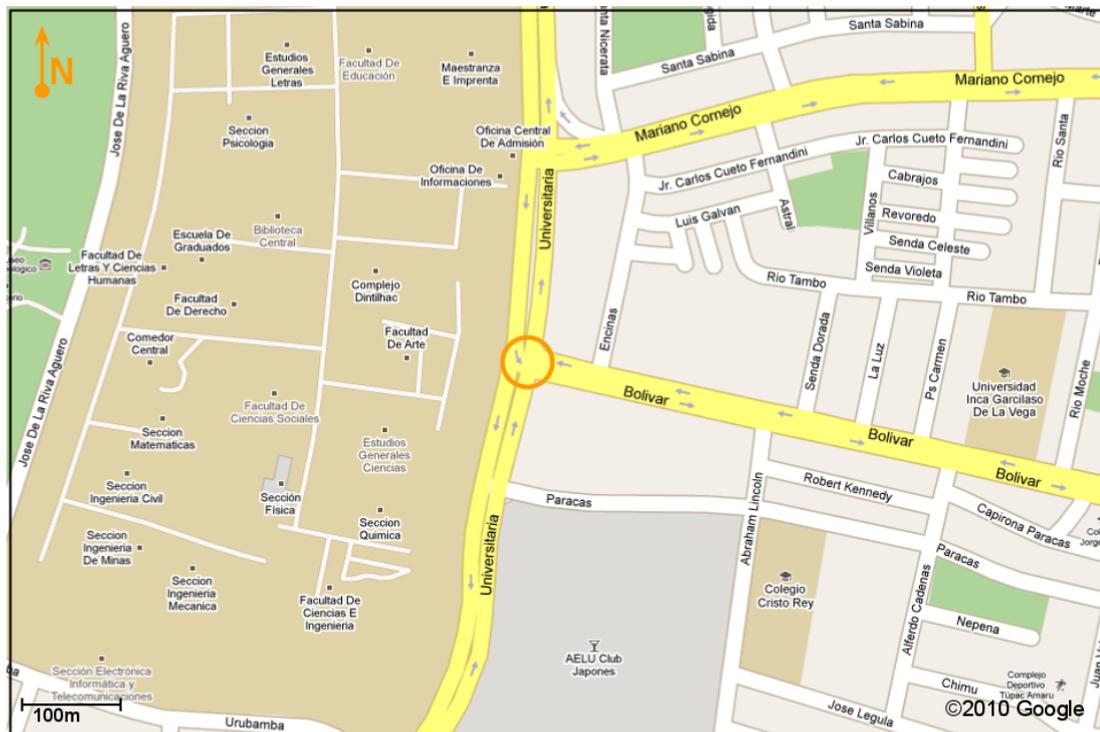


Fig. 6.6 Ubicación de la Intersección
Fuente: Google Maps

En lo referente al tráfico vehicular la intersección pertenece al corredor de la Avenida Universitaria el cual transporta una gran cantidad de vehículos tanto particulares como de transporte público. La proporción de vehículos de transporte público que se observó es de alrededor del 33% para la dirección norte-sur en el cual circulan 1600 vehículos por hora.

En cuanto al tránsito peatonal, el paradero de transporte público de la avenida Bolívar representa el principal punto origen-destino para los peatones que hacen uso de la intersección. Gran parte de estos son alumnos de PUCP, para los cuales

este paradero representa el punto más cercano al ingreso de la universidad conocido como “Puerta Unión”.

Finalmente existe una ciclovía que recorre la avenida Universitaria por el medio del separador central, sin embargo, el flujo de ciclistas es bastante reducido.

Actividades observadas

Se observó que los peatones hacen uso de esta intersección como elemento de tránsito. Tanto la PUCP como la empresa editora El Comercio no tienen entradas adyacentes a la intersección. Por otro lado, la esquina norte de la avenida Bolívar cuenta con negocios que brindan servicios a los alumnos de la PUCP como impresiones, librería y restaurantes. Estos negocios proveen servicio tanto a los alumnos que vienen de la Puerta Principal así como a los que vienen de la Puerta Unión. Estos negocios cuentan con espacios privados para el desarrollo de sus actividades.

Características del funcionamiento de la intersección

La configuración de la intersección corresponde a un cruce en “T”. Sin embargo, existen restricciones para algunos movimientos vehiculares. Como se puede observar en la Fig. 6.7 solo existen cinco movimientos vehiculares permitidos. Además la intersección se encuentra regulada por un semáforo vehicular con dos fases.

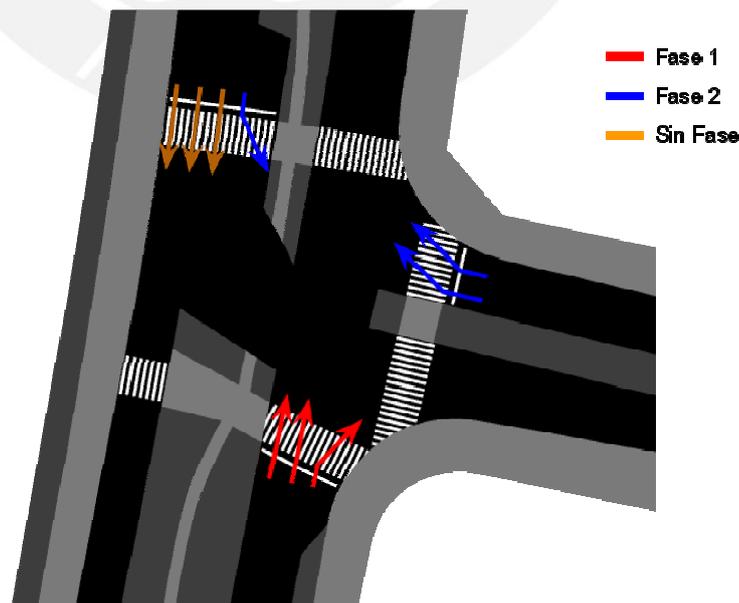


Fig. 6.7 Movimientos permitidos en la intersección

En cuanto a los movimientos peatonales existen seis cruces peatonales demarcados con líneas de cebra así como el cruce de la ciclovía demarcada con dos líneas paralelas. El sistema de semáforos en la intersección no cuenta con lentes que regulen los movimientos de los peatones, así mismo toda la intersección sólo está regulada por las dos fases vehiculares por lo que los peatones deben cruzar cuando el flujo vehicular se encuentra detenido.

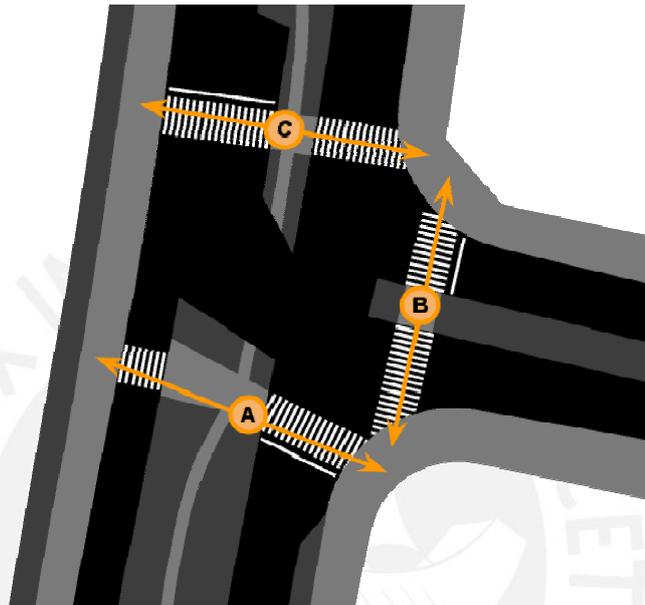


Fig. 6.8 Flujos peatonales en la intersección



Fig. 6.9 Cruces peatonales en la intersección

Cabe indicar que en dos de los seis cruces peatonales, donde los vehículos se detienen para esperar el verde, la circulación peatonal es regulada por una fase del

semáforo. Sin embargo, en los otros cuatro cruces los vehículos circulan sobre el cruce en cualquiera de las dos fases por lo que el comportamiento de los peatones corresponde al de un cruce no semaforizado.

Tab. 6.4 VEHÍCULOS Y PEATONES EN LOS DISTINTOS CRUCES

Cruce	Peatones	Veh. Fase 1	Veh. Fase 2
1	120		313
2	120	305	0
3	101	44	104
4	101	0	132
5	32	261	132
6	32		417

Rojo No semaforizada
Verde Semaforizada

Flujos peatonales y vehiculares de los 15 minutos más cargados

En lo que respecta a la ciclovía, el flujo vehicular que la atraviesa se detiene durante una de las fases del semáforo. Sin embargo, los vehículos se detienen sobre la ciclovía obstruyéndola. Esto origina que los ciclistas o peatones que hacen uso de este cruce deban cruzar entre los autos que están esperando el verde del semáforo.



Fig. 6.10 Ciclovía obstruida por los vehículos que giran a la izquierda en la Av. Universitaria
Fuente: propia

Características del flujo peatonal

Las mediciones se realizaron entre las 8:00 a.m. y las 9:00 a.m., periodo que constituye la hora punta de la mañana tanto para el transporte vehicular como el peatonal. Durante ese tiempo la mayor parte de los peatones caminaban desde el paradero de transporte público ubicado en la avenida Bolívar hacia la Puerta Unión de la PUCP. Los peatones en cuestión no presentaban dificultades de movimiento, no se observó personas de avanzada edad ni personas con limitaciones físicas. Por otro lado sí se observaron peatones corriendo para poder cruzar, en particular en los cruces 5 y 6.



Fig. 6.11 Dispositivos de control de tráfico en la intersección

Análisis aplicables a la intersección

De las siete metodologías presentadas en el capítulo 4, las siguientes se consideran relevantes para el análisis:

Nivel de Servicio Peonatal HCM: La intersección cuenta con cruces peatonales controlados por semáforo, así como cruces que se comportan como no semaforizados, ambas situaciones están previstas en el análisis del HCM.

Evaluación de Cruces Peatonales NCHRP 562: Este análisis es específico para cruces peatonales no semaforizados, situación presente en cuatro de los cruces peatonales que componen esta intersección.

Inspección de seguridad vial: La inspección de seguridad vial evalúa los elementos del viario y permite identificar los posibles riesgos de accidentes.

Análisis de ocurrencia de accidentes: Para este análisis se cuenta con el registro de accidentes de la Policía Nacional para el año 2006 además se describe los posibles accidentes que se pueden presentar.

Nivel y calidad de servicio basado en confort: Permite evaluar conceptos cualitativos que ayudan a entender el ambiente al que están expuestos los peatones.

Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales: permite entender el grado de viabilidad del transporte peatonal en este ambiente.

No se aplicó la metodología de Nivel de servicio Multi-Modal para vías urbanas del NCHRP debido a que este análisis no contempla la existencia de una intersección en la que algunos cruces sean semaforizados y otros no, por lo que el análisis resulta incompatible.

Nivel de servicio según el HCM

A continuación se muestra el formulario de análisis del HCM2000, que ha sido adaptado para mostrar los cálculos relevantes e incluir más de un cruce por formulario.

