



UBA, FADU
Universidad de Buenos Aires Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
F.A.D.U.

Maestría en Planificación Urbana y Regional

Defensa de Tesis

TEMA: El ambiente construido y la generación de viajes a pie en ciudades de montaña, el caso del Cusco, Perú

Alumno: Ing. Hael Waldo Contreras Valenzuela

Director de Tesis: Doctor Alejandro Gabriel Benedetti

Buenos Aires, 20 de Febrero de 2018

RESUMEN

Las investigaciones sobre transporte urbano, suelen estudiar la generación de viajes en forma general, es decir, sin distinguir la modalidad y priorizando el transporte motorizado. El transporte pedestre ha sido tradicionalmente menospreciado, sin embargo, ha cobrado relevancia en las últimas décadas. La presente tesis, busca indagar sobre la relación entre la generación de viajes a pie y el ambiente construido, para lo cual, se hizo uso de un modelo matemático de generación de viajes, basado en variables de entorno, como: la conectividad vial, la diversidad de uso de suelos, la presencia de escalinatas, entre otros. El objetivo, además de establecer la relación entre el ambiente construido y la caminata, fue determinar cuáles son las variables más incidentes en la elección modal pedestre. En efecto, la tesis busca esclarecer que variables influyen en una persona, para que opte por la caminata antes que el modo de transporte motorizado.

Por otra parte, el caso de estudio tiene lugar en la ciudad del Cusco, en el Perú, emplazada en la cordillera de los andes, por lo que, una parte importante de la población se asienta en terrenos de pendiente elevada. Esta condición, de ser ciudad de montaña, le imprime características únicas a la movilidad pedestre, una de ellas, es la presencia de la escalinata, que es un dispositivo de presencia frecuente en la ciudad, caso de estudio.

ABSTRACT

The investigations on the urban transport, usually study the trips generation in general, that is to say, without distinguishing the modality and prioritizing the motorized transport. Pedestrian transport has traditionally been underestimated, however, it has gained relevance in recent decades. This thesis seeks information on the relationship between the trips generation and the built environment, for which, it was necessary a mathematical model of travel generation, based on environmental variables, such as: road connectivity, the diversity of land-uses, presence of staircases, among others. The objective, in addition to establishing the relationship between the built environment and the walk, was to determine the most incidental variables in the choice of the modal pedestal. In effect, the thesis seeks to clarify which variables influence a person, so that, he or she, choice to walk mode instead motorized transport mode.

On the other hand, the case study takes place in the city of Cusco, in Peru, located in the Andes mountain range, so that, a significant part of the population sits on high lands. This condition, being a mountain city, gives unique characteristics to the pedestrian mobility, one of them, is the presence of the staircases, which is a frequent presence device in the city, case study.

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
INDICE.....	2
INTRODUCCIÓN.....	4
1. Presentación general.....	5
1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.2. Hipótesis general.....	7
1.3. Objetivos.....	7
1.4. Estructura de esta tesis.....	8
2. Enfoque teórico metodológico.....	8
2.1. Marco teórico.....	8
2.1.1. La movilidad pedestre.....	9
2.1.2. El ambiente construido como generador de viajes a pie.....	10
2.1.2.1. La generación de viajes.....	10
2.1.2.2. El ambiente construido.....	12
2.1.3. Las escalinatas como componente fundamental del ambiente construido en ciudades de montaña.....	14
2.2. Herramientas metodológicas.....	17
2.2.1. Modelos de generación viajes.....	17
2.2.2. Herramientas y criterios para el registro y medición de la variable dependiente “Y”.....	18
2.2.3. Herramientas y criterios para el registro y medición de las variables independientes “X”.....	20
2.2.4. Criterios para la observación.....	21
2.2.5. Criterios para la medición de la distancia y la accesibilidad.....	26
2.3. Síntesis del enfoque teórico y metodológico.....	27
3. Presentación del caso de estudio.....	28
3.1. Situación de la movilidad pedestre en ciudades del mundo.....	28
3.2. Situación de la movilidad pedestre en ciudades de montaña