Tab. 6.5 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES

Información General y del Sitio			
Analista:	Jean Doig	Tipo de infraestructura:	Intersección Semaforizada
Entidad:	PUCP	Año de análisis:	2008
Fecha analizada:	29/10		
Hora de análisis:	8:00:00		
	Código	A	B
Cruce, Caminos y Veredas			
Ancho total de la infraestructura peatonal, W_t (m)		6.00	6.00
Suma de las obstrucciones, W_o (m)		0.00	0.00
Ancho efectivo, W_e (m), $W_t - W_o$		6.00	6.00
Flujo pico en 15 min (ambas direcciones), V_{15} (p/15-min)		120.00	101.00
Razón de flujo peatonal por unidad de ancho, V_p (p/min/m), $V_p = V_{15}/(15 \cdot W_e)$		1.33	1.12
	Nivel de Servicio	A	A

Cruceros Peatonales

Demora peatonal en intersecciones
semaforizadas

	Código	A-2	B-4
Longitud del ciclo, C (s)		62.00	62.00
Tiempo de verde efectivo para peatones, g (s)		23.00	39.00
Demora promedio, dp (s), $dp = 0.5*(C - g)^2/C$		12.27	4.27
Nivel de Servicio		B	A

Demora peatonal en cruces no semaforizados

	Código	A-1	B-3	C-5	C-6
Velocidad peatonal de caminata, Sp (m/s)		1.20	1.20	2.00	2.00
Tiempo de reacción, ts (s)		2.00	2.00	2.00	2.00
Longitud del cruce, L (m)		7.00	11.00	13.00	16.00
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), $tc = L/Sp + ts$		7.83	11.17	8.50	10.00
Número típico de peatones cruzando en pelotón, Nc		5.22	3.09	1.00	1.00
Distribución espacial de peatones, Np (p), $Np = INT[0.75*(Nc - 1)/We] + 1$		1.00	1.00	1.00	1.00
Brecha crítica para el grupo, tg (s), $tg = tc + 2*(Np - 1)$		7.83	11.17	8.50	10.00
Flujo vehicular, v (veh/s)		0.38	0.18	0.45	0.51
Demora peatonal promedio, dp (s), $dp = (e^{(v*tg)} - v*tg - 1)/v$		39.96	25.25	89.18	314.00
Nivel de Servicio		E	D	F	F

El resultado de circulación peatonal muestra un nivel de servicio A para el ancho de los cruceros peatonales, esto significa que dado el volumen de usuarios estos cuentan con suficiente espacio para desarrollar la velocidad que desean.

La situación es significativamente distinta para el análisis de los cruces desde el punto de vista de tiempo de espera. Es importante notar que si bien los cruces se están analizando de forma independiente, la percepción del usuario para toda la intersección corresponde a la del peor cruce que debe recorrer. Por ejemplo, los peatones que cruzan la avenida Bolívar deben cruzar tanto el cruce 3 como el 4, es decir el flujo peatonal “B” tiene como nivel de servicio el peor entre B-3 y B-4.

Bajo ese análisis el flujo peatonal “A” presenta un nivel de servicio E, el cual indica una elevada probabilidad de observar comportamientos riesgosos. La situación es ligeramente mejor para el flujo peatonal “B” con un nivel de servicio D. Sin embargo el nivel de servicio para el flujo peatonal “C” es el peor posible (F). Para este caso la probabilidad de comportamientos riesgosos es muy alta y efectivamente durante el periodo observado se presenciaron varios cruces que podrían haber concluido en lamentables accidentes.

Se observa que aún cuando se realiza el análisis del flujo peatonal “C” con una velocidad de desplazamiento de 2m/s, para disminuir la brecha crítica requerida para cruzar, la demora es extremadamente alta.

Evaluación de Cruces Peatonales NCHRP 562

El formulario de análisis del reporte NCHRP 562 se muestra a continuación, el mismo ha sido adaptado para incluir los distintos cruces.

Tab. 6.6 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES

Información General y del Sitio					
Analista:	Jean Doig	Calle principal	Av. Universitaria		
Entidad:	PUCP	Calle secundaria o ubicación	Av. Bolívar		
Fecha analizada:	29/10	Año de análisis:	2008		
Hora de análisis:	8:00:00				
Descripción del cruce					
	Código	A-1	B-3	C-5	C-6
Paso 1: Verificar si se trata de una vía urbana, sino utilizar el formulario 2					
Paso 2: Flujo peatonal mínimo para considerar algún tipo de mejora					
Flujo peatonal pico en una hora (p/h), Vp		257	269	128	128
Si Vp es mayor o igual a 20 p/h, ir al paso 3		SI	SI	SI	SI
Si Vp < 20 p/h considerar elementos de tráfico calmado de ser posible					
Paso 3: Califica el cruce para la colocación de un semáforo peatonal					
Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora (Veh/h), Vmaj-s		1,352	655	1,609	1,842
Minimo flujo peatonal que requiere la colocación de un semáforo, SC $SC = (0.00021 * V_{maj-s}^2 - 0.74072 * V_{maj-s} + 734.125) / 0.75$		155	452	115	110
Volumen peatonal requerido para colocar un semáforo (p/h), Vp-s, Si SC < 133, colocar 133. Si SC > 133, entonces colocar SC		155	452	133	133
Si Vp > Vp-s, entonces se debe considerar la colocación de un semáforo peatonal. Caso contrario ir al paso 4		SI	NO	NO	NO
Paso 4: Estimar la demora peatonal					
Distancia de cruce peatonal (m), L		7.00	11.00	13.00	16.00
Velocidad de caminata (m/s), Sp		1.20	1.20	2.00	2.00
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts		2.00	2.00	2.00	2.00
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), $tc = L/Sp + ts$		7.83	11.17	8.50	10.00

Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora, si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con más vehículos (Veh/h), V_{maj}	1,352	655	1,609	1,842
Tasa de flujo vehicular	0.38	0.18	0.45	0.51
Demora peatonal promedio, d_p (s), $d_p = (e^{(V_{maj} * t_c)} - V_{maj} * t_c - 1) / V_{maj}$	39.96	25.26	89.18	314.00
Demora peatonal total (h), $D_p = (d_p * V_p) / 3600$	2.85	1.89	3.17	11.16
Paso 5: Tipo de mejora recomendada				
Categoría del tratamiento ROJO si $D_p > 5.3$ h AMARILLO si $D_p > 1.3$ h VERDE si $D_p < 1.3$ h	AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO	ROJO

A diferencia del análisis del HCM, el NCHRP 562 evalúa las características del cruce y genera una recomendación para mejorarlo si es que se cumple con las condiciones.

El cruce 1, debido al gran número de vehículos y peatones, presenta un requerimiento de semáforo con fase peatonal.

Los cruces 3 y 5 presentan una recomendación amarilla, lo que significa la necesidad de colocar una señal que alerte activamente a los conductores de vehículos acerca de la presencia de peatones cruzando, para que se detengan si es que los observan.

Para el cruce 6 la metodología recomienda colocar una señal activa que obligue al conductor a detenerse inclusive si el peatón todavía no ha comenzado a cruzar, este es el caso de semáforos activados por los peatones o señales de pare obligatorio.

Inspección de seguridad vial

Ya que una Auditoria de Seguridad Vial implica un proceso formal que escapa a los objetivos del presente estudio se decidió optar por aplicar la metodología usada para identificar los riesgos conforme a lo que se denomina una Inspección de seguridad vial en lo referente al tránsito peatonal. Los problemas que se identificaron son los siguientes:

Los cruces peatonales 1, 3, 5 y 6 se comportan como cruces no semaforizados debido a que el flujo vehicular es continuo durante las dos fases del semáforo, esto

genera un comportamiento de espera por una brecha lo suficientemente amplia como para cruzar, con alta probabilidad de observar comportamientos riesgosos.



*Fig. 6.12 Peatones cruzando la Av. Universitaria (cruce 1)
Fuente: propia*

El semáforo que controla los movimientos vehiculares de la vía norte-sur de la avenida Universitaria está mal colocado y es difícil de interpretar.



*Fig. 6.13 Semáforo que controla los movimientos de la Av. Universitaria
Fuente: propia*

Este hecho contribuye al tratamiento de los cruces 1 y 6 como no semaforizados ya que la mayor parte de los conductores de vehículos lo interpretan como un

semáforo que sólo controla el movimiento a la izquierda. Es también riesgoso porque algunos conductores se detienen en el cruce 6 lo que da una falsa sensación de seguridad a los peatones que comienzan a cruzar.

Los radios de giro de las curvas de entrada y salida de la avenida Bolívar miden aproximadamente 20 metros. Esta situación contribuye al comportamiento de los cruces 3 y 5 como no semaforizados ya que los vehículos pueden tomar la curva con mayor velocidad. El caso del cruce 3 es particularmente crítico por esta razón.

El sentido sur-norte de la avenida Universitaria cuenta con un jardín que separa la calzada de la vereda; este jardín desaparece abruptamente al comenzar la intersección lo que aumenta el radio de giro para los vehículos volteando a la derecha. Adicionalmente, los peatones buscando una brecha para atravesar el cruce 3, deben hacerlo mirando en el sentido opuesto al que van a cruzar.

Los cruces peatonales no cuentan, en su mayoría, con rampas de acceso para personas con discapacidad y en los casos en los que sí se cuenta no son continuos, es decir, están presentes en un lado del cruce pero no en el otro.

Análisis de ocurrencia de accidentes

La base de datos de accidentes peatonales del 2006, publicada en el reporte de vulnerabilidad de peatones (STCTLC, 2009) no registra ningún accidente peatonal ocurrido en la intersección. Sin embargo, durante el periodo analizado se observaron múltiples conflictos que pudieron concluir en accidentes.

En este caso los cruces con mayor riesgo de accidente son el 3, 5 y 6; en particular el cruce 5 requiere de maniobras muy peligrosas ya que el único momento en que el peatón puede cruzar corriendo es durante el cambio de fase.

Nivel y calidad de servicio basado en confort

El análisis cualitativo de nivel de servicio propuesto por Sarkar no evalúa la intersección sino las características del medio que rodea el tránsito peatonal. Con esa premisa se calificó la zona circundante a la intersección bajo los siguientes parámetros.

Componentes físicos y psicológicos del confort: Nivel de servicio "C". Los peatones tienen la necesidad de maniobrar para evitar objetos o elementos de la vía

impropiamente colocados. Los peatones con necesidades especiales encuentran dificultad para usar las veredas.

Lugares de reposo o descanso: Calidad de servicio "C". Existen bancas en el paradero frente al cruce 6.

Protección contra los efectos del clima: Calidad de servicio "D". Existen algunos árboles colocados de forma aleatoria, los paraderos no proveen protección pero sí cuentan con espacios para sentarse.

Nivel de ruido: Calidad de servicio "D". Vía de múltiples carriles con dos sentidos sin elementos de disipación o absorción acústica y elevadas velocidades de circulación.

Contaminación ambiental: Calidad de servicio "C-D". Presencia de congestión vehicular a lo largo del día. Buena circulación de aire, no hay presencia de cañones urbanos.

Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales

En lo referente a las características del modo peatonal en las cercanías de la intersección fueron evaluados de acuerdo a los parámetros establecidos en la tabla que se adjunta en el ANEXO 8, los siguientes puntos:

Veredas: Se observa la presencia de veredas adecuadas en la mayoría de las vías adyacentes. Se asignó el puntaje de 0,35

Zonificación: Existen locales comerciales en las inmediaciones de la intersección que proveen servicios como restaurantes. Se asignó el puntaje de 0,10

Retiros: Los locales adyacentes tienen cierto grado de separación entre sus ingresos y la vía con paraderos de autobús en distancia accesible al tránsito peatonal. Se asignó el puntaje de 0,05

Condiciones del transporte público: Los paraderos de autobuses proveen poca protección frente al clima. Se asignó el puntaje de 0,05

Infraestructura para ciclistas: Se observa un camino para bicicletas. Se asignó el puntaje de 0,05

La evaluación de la zona adyacente a la intersección de las avenidas Universitaria y Bolívar suman un índice de viabilidad del tránsito peatonal de 60%.

Conclusiones

Las metodologías utilizadas revelaron distintos problemas en el funcionamiento de la infraestructura peatonal presente. También permitieron identificar problemas ambientales que afectan la calidad del tránsito peatonal.

El principal problema que identifican los análisis de capacidad y seguridad es la presencia de cruces peatonales dentro de la intersección que no están regulados por el semáforo. Esta situación es bastante riesgosa e influencia la percepción de calidad de los peatones.

En tal sentido el análisis de cruces no semaforizados (NCHRP Reporte 562) identificó la necesidad de regular estos cruces con semáforos. Esto debido a la gran afluencia de peatones y vehículos en la intersección.

Por otro las evaluaciones de seguridad identificaron posibles riesgos para los peatones que hacen uso de la intersección. Si bien no se encontró registro de accidentes en el año 2006 si se pudo constatar distintos elementos que ponen en peligro la vida de los transeúntes.

Los análisis de confort y viabilidad del tránsito peatonal revelaron resultados de medianos a bajos. No hay presencia de elementos que facilitan el desarrollo de actividades peatonales. Finalmente, se observaron elevados niveles de ruido generado por los vehículos.

La Tab. 6.7 muestra las distintas problemáticas identificadas en la intersección, así como las metodologías que permiten identificarlas y analizarlas. Como se puede observar no hay ninguna metodología que identifique todas las problemáticas. Sin embargo, el análisis de las ASV permite evidenciar la mayor cantidad de situaciones que deben tomarse en cuenta.

Tab. 6.7 RELACIÓN ENTRE PROBLEMÁTICAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS
Problemáticas peatonales en la intersección

Metodologías Aplicadas	Semáforos mal colocados	Cruces no semaforizados	Personas que cruzan corriendo	Rampas para discapacitados	Radio de giro	Condición de los paraderos	Condición de las veredas	Contaminación acústica	Contaminación del aire
	HCM	●	●	●					
NCHRP 562		●	●						
NCHRP 616									
ASV	●	●	●	●	●	●	●		
Análisis de Accidentes		●	●						
Q&LoS (Sarkar)						●	●	●	●
PFI (Replogle)						●	●		

● Analiza la problemática

6.4. Cruce Av. Nicolás Ayllón a la altura del supermercado Plaza Ve

Descripción de la zona y mapa de ubicación.

El cruce de la avenida Nicolás Ayllón también denominada Carretera Central a la altura del supermercado Plaza Vea en Santa Anita está caracterizado por un puente peatonal de reciente construcción. Históricamente el cruce tiene uno de los peores registros por la cantidad de accidentes peatonales. Los principales puntos de atracción de tránsito peatonal en la zona, son los paraderos de transporte público a los dos lados de la carretera. Adicionalmente, la zona alberga múltiples locales industriales y comerciales.

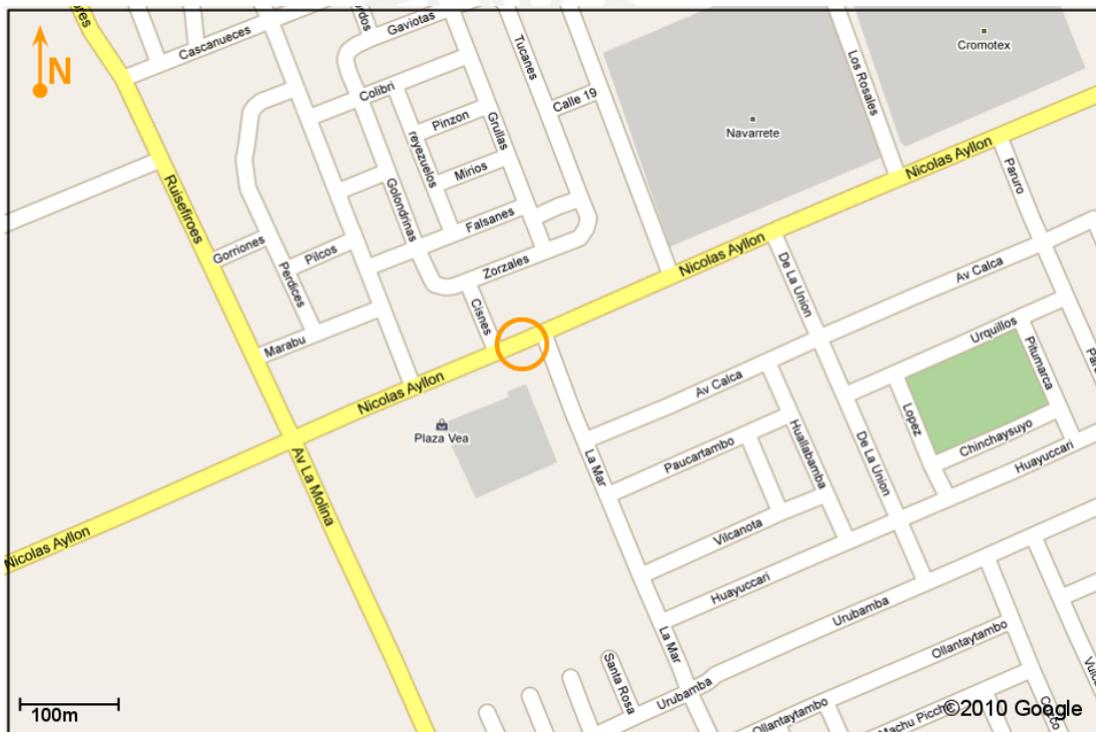


Fig. 6.14 Ubicación de la intersección
Fuente: Google Maps

El tráfico vehicular en la avenida Nicolás Ayllón cuenta con un flujo vehicular constante de aproximadamente 1350 vehículos equivalentes por sentido y por hora con un porcentaje de vehículos pesados de aproximadamente 30%. Adicionalmente, se encuentran intersecciones semaforizadas en ambas direcciones, a una distancia aproximada de 200m.

En cuanto al tránsito peatonal, el paradero de transporte público ubicado en el sentido oeste de la avenida Ayllón representa el principal punto origen-destino para los peatones que cruzan la avenida. Gran parte de los peatones no hacen uso del puente peatonal; en lugar de ello cruzan la carretera esquivando los vehículos o esperando una brecha lo suficientemente amplia para cruzar hasta el separador central.

Cabe indicar que para prevenir este comportamiento se ha colocado una reja que impide a los transeúntes cruzar por debajo del puente; sin embargo, la reja termina frente al paradero de transporte público que es por donde los peatones cruzan.

Actividades observadas

Se observó que los peatones hacen uso del cruce como elemento de tránsito para llegar al paradero de transporte público. Adicionalmente, existen ambulantes a ambos lados de la vía que ofrecen alimentos y bebidas preparadas.

Características del funcionamiento de la intersección

La avenida Ayllón cuenta con tres carriles; sin embargo, debido a la presencia de los semáforos en las intersecciones cercanas se puede percibir la presencia de brechas artificiales, es decir el flujo vehicular no es libre. Esta situación se ve agravada en el sentido oeste donde los vehículos de transporte público generan congestión en el flujo vehicular, debido a que están a la espera de pasajeros.

En cuanto a los peatones, estos cruzan la avenida Ayllón principalmente entre el puente peatonal y los 120 metros al oeste del mismo. A pesar de la existencia del puente peatonal, solo el 46% de los transeúntes observados hace uso de este.

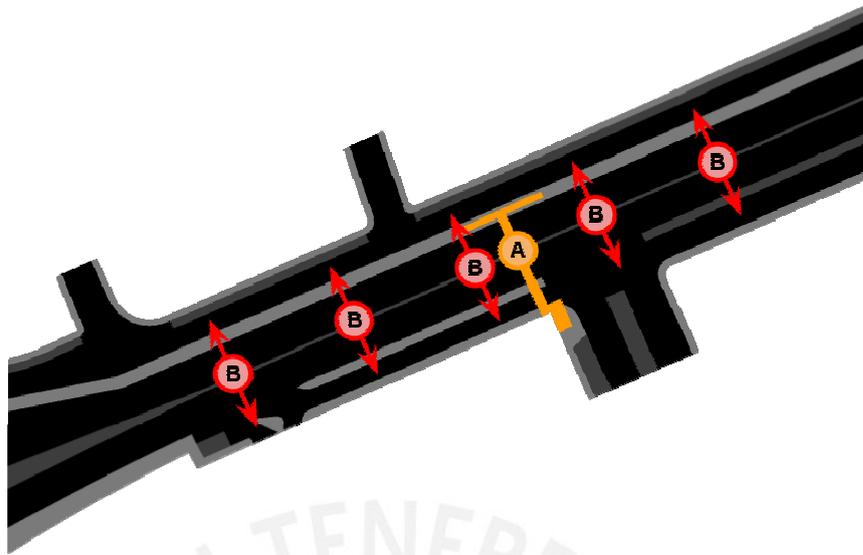


Fig. 6.15 Cruces peatonales observados

Cabe indicar que la mayor cantidad de los cruces realizados por la vía se llevan a cabo en las cercanías del paradero de transporte público.

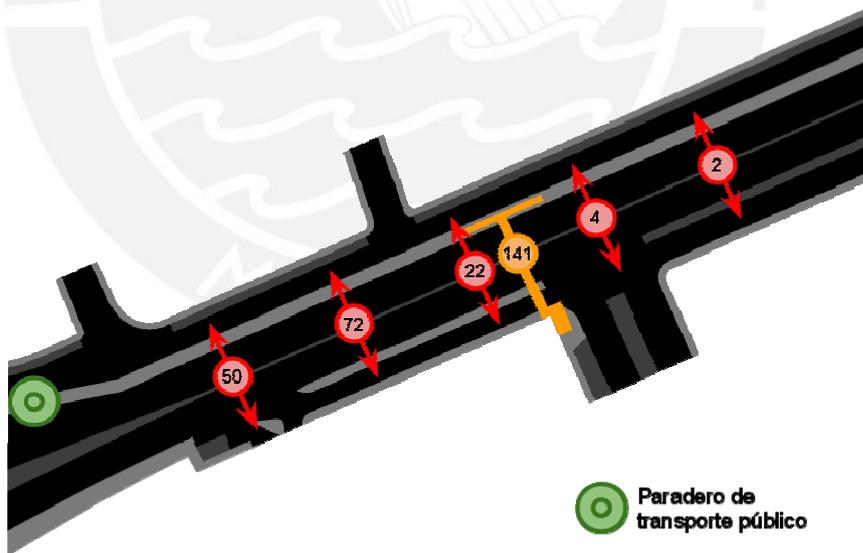


Fig. 6.16 Peatones que cruzaron en el periodo pico de 15 min.

Características del flujo peatonal

Las mediciones se realizaron entre las 8:00 a.m. y las 9:00 a.m., periodo que constituye la hora punta de la mañana tanto para el transporte vehicular así como

para los peatones que hacen uso del transporte público para ir a trabajar. Durante ese tiempo la mayor parte de los peatones caminaban desde o hacia el paradero de transporte público en la margen de la dirección oeste de la avenida Ayllón. Se observó la presencia de peatones con dificultades de movimiento tanto en el grupo que cruzaba por el puente como entre los que cruzaban la calzada.



Fig. 6.17 Área donde los peatones cruzan por la pista (vista desde el puente peatonal)
Fuente: propia

Análisis aplicables a la intersección

De las siete metodologías presentadas en el capítulo 4, se consideran relevantes para el análisis las siguientes:

Nivel de Servicio Peatonal HCM: El cruce de la avenida Ayllón cuenta con un puente peatonal, también se observó peatones cruzando la vía situación similar a la de un cruce no semaforizado.

Evaluación de Cruces Peatonales NCHRP 562: Este análisis es específico para cruces peatonales no semaforizados, situación que se presenta cuando los peatones cruzan por la calzada en vez de usar el puente peatonal.

Nivel de servicio Multi-Modal para vías urbanas del NCHRP, en este caso es particularmente útil ya que permite comparar el nivel de servicio del cruce a mitad de vía con el cruce por el puente peatonal.

Inspección de seguridad vial: La inspección de seguridad vial evalúa los elementos del viario y permite identificar los posibles riesgos de accidentes.

Análisis de ocurrencia de accidentes: Para este análisis se cuenta con el registro de accidentes de la Policía Nacional para el año 2006 además se describen los posibles accidentes que se pueden presentar.

Nivel y calidad de servicio basado en confort: Permite evaluar conceptos cualitativos que ayudan a entender el ambiente al que están expuestos los peatones.

Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales: permite entender el grado de viabilidad del transporte peatonal en este ambiente.

Nivel de servicio según el HCM

A continuación se muestra el formulario de análisis del HCM2000, el formulario ha sido adaptado para mostrar los cálculos relevantes.

Tab. 6.8 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES

Información General y del Sitio	
Analista:	Jean Doig
Entidad:	PUCP
Fecha analizada:	03/06
Hora de análisis:	8:00:00
Tipo de infraestructura:	Puente Peatonal
Año de análisis:	2010
	Código Puente (A)
Cruceros, Caminos y Veredas	
Ancho total de la infraestructura peatonal, Wt (m)	3.00
Suma de las obstrucciones, Wo (m)	0.00
Ancho efectivo, We (m), $Wt - Wo$	3.00
Flujo pico en 15 min (ambas direcciones), $V15$ (p/15-min)	141.00
Razón de flujo peatonal por unidad de ancho, Vp (p/min/m), $Vp = V15/(15*We)$	3.13
	Nivel de Servicio A
Cruceros Peditones	
<u>Demora peatonal en cruces no semaforizados</u>	
	Código
Velocidad peatonal de caminata, Sp (m/s)	2.00
Tiempo de reacción, ts (s)	2.00
Longitud del cruce, L (m)	10.00
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), $tc = L/Sp + ts$	7.00
Número típico de peatones cruzando en pelotón, Nc	4.49
Distribución espacial de peatones, Np (p), $Np = INT[0.75*(Nc - 1)/We] + 1$	1.00

Brecha crítica para el grupo, t_g (s), $t_g = t_c + 2 \cdot (N_p - 1)$	7.00
Flujo vehicular, v (veh/s)	0.38
Demora peatonal promedio, d_p (s), $d_p = (e^{(v \cdot t_g)} - v \cdot t_g - 1) / v$	28.66
Nivel de Servicio	D

El análisis de la circulación peatonal muestra un nivel de servicio A para el flujo peatonal que cruza el puente, ya que a pesar de contarse con un volumen considerable de peatones, 141 peatones en 15 minutos, los 3 metros de ancho del puente son capaces de acomodarlos de forma fluida.

Por el contrario, las personas que cruzan la vía se enfrentan con a un flujo vehicular considerable. El análisis mostrado presenta una demora peatonal promedio de 29 segundos para una velocidad de cruce de 2m/s. Es importante recordar que la velocidad de cruce recomendada por el HCM es de 1.2m/s. Sin embargo, dado que el cruce de la vía es ya una actividad riesgosa, el analizar la viabilidad del cruce en situaciones extremas ayuda a entender porque los peatones la utilizan.

Un hecho que este análisis no recoge es que las personas deben caminar hasta el puente peatonal para cruzar y también subir las escaleras. Esta situación podría explicar porque solo el 46% de los peatones prefiere usar un cruce con nivel de servicio A frente a cruzar por la pista con nivel de servicio "D" ("F" si se evalúa con una velocidad de caminata de 1.2m/s).

Evaluación de Cruces Peatonales NCHRP 562

Como se mencionó en el capítulo 4 el objetivo del análisis del reporte NCHRP 562 es generar un nivel de recomendación para la mejora de las condiciones peatonales. En esta situación el cruce ya ha sido "mejorado" con la colocación de un puente peatonal; sin embargo, se observa que los peatones no hacen uso del mismo en un 54%. Para estas circunstancias, el método evalúa la demanda de cruce y genera una recomendación para manejar el flujo peatonal.

El formulario de análisis del reporte NCHRP 562 se muestra a continuación:

Tab. 6.9 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES

Información General y del Sitio

Analista:	Jean Doig	Calle principal	Av. Nicolás Ayllón
Entidad:	PUCP	Ubicación	Plaza Ve
Fecha analizada:	03/06	Año de análisis:	2010

Hora de análisis: 8:00

Descripción del cruce

Código	Pista (B)
Paso 1: Verificar si se trata de una vía urbana, sino utilizar el formulario 2	
Paso 2: Flujo peatonal mínimo para considerar algún tipo de mejora	
Flujo peatonal pico en una hora (p/h), Vp	591
Si Vp es mayor o igual a 20 p/h, ir al paso 3	SI
Si Vp < 20 p/h considerar elementos de tráfico calmado de ser posible	
Paso 3: Califica el cruce para la colocación de un semáforo peatonal	
Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora (Veh/h), Vmaj-s	1,382
Mínimo flujo peatonal que requiere la colocación de un semáforo, SC	149
$SC = (0.00021 * V_{maj-s}^2 - 0.74072 * V_{maj-s} + 734.125) / 0.75$	
Volumen peatonal requerido para colocar un semáforo (p/h), Vp-s,	149
Si SC < 133, colocar 133. Si SC > 133, entonces colocar SC	
Si Vp > Vp-s, entonces se debe considerar la colocación de un semáforo peatonal. Caso contrario ir al paso 4	SI
Paso 4: Estimar la demora peatonal	
Distancia de cruce peatonal (m), L	10.00
Velocidad de caminata (m/s), Sp	1.20
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts	2.00
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), $tc = L/Sp + ts$	10.33
Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora, si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con más vehículos (Veh/h), Vmaj	1,382
Tasa de flujo vehicular	0.38
Demora peatonal promedio, dp (s), $dp = (e^{(V_{maj} * tc)} - V_{maj} * tc - 1) / V_{maj}$	124.65
Demora peatonal total (h), Dp = (dp * Vp) / 3600	20.46
Paso 5: Tipo de mejora recomendada	
Categoría del tratamiento	ROJO
ROJO si Dp > 5.3 h	
AMARILLO si Dp > 1.3 h	
VERDE si Dp < 1.3 h	

El resultado del paso 3 claramente muestra como el flujo peatonal califica para la colocación de un semáforo peatonal; esta situación sería mucho más crítica si se hubiese considerado el flujo peatonal que utiliza el puente y no solamente aquellos que pasan por la pista. En el paso 4, se observa que considerando una velocidad de cruce de 1.2m/s, la demora promedio es más de dos minutos.

Nivel de servicio Multi-Modal para vías urbanas

El nivel de servicio propuesto por el reporte 616 del NCHRP para nivel de servicio peatonal se caracteriza por evaluar la seguridad percibida por los peatones conforme caminan. Adicionalmente a evaluar el conjunto veredas-cruce, el modelo define un factor de dificultad de cruce a mitad de cuadra y llega al punto de indicar que cuando es más fácil cruzar por la mitad de la cuadra en vez de caminar hasta la intersección, el nivel de servicio aumenta.

A continuación se muestran los cálculos generados para el método NCHRP 616:

Tab. 6.10 FORMATO PARA EL ANÁLISIS DE PEATONES

Información General y del Sitio	
Analista:	Jean Doig
Entidad:	PUCP
Fecha analizada:	03/06
Hora de análisis:	8:00:00
Tipo de infraestructura:	Puente Peatonal
Año de análisis:	2010
Segmento de vía	
Ancho del carril externo de la vía vehicular (m), Wol	3.20
Ancho de la berma o del carril de bicicletas (m), WI	0.00
Coefficiente de parqueo lateral (0.2)	0.2
Porcentaje de la vía que cuenta con parqueo lateral	0%
Efecto de separación de árboles, Colocar 5.37 para separación con presencia de árboles	5.37
Separación entre el pavimento y la vereda (m), Wb	0
Ancho de la vereda (m), Ws	2.80
Coefficiente de presencia de veredas $fsw = 6 - 0.3 * Ws$	5.16
Número de vehículos que recorren la vía en los 15 min pico (veh), Vol15	399
Número de carriles vehiculares, L	3
Velocidad máxima permitida para los vehículos (Km/h), SPD	55
Valoración asignada al segmento de vía, Pseg	2.74
Intersección semaforizada	
Vehículos que giran a la derecha en un periodo de 15 min (veh), RTOR	0
Vehículos que giran a la izquierda en un periodo de 15 min (veh), PermLefts	0
Número de vehículos que siguen de frente en la vía que el peatón esta cruzando (veh), para un periodo de 15 min, PerpTrafVol	0
Velocidad permitida en la vía que el peatón cruza (Km/h), PerpTrafSpeed	0
Número de carriles que el peatón cruza, LanesCrossed	0
Demora peatonal en la intersección (s), PedDelay, Calculada según el HCM	20
Número de carriles exclusivos de giro a la derecha que tengan isla de canalización, RTCI	0
Valoración asignada a la intersección, Pint	1.90
Cruces no semaforizados	

<u>Cruce a mitad de cuadra</u>	
Distancia de cruce peatonal (m), L	10
Velocidad de caminata (m/s), Sp	2
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts	2
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), $tc = L/Sp + ts$	7
Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora, si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con más vehículos (Veh/h), Vmaj	1382
Tasa de flujo vehicular	0.38
Demora peatonal promedio, dp (s), $dp = (e^{(Vmaj*tc)} - Vmaj*tc - 1)/Vmaj$	28.66
<u>Cruce a mitad de cuadra redirigido a una intersección</u>	
Longitud de una cuadra (m), Lb	100
Demora por la caminata a la intersección (s) PGDelay $= (2/3)*Lb/Sp$	33.33
Demora peatonal en la intersección (s), PedDelay, Calculada según el HCM	20
Demora peatonal total si se camina hasta la intersección (s), PDDelay	53.33
Dificultad de cruce peatonal a mitad de cuadra = Min(dp,PDDelay)	28.66
Factor de cruce peatonal a mitad de cuadra	
Dificultad de cruce peatonal a mitad de cuadra (s), XLOS	3.00
Nivel de servicio para peatones que no cruzan a mitad de cuadra NXLOS, $= (0.318*Pseg + 0.22*Pint + 1.606)$	2.90
Factor de cruce peatonal a mitad de cuadra, RCDF	1.014
Nivel de servicio peatonal, PLOS	2.94
	C

El puente peatonal se analizó como si se tratara de una intersección semaforizada en la cual no hay vehículos circulando pero con una demora de 20 segundos, demora que representa el tiempo de subida al puente.

Combinados el puente y las veredas obtuvieron una calificación numérica de 2.9, lo cual equivale a un nivel de servicio "C". Esto significa que si ésta fuera la única forma de cruzar los peatones percibirían un nivel de servicio medio. Esta situación no toma en cuenta que los peatones deben caminar hasta el puente ya que al ser la única vía de cruce, ese tiempo sería asumido como parte del viaje. Este nivel de servicio se denomina NXLOS.

De forma complementaria el análisis prevé un nivel de servicio para las personas que deciden cruzar por la mitad de una cuadra cercana a la intersección, de ser esto posible. En el caso de la avenida Ayllón se evaluó este indicador denominado XLOS, a pesar de que el cruce por la vía se considera altamente riesgoso.

Como se puede observar en el formulario, la demora peatonal del cruce no semaforizado es 29 segundos para una velocidad de cruce de 2m/s, lo que corresponde a un XLOS de 3. Este resultado es comparable con el NXLOS, lo que permite explicar por qué entre caminar hasta el puente y cruzar la vía muchos peatones prefieran lo segundo.

Inspección de seguridad vial

Ya que una Auditoria de Seguridad Vial implica un proceso formal que escapa a los objetivos de este estudio, se decidió optar por aplicar la metodología usada para identificar los riesgos conforme a lo que se denomina una “Inspección de seguridad vial” en lo referente al tránsito peatonal. Los problemas que se identificaron son los siguientes:

La mayor parte de los peatones que cruzan la avenida no hacen uso del puente peatonal, sino que atraviesan la calzada a pesar de que esta tiene un significativo volumen vehicular, no sólo de autos sino también de vehículos pesados.

Debido a que no está previsto en su diseño, el cruce por la calzada se caracteriza por no prestar ninguna facilidad a los peatones. El puente peatonal como alternativa, tampoco provee facilidades para peatones con discapacidades. El puente está diseñado con una altura que permite el paso de vehículos pesados de gran capacidad por debajo del mismo (Buses interprovinciales y transportadores de carga). Para subir al puente se puede hacer uso de dos escaleras ubicadas en el extremo norte o de una en el extremo sur del mismo.

Adicionalmente, el puente está ubicado a una distancia del paradero de transporte público de aproximadamente 120 metros. También se observó que los vehículos de transporte público se detienen en la vía para recoger pasajeros generando congestión vehicular que los peatones aprovechan para cruzar.



Fig. 6.18 Peatones cruzando entre los vehículos de transporte público
Fuente: propia

Finalmente se puede observar la presencia de una reja en la vereda norte destinada a impedir el cruce de los peatones en las cercanías del puente. Sin embargo, los peatones simplemente caminan en paralelo a la reja por la pista hasta que ésta termina.

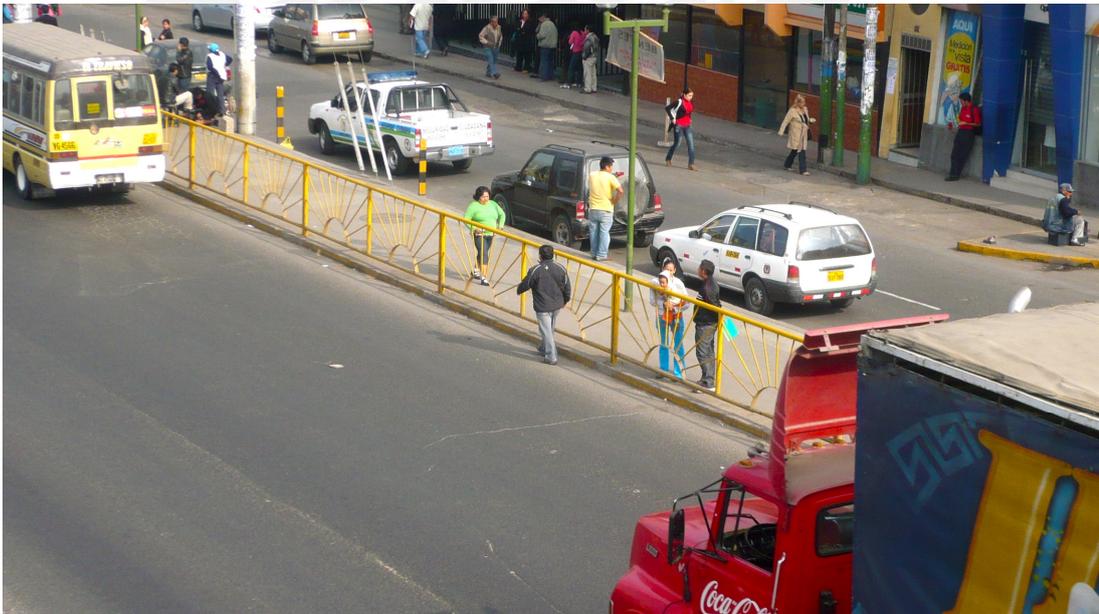


Fig. 6.19 Peatón caminando de forma paralela a la reja
Fuente: propia

Análisis de ocurrencia de accidentes

La base de datos de accidentes peatonales del 2006, publicada en el reporte de vulnerabilidad de peatones (STCTLC, 2009) registra 23 accidentes peatonales ocurridos en la intersección, en un caso con consecuencias fatales para el peatón. Es también relevante el registro de accidentes en la intersección cercana a la altura del Ovalo Santa Anita donde se observaron 38 atropellos con 39 peatones afectados.

Cabe indicar que el puente peatonal no estaba presente en el año 2006 por lo que estos accidentes involucraron a personas que cruzaban la vía por un cruce no regulado. Situación que todavía se presenta ya que muchas personas cruzan por la calzada en lugar de usar el puente peatonal.

Durante el tiempo de análisis se observaron múltiples conductas riesgosas como mujeres embarazadas cruzando la avenida o personas con niños en brazos.

Nivel y calidad de servicio basado en confort

El análisis cualitativo de nivel de servicio propuesto por Sarkar no evalúa la intersección sino las características del medio que rodean el tránsito peatonal. Con esa premisa se calificó la zona circundante al cruce bajo los siguientes parámetros.

Componentes físicos y psicológicos del confort: Nivel de servicio "F". Los peatones con necesidades especiales se ven expuestos al tráfico vehicular ya que son forzados a usar la pista.

Lugares de reposo o descanso: Calidad de servicio "F". No existen bancas o elementos del viario que pueden ser usados para sentarse.

Protección contra los efectos del clima: Calidad de servicio "F". No existe ninguna protección contra el clima, el paradero no cuenta con bancas ni refugio.

Nivel de ruido: Calidad de servicio "F". Vía de múltiples carriles con dos sentidos sin elementos de disipación o absorción acústica. Uso de bocinas por parte de los conductores.

Contaminación ambiental: Calidad de servicio "F". Presencia de congestión vehicular a lo largo del día. Circulación de vehículos pesados sin elementos que separen el flujo vehicular del peatonal. Muy pocos árboles plantados alrededor.

Caracterización de vecindarios en base a requerimientos peatonales

En lo referente a las características del modo peatonal en las cercanías de la intersección fueron evaluados de acuerdo a los parámetros establecidos en la tabla que se adjunta en el ANEXO 8, los siguientes puntos:

Veredas: Se observa la presencia de veredas adecuadas en la mayoría de las vías principales. Se asignó el puntaje de 0,15

Zonificación: Existen locales comerciales en las inmediaciones de la intersección que proveen servicios. Se asignó el puntaje de 0,10

Retiros: Los locales adyacentes tienen acceso a las vías con paraderos de autobús en distancia accesible al tránsito peatonal. Se asignó el puntaje de 0,10

Condiciones del transporte público: Los paraderos de autobuses no proveen ninguna protección frente al clima. Se asignó el puntaje de 0,00

Infraestructura para ciclistas: No se observa ningún camino para bicicletas a lo largo de la avenida Nicolás Ayllón, no se observó la presencia de ciclistas. Se asignó el puntaje de 0.00

La evaluación de la zona adyacente al cruce de la avenida Nicolás Ayllón suma un índice de viabilidad del tránsito peatonal de 35%

Conclusiones

Las metodologías utilizadas revelaron distintos problemas en el funcionamiento de la infraestructura peatonal presente. Así también revelaron que el ambiente circundante al cruce es bastante hostil para el desarrollo de actividades peatonales.

El principal problema que identifican los análisis de capacidad y seguridad es la presencia de peatones cruzando por la calzada, a pesar de que existe un puente peatonal. En tal sentido el análisis de nivel de servicio multi-modal para vías urbanas (NCHRP Reporte 616) fue el que permitió entender el comportamiento de los peatones ya que al evaluar ambas rutas, identificó que tenían el mismo nivel de servicio.

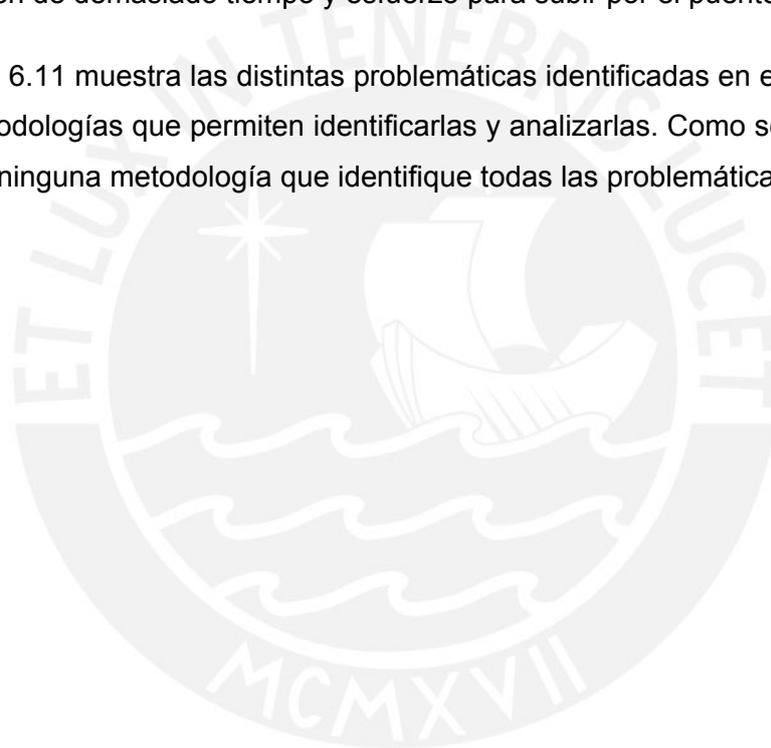
Por otro lado el análisis de cruces no semaforizados (NCHRP Reporte 562) identificó que el flujo de peatones requiere de la colocación de un semáforo a fin de mejorar la calidad del tránsito peatonal.

Las evaluaciones de seguridad confirmaron los riesgos que existen para los peatones que deciden cruzar por la calzada. Esta situación refuerza la necesidad de implementar una solución que contemple las necesidades de los peatones y los integre en lugar de excluirlos de las actividades de transporte en el área.

Los análisis de confort y viabilidad del tránsito peatonal fueron relativamente bajos revelando las carencias de elementos que facilitan el tránsito peatonal y un ambiente saludable.

Fue notable la falta de facilidades para personas con limitaciones y dificultad de movimiento. Las personas en sillas de ruedas no pueden cruzar y adultos mayores requieren de demasiado tiempo y esfuerzo para subir por el puente peatonal.

La Tab. 6.11 muestra las distintas problemáticas identificadas en el cruce, así como las metodologías que permiten identificarlas y analizarlas. Como se puede observar no hay ninguna metodología que identifique todas las problemáticas.



Tab. 6.11 RELACIÓN ENTRE PROBLEMÁTICAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS
Problemáticas peatonales en la intersección

Metodologías Aplicadas		Personas cruzando por la calzada	Tiempo de demora en llegar al puente peatonal	Congestión generada por el transporte público	Condición de los paraderos	Condición de las veredas	Contaminación acústica	Contaminación del aire
	HCM	●						
	NCHRP 562	●						
	NCHRP 616	●	●					
	ASV	●		●	●	●		
	Análisis de Accidentes	●		●				
	Q&LoS (Sarkar)				●	●	●	●
	PFI (Replogle)				●	●		

● Analiza la problemática

Capítulo 7. Conclusiones

Conclusiones

1. Se encontró que los criterios del HCM son aplicables al ámbito local, pero que sus resultados no caracterizan por completo las condiciones de funcionamiento de la infraestructura peatonal ya que se verificaron problemáticas que el manual no es capaz de analizar.
2. Se determinó que en los casos de estudio, la actividad peatonal registrada corresponde al ámbito de las actividades necesarias por lo que la percepción de la calidad del entorno físico no fue la problemática más relevante para los peatones.
3. Las principales problemáticas que afectan al peatón en los casos de estudio corresponden al aspecto de la seguridad vial, situación que se explica debido a la poca consideración que se le presta a la actividad peatonal en el diseño de la infraestructura vial que genera situaciones de alto riesgo para los peatones.
4. En cuanto a los criterios de flujo y circulación para el análisis de vías urbanas con interacción entre vehículos y peatones, se encontró que los indicadores de nivel de servicio basados en demora peatonal (tiempo) son más relevantes que aquellos basados en espacio disponible.
5. En general el comportamiento de los conductores de vehículos privados no es siempre compatible con los presupuestos de los análisis de flujo y circulación. Esto genera que una intersección semaforizada termine funcionando como no semaforizada para el tránsito peatonal. Se requiere por tanto verificar en campo antes de realizar el análisis correspondiente para ser fiel a las condiciones locales de funcionamiento.
6. En general se encontró que el análisis del HCM sólo permite evaluar de forma aislada el nivel de servicio de las intersecciones y cruces formales y no toma en cuenta comportamientos espontáneos de los peatones.
7. El análisis del Reporte 616 (NCHRP, 2008) presenta una metodología más completa que la del HCM, ya que permite analizar la intersección o cruce formal así como la posibilidad de observar cruces a mitad de cuadra. Este

tipo de análisis resulta muy útil si se desea proyectar infraestructura peatonal y se quiere prever el comportamiento de los peatones.

8. La gestión del tránsito en los casos estudiados de la ciudad de Lima, que se manifiesta en la configuración de las intersecciones, el comportamiento de los policías de tránsito, la señalización de las vías y el comportamiento de los conductores, prioriza el transporte vehicular sobre el peatonal.
9. En los casos estudiados, se encontró que el modo peatonal está altamente relacionado con el modo de transporte público, ya que los paraderos constituyen los principales orígenes o destinos para los recorridos peatonales.
10. Se encontró que en todos los casos estudiados la calidad del entorno físico se ve afectada por la falta de elementos de mitigación de la contaminación acústica generada por los vehículos.
11. En general, en todos los casos estudiados no existen elementos de protección frente a condiciones adversas del clima tales como paraderos que provean sombra para los peatones, situación que afecta negativamente la calidad del entorno.

Recomendaciones

1. Se recomienda que al diseñar infraestructuras viales que van a ser usadas por peatones, se analicen los distintos aspectos que intervienen en la percepción de calidad y no solamente la capacidad de la vía.
2. Se recomienda mejorar la infraestructura vial con un enfoque balanceado del transporte teniendo en cuenta los recorridos multi-modales, la gestión de la movilidad y la seguridad de los peatones. Esto se lleva a la práctica con intersecciones y semáforos diseñados para gestionar los conflictos entre peatones, vehículos particulares y de transporte público.
3. Se recomienda fomentar el cumplimiento de las normas de tránsito a través de diseños de infraestructura vial con señalización clara y adecuada para las necesidades de todos los usuarios.
4. Cuando se diseñe nueva infraestructura de uso peatonal o se evalúe aquella ya existente, se recomienda tener en cuenta las necesidades de los

peatones con distintas características de movilidad, especialmente de aquellos con discapacidades o movilidad restringida.

5. Se recomienda que la Policía Nacional del Perú utilice un sistema de base de datos para registrar la ocurrencia de accidentes, así como las características de los mismos, que permitan tener elementos de análisis para un mejor diseño de la seguridad vial. Esta base de datos podría articularse con las bases de datos de las empresas que brindan seguros vehiculares contra accidentes.
6. Se recomienda tener en cuenta las indicaciones del método de análisis de nivel y calidad de servicio peatonal propuesto por Sarkar, para mejorar las características de la infraestructura peatonal en relación a los requerimientos de confort en el espacio público.



“Buenos diseños inducen buenos comportamientos”
(Fernández, 2009)

Referencias

AVELLANEDA, Pau

2007 *Movilidad, Pobreza y Exclusión Social*. [<http://ddd.uab.cat/record/37154>]
Consultado el 6 de Mayo de 2010 Barcelona: Universidad Autonoma de
Barcelona.

ASCHER, François

2004 *Los Nuevos Principios del Urbanismo*. Madrid: Alianza Editorial.

ASHTON, Winifred D.

1966 *The Theory of Road Traffic Flow*. Londres: Spottiswoode, Ballantyne and
Co Ltd.

CROUSSE, Jean Pierre

2010 *Si empezamos a discriminar es el fin del espacio público*.
[http://www.pucp.edu.pe/puntoedu/index.php?option=com_video&task=detalle&id=2680] Consultado el 16 de Mayo de 2010

COUNCIL OF EUROPE (CoE)

1988 *European Urban Charter*.
[<https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?id=887405&Site=COE>] Consultado el 12
de Mayo de 2010

D'ANDREA, A. & URBANI, L.

2003 *Urban Street Design: A New Engineering Approach*. Conferencia
presentada en Walk 21: Portland [www.walk21.com/papers/DAndrea.pdf]
Consultado el 29 de Mayo de 2010

DEFENSORÍA DEL PUEBLO

2008 *El Transporte Urbano en Lima Metropolitana: Un desafío en defensa de la vida.*

[http://www.defensoria.gob.pe/modules/Downloads/informes/defensoriales/informe_137.pdf] Consultado el 15 de Junio de 2010

DEXTRE, Juan Carlos et al.

2008 *Vías Humanas.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú

EUROPEAN PARLIAMENT

1988 *The European Charter of Pedestrians' Rights.*

[<http://www.pezh.gr/english/pedchart.htm>] Consultado el 12 de Mayo de 2010

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA)

2006 *Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices.* Washington D.C.

[<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/06125/06125.pdf>] Consultado el 16 de mayo de 2010

1995 *Nationwide Personal Transportation Survey.* Washington D.C.

[<http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/nhts/index.cfm>] Consultado el 16 de mayo de 2010

FERNÁNDEZ, Rodrigo

2009 *Gestión integral de tránsito.* Conferencia presentada en la PUCP.

[<http://blog.pucp.edu.pe/media/396/20090925-Conferencia%20GestionIntegralDelTransito-RodrigoFernandez.pdf>]
Consultado el 30 de Mayo de 2010

2008 *Elementos de la teoría del tráfico vehicular.* Santiago de Chile: Lom Ediciones.

FRUIN, John J.

1971 *Pedestrian: planning and design*. New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc.

GEHL, Jan

2006 *La Humanización del ESPACIO URBANO*. Barcelona: Reverté, S.A.

JACOBS, Jane

1961 *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House, Inc.

LANDIS, Bruce et al.

2001 *Modeling the Roadside Walking Environment: A Pedestrian Level of Service*. Conferencia presentada en TRB2001 [<http://pubsindex.trb.org/view.aspx?id=715905>] Consultado el 30 de Mayo de 2010

NATIONAL COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM (NCHRP)

2008 *NCHRP Report 616*. Washington D.C.: Transportation Research Board

2006 *NCHRP Report 562*. Washington D.C.: Transportation Research Board

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC)

2000 *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor*. Lima: Ministerio de Transportes.

PARKS, J. & SCHOFER, J.

2006 *Characterizing neighborhood pedestrian environments with secondary data*. En Transportation Research Part D 11, Elsevier Ltd.

POLI, Corrado

2006 *Rivoluzione Traffico*. Roma: Robin Edizioni SRL.

RAULERSON, Mary

- 2010 *A Complete Street Approach to Getting from Place to Place*.
[<http://streetwise.kittelson.com/posts/78-a-complete-streets-approach-to-getting-from-place-to-place>] Consultado el 6 de Junio de 2010

SANZ, Alfonso

- 1996 *Calmar el Tráfico: Políticas y técnicas para moderar la circulación*. Madrid: Ministerio de Fomento.

SARKAR, Sheila

- 2003 *Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers*. Conferencia Presentada en TRB2003
[www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-000444.pdf] Consultado el 29 de Mayo de 2010

SECRETARIA TÉCNICA DEL CONSEJO DE TRANSPORTE DE LIMA Y CALLAO (STCTLC)

- 2009 *La Vulnerabilidad de los Peatones en la Vialidad del Área Metropolitana de Lima y Callao*.
[<http://www.ctlc-st.gob.pe/Estudios%20por%20a%C3%B1os/Vulnerabilidad%20de%20Peatones%20-%20Informe%20Final.pdf>]
Consultado el 10 de Mayo de 2010

THOMAS, Ray

- 2008 *Oregon Pedestrian Rights: A Legal Guide for Persons on Foot*. Portland: Willamette Pedestrian Coalition.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB)

- 2000 *Highway Capacity Manual*. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- 1995 *Manual de Capacidad de Carreteras*. Madrid: Asociación Técnica de Carreteras.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO)

2009 *Global status report on road safety.*

[http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241563840_eng.pdf]

Consultado el 30 de Mayo de 2010

YACHIYO ENGINEERING CO., LTD (Yachiyo)

2005 *Plan Maestro de Transporte Urbano.* Lima: Ministerio de Transportes.



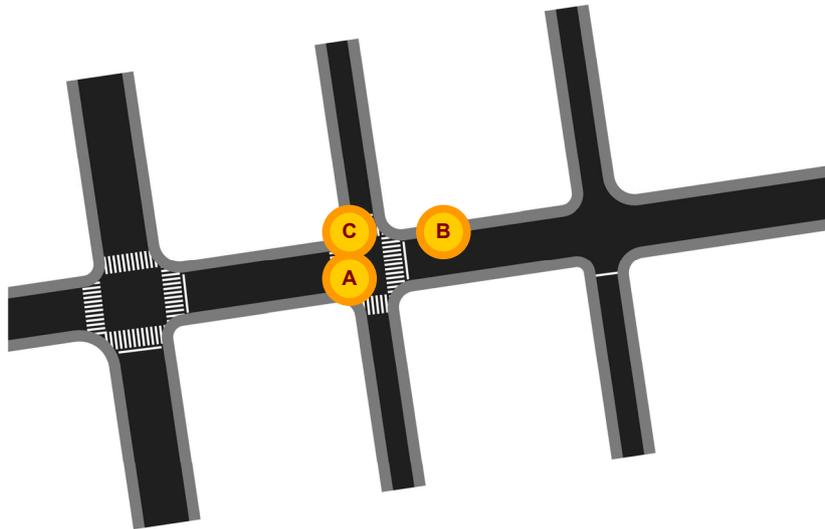


LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: FOTOS DE LA INTERSECCIÓN ENTRE LA AV. JUAN DE ARONA Y FEDERICO VILLAREAL	3
ANEXO 2: FOTOS DE LA INTERSECCIÓN ENTRE AV. UNIVERSITARIA Y AV. BOLÍVAR.....	5
ANEXO 3: FOTOS DEL CRUCE AV. NICOLÁS AYLLÓN A LA ALTURA DEL SUPERMERCADO PLAZA VEA	7
ANEXO 4: FORMULARIO DE ANALISIS PARA PEATONES DEL HCM.....	9
ANEXO 5: FORMULARIO DE ANALISIS PARA PEATONES DEL REPORTE NCHRP 562	10
ANEXO 6: FORMULARIO DE ANALISIS PARA PEATONES DEL REPORTE NCHRP 616	11
ANEXO 7: TABLAS DE NIVEL Y CALIDAD DEL SERVICIO.....	13
ANEXO 8: TABLA DE CARACTERIZACION DE VECINDARIOS EN BASE A REQUERIMIENTOS PEATONALES.....	19



**ANEXO 1: FOTOS DE LA INTERSECCIÓN ENTRE LA AV. JUAN DE ARONA
Y FEDERICO VILLAREAL**



A - *Personas cruzando mientras el semáforo le da el paso a los vehículos*



B - *Elevado flujo vehicular en la Avenida Juan de Arona*



C - La policía de tránsito controlando la intersección

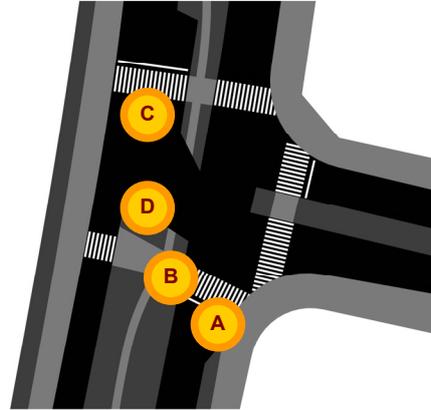


A - Automóviles girando a la derecha tanto desde el carril derecho como desde el izquierdo



A - Caos vehicular originado por el mal comportamiento de los conductores

ANEXO 2: FOTOS DE LA INTERSECCIÓN ENTRE AV. UNIVERSITARIA Y AV. BOLÍVAR



A - Curva con radio de giro muy amplio, véase como el autobús inicia el giro antes de la línea de parada



A - La misma curva sin vehículos o peatones



B - Peatones cruzando la avenida Universitaria

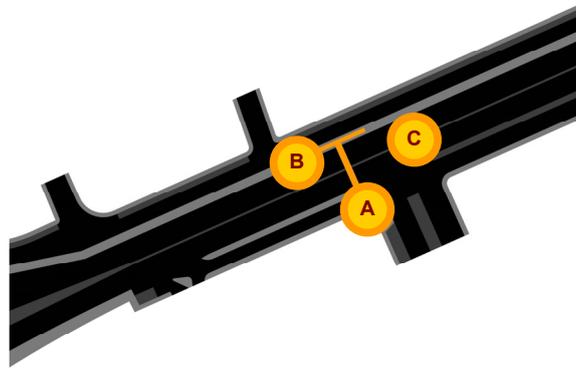


C – Flujo vehicular en el sentido sur de la Av. Universitaria. Se puede observar que los vehículos no se detienen en el cruceo peatonal



D – Los vehículos que giran a la izquierda se detienen sobre la ciclo vía en lugar de la línea de parada

ANEXO 3: FOTOS DEL CRUCE AV. NICOLÁS AYLLÓN A LA ALTURA DEL SUPERMERCADO PLAZA VEA



A - Escalera sur del puente peatonal



B - Escalera del puente peatonal y peatones subiendo con dificultad



C - Vista desde el puente hacia el este



Vista transversal del Puente Peatonal

ANEXO 4: FORMULARIO DE ANÁLISIS PARA PEATONES DEL HCM

Información General y del Sitio

Analista: Tipo de
Entidad: infraestructura:
Fecha
analizada: Año de análisis:
Hora de
análisis:

Código

Cruceros, Caminos y Veredas

Ancho total de la infraestructura peatonal, W_t (m)
Suma de las obstrucciones, W_o (m)
Ancho efectivo, W_e (m), $W_t - W_o$
Flujo pico en 15 min (ambas direcciones), V_{15}
(p/15-min)
Razón de flujo peatonal por unidad de ancho, V_p
(p/min/m), $V_p = V_{15}/(15 \cdot W_e)$

Nivel de Servicio

Cruceros Peatonales

Demora peatonal en cruces no semaforizados

Código

Velocidad peatonal de caminata, S_p (m/s)
Tiempo de reacción, t_s (s)
Longitud del cruce, L (m)
Brecha crítica para el cruce de un peatón,
 t_c (s), $t_c = L/S_p + t_s$
Número típico de peatones cruzando en pelotón,
 N_c
Distribución espacial de peatones, N_p (p),
 $N_p = \text{INT}[0.75 \cdot (N_c - 1)/W_e] + 1$
Brecha crítica para el grupo, t_g (s), $t_g = t_c + 2 \cdot (N_p - 1)$
Flujo vehicular, v (veh/s)
Demora peatonal promedio,
 d_p (s), $d_p = (e^{(v \cdot t_g)} - v \cdot t_g - 1)/v$

Nivel de Servicio

ANEXO 5: FORMULARIO DE ANÁLISIS PARA PEATONES DEL REPORTE NCHRP 562

Información General y del Sitio

Analista: Calle principal
Entidad: Ubicación
Fecha analizada: Año de análisis:
Hora de análisis:

Descripción del cruce

Código

Paso 1: Verificar si se trata de una vía urbana, sino utilizar el formulario 2

Paso 2: Flujo peatonal mínimo para considerar algún tipo de mejora

Flujo peatonal pico en una hora (p/h), V_p
Si V_p es mayor o igual a 20 p/h, ir al paso 3
Si $V_p < 20$ p/h considerar elementos de tráfico calmado de ser posible

Paso 3: Califica el cruce para la colocación de un semáforo peatonal

Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora (Veh/h), V_{maj-s}
Mínimo flujo peatonal que requiere la colocación de un semáforo, SC

$$SC = (0.00021 * V_{maj-s}^2 - 0.74072 * V_{maj-s} + 734.125) / 0.75$$

Volumen peatonal requerido para colocar un semáforo (p/h), V_{p-s} ,
Si $SC < 133$, colocar 133. Si $SC > 133$, entonces colocar SC

Si $V_p > V_{p-s}$, entonces se debe considerar la colocación de un semáforo peatonal. Caso contrario ir al paso 4

Paso 4: Estimar la demora peatonal

Distancia de cruce peatonal (m), L
Velocidad de caminata (m/s), S_p
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), t_s
Brecha crítica para el cruce de un peatón, t_c (s), $t_c = L/S_p + t_s$

Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora, si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con mas vehículos (Veh/h), V_{maj}

Tasa de flujo vehicular
Demora peatonal promedio, d_p (s), $d_p = (e^{(V_{maj} * t_c)} - V_{maj} * t_c - 1) / V_{maj}$
Demora peatonal total (h),
 $D_p = (d_p * V_p) / 3600$

Paso 5: Tipo de mejora recomendada

Categoría del tratamiento
ROJO si $D_p > 5.3$ h
AMARILLO si $D_p > 1.3$ h
VERDE si $D_p < 1.3$ h

ANEXO 6: FORMULARIO DE ANÁLISIS PARA PEATONES DEL REPORTE NCHRP 616

Información General y del Sitio

Analista: Tipo de infraestructura:
 Entidad:
 Fecha analizada: Año de análisis:
 Hora de análisis:

Segmento de vía

Ancho del carril externo de la vía vehicular (m), W_{ol}
 Ancho de la berma o del carril de bicicletas (m), W_I
 Coeficiente de parqueo lateral (0.2)
 Porcentaje de la vía que cuenta con parqueo lateral
 Efecto de separación de árboles,
 Colocar 5.37 para separación con presencia de árboles
 Separación entre el pavimento y la vereda (m), W_b
 Ancho de la vereda (m), W_s
 Coeficiente de presencia de veredas
 $fsw = 6 - 0.3 * W_s$
 Número de vehículos que recorren la vía en los 15 min pico (veh), Vol_{15}
 Número de carriles vehiculares, L
 Velocidad máxima permitida para los vehículos (Km/h), SPD

Valoración asignada al segmento de vía, Pseg

Intersección semaforizada

Vehículos que giran a la derecha en un periodo de 15 min (veh), RTOR
 Vehículos que giran a la izquierda en un periodo de 15 min (veh), PermLefts
 Número de vehículos que siguen de frente en la vía que el peatón esta cruzando (veh), para un periodo de 15 min, PerpTrafVol
 Velocidad permitida en la vía que el peatón cruza (Km/h), PerpTrafSpeed
 Número de carriles que el peatón cruza, LanesCrossed
 Demora peatonal en la intersección (s), PedDelay,
 Calculada según el HCM
 Número de carriles exclusivos de giro a la derecha que tengan isla de canalización, RTCI

Valoración asignada a la intersección, Pint

Cruces no semaforizados

Cruce a mitad de cuadra

Distancia de cruce peatonal (m), L
 Velocidad de caminata (m/s), Sp
 Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts
 Brecha crítica para el cruce de un peatón,
 tc (s), $tc = L/Sp + ts$
 Flujo vehicular de la calle principal, considerar ambas direcciones durante una hora, si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con mas vehículos (Veh/h), V_{maj}

Tasa de flujo vehicular

Demora peatonal promedio,

$dp (s), dp = (e^{(V_{maj} * t_c)} - V_{maj} * t_c - 1) / V_{maj}$

Cruce a mitad de cuadra redirigido a una intersección

Longitud de una cuadra (m), L_b

Demora por la caminata a la intersección (s) $PGDelay$

$= (2/3) * L_b / Sp$

Demora peatonal en la intersección (s), $PedDelay$,

Calculada según el HCM

Demora peatonal total si se camina hasta la intersección

(s), $PDDelay$

Dificultad de cruce peatonal a mitad de cuadra

$= \text{Min}(dp, PDDelay)$

Factor de cruce peatonal a mitad de cuadra

Dificultad de cruce peatonal a mitad de cuadra (s), $XLOS$

Nivel de servicio para peatones que no cruzan a mitad de cuadra $NXLOS$,

$= (0.318 * P_{seg} + 0.22 * P_{int} + 1.606)$

Factor de cruce peatonal a mitad de cuadra, $RCDF$

Nivel de servicio peatonal, $PLOS$



ANEXO 7: TABLAS DE NIVEL Y CALIDAD DEL SERVICIO



Tabla 1 Niveles de Servicio para el confort peatonal

Nivel de Servicio	Minimizar el esfuerzo físico	Minimizar el esfuerzo físico para peatones con movilidad limitada	Actividades peatonales acomodadas
A	<ul style="list-style-type: none"> La vía peatonal ha sido diseñada para permitir que los peatones elijan y mantengan la velocidad deseada con gran facilidad. Se ha hecho el esfuerzo de agregar atajos o minimizar los conflictos con otros modos y elementos del viario. 	<ul style="list-style-type: none"> Peatones con dificultad de movimiento encuentran espacios para moverse que son más que adecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> Se acomodan diversas actividades peatonales
B	<ul style="list-style-type: none"> Capaz de elegir y mantener la velocidad deseada. (con menor calidad que en el Nivel A). 	<ul style="list-style-type: none"> Peatones con dificultad de movimiento encuentran espacios para moverse que son más que adecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> Se acomodan diversas actividades peatonales
C	<ul style="list-style-type: none"> Los peatones deben adaptarse o maniobrar para usar la vía peatonal dado que hay elementos del viario que han sido mal colocados. El ancho y la configuración de la vía peatonal son adecuados para un alto volumen peatonal. 	<ul style="list-style-type: none"> Peatones con dificultad de movimiento encuentran dificultades para moverse. 	<ul style="list-style-type: none"> La interacción entre los distintos flujos peatonales requiere cooperación y maniobras.
D	<ul style="list-style-type: none"> Los peatones encuentran obstáculos e impedimentos que incrementan su esfuerzo físico. Vehículos estacionados ilegalmente, señalización u otros objetos incompatibles con los peatones que ocupan las veredas. Garajes o salidas de carros que bloquean las veredas. 	<ul style="list-style-type: none"> Peatones con dificultad de movimiento no pueden usar las vías peatonales por la falta de espacio o de rampas. 	<ul style="list-style-type: none"> Veredas incapaces de manejar el volumen normal de movimientos peatonales. Los peatones caminan en una fila o camina por la pista
F	<ul style="list-style-type: none"> Caminos peatonales inutilizados debido a una pobre superficie. No hay veredas, los peatones deben usar la pista. 	<ul style="list-style-type: none"> Peatones con dificultad de movimiento se encuentran expuestos al tráfico vehicular ya que están forzados a usar la pista. 	<ul style="list-style-type: none"> Veredas no existentes o no usables

Fuente: Adaptado de Sarkar, 2003

Tabla 2 Niveles de Calidad para lugares de reposo

Nivel de Calidad	Lugares para parar						Otros para sentarse	Elementos secundarios para sentarse	
	Dimensiones	Uso confortable	Separación del tráfico vehicular y el ruido	Protección del clima	Separación de la vía peatonal	Numero de lugares para parar	Bancas	Elementos del viario	Otros
A	Espacioso	Muy confortable	Completa	Bien protegidos	Mas que adecuado	Al menos uno	Si	Especialmente diseñados	Muros bajos, áreas verdes y gradas
B	Espacioso	Confortable	Adecuada	Adecuada	Si	Si	Muy buenas	Muros bajos, gradas	
C	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Buenas	Algunos elementos pueden usarse para sentarse	Muros bajos, gradas (opcional)
D	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Promedio	Ningún elemento puede usarse para sentarse	Muros bajos y gradas
F	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	No existen	Ninguno	Ninguno

Fuente: Adaptado de Sarkar, 2003

Tabla 3 Niveles de Calidad del confort basado en condiciones adversas del clima

Nivel de Calidad	Protección frente al clima	Ventarrones durante el invierno	Protección en las paradas de autobús	Grifos de agua potable	Otros elementos
A	Múltiples alternativas de protección	Suave o ninguno	Bien protegidos, con bancas	Disponible	Venta de bebidas
B	Adecuado, arcadas o árboles tupidos	Suave o ninguno	Protección adecuada, con bancas	Disponible	Venta de bebidas
C	Parcial	Moderado	Protección adecuada	Ninguno	Ninguna
D	Inadecuado, algunos árboles colocados aleatoriamente	Fuerte	Sin protección, con bancas	Ninguno	Ninguna
F	No hay protección	Muy fuerte	Sin protección y sin bancas	Ninguno	Ninguna

Fuente: Adaptado de Sarkar, 2003

Tabla 4 Niveles de Calidad para el ruido en vías peatonales

Nivel de Calidad	Nivel de Ruido	Métodos usados para la reducción del ruido / Razón para la inadecuada reducción del ruido	Conversación a distancia social (1 – 1,5m)	Actividades peatonales
A	Muy bajo a lo largo del día y la noche Menos de 50 bda	Prohibición de tráfico vehicular Vías peatonales aisladas completamente	Posible	Muy alta: usuarios sentados, mirando o jugando.
B	Bajo a lo largo del día y la noche Entre 50 y 65 dba	Regulación del tráfico vehicular. Diseño de veredas con bermas y jardines Diseño de áreas semi aisladas	Posible	Alta: usuarios sentados, mirando o jugando.
C	Moderadamente ruidoso durante el día Bajo durante la noche	Los niveles de ruido se han reducido parcialmente con los siguientes métodos: (a) Se ha controlado el tráfico convirtiendo las vías en (i) calles de una vía con un carril y tráfico calmado (ii)vías de dos sentidos con un carril cada una y parqueos (b) Se ha restringido la velocidad de circulación a menos de 50km/h	Fácil cuando se eleva la voz	Moderada: hay algunos usuarios sentados, mirando o jugando.
D	Moderado a ruidoso durante el día Moderado durante la noche	Los niveles de ruido no se han reducido debido a las siguientes razones (todas) (a)Vías con múltiples carriles para uno o dos sentidos. (b)No hay separación entre la pista y la vereda (c)Se observan velocidades mayores a 50km/h	Difícil	Baja: muy pocos usuarios
F	Moderado a ruidoso durante el día y la noche	Los niveles de ruido no se han reducido debido a las siguientes razones (alguna) (a)Vías con múltiples carriles para uno o dos sentidos. (b)No hay separación entre la pista y la vereda (c)Se observan velocidades mayores a 50km/h (d)Elevada cantidad de vehículos pesados (e)Los vehículos hacen uso de las bocinas	Imposible	Ninguna.

Fuente: Adaptado de Sarkar, 2003

Tabla 5 Niveles de Calidad para la contaminación del aire en vías peatonales

Nivel de Calidad	Método de reducción de la contaminación o falta de este.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Trafico vehicular prohibido • Se promueve la caminata o la bicicleta desde el diseño del proyecto • Muy buena circulación de aire • Presencia de jardines
B	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de los volúmenes de trafico vehicular • Se facilitan los modos ecológicos en el diseño • Circulación de aire constante • Vegetación en los jardines circundantes a las veredas • Elementos de separación entre el flujo vehicular y las veredas
C	<ul style="list-style-type: none"> • Circulación de aire promedio • Diferentes alturas en los edificios que no forman cañones urbanos • Árboles plantado a lo largo de las veredas
D	<ul style="list-style-type: none"> • Circulación de aire pobre, que es incapaz de dispersar la contaminación • Hay muy pocos árboles a lo lardo de las veredas ○ • No existe separación entre el flujo vehicular y peatonal
F	<ul style="list-style-type: none"> • Congestión de trafico continuo con elevados volúmenes vehiculares • Se puede percibir las emisiones de los vehículos • La circulación del aire es pobre debido a las características de los edificios o el ancho de la vía • Hay muy pocos árboles a lo lardo de las veredas ○ • No existe separación entre el flujo vehicular y peatonal

Fuente: Adaptado de Sarkar, 2003

**ANEXO 8: TABLA DE CARACTERIZACION DE VECINDARIOS EN BASE A
REQUERIMIENTOS PEATONALES**



Tabla 6 Esquema de evaluación

Veredas

No hay veredas (0,00)	Discontinuas y muy angostas (0,05)	Angostas pero continuas a lo largo de las vías principales (0,15)	Adecuadas a lo largo de las vías principales (0,25)	Adecuadas a lo largo de la mayoría de las vías con alguno caminos peatonales (0,35)	Distrito peatonal, veredas en todos lados, restricciones al tráfico vehicular (0,45)
-----------------------	------------------------------------	-------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Zonificación

Homogénea (0,00)	Algunos locales comerciales accesibles (0,10)	Uso mixto del Suelo con densidad moderada (0,20)	Uso mixto del Suelo con densidad elevada (0,25)
------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Retiros

Edificios alejados o retirados de la vía (0,00)	Algunos retiros con paradas de autobús a distancias accesibles para los peatones (0,05)	Pocos o ningún retiro (0,10)
-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

Transporte Publico

No hay refugios o paraderos (0,00)	Algunos paraderos con refugios (0,05)	La mayor cantidad de paraderos tienen refugios (0,10)
------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------------------------

Infraestructura para Ciclistas

Muy pocas o ninguna (0,00)	Algunos caminos o rutas (0,05)	Muchos caminos o rutas (0,10)
----------------------------	--------------------------------	-------------------------------

Fuente: Adaptado de Parks, 2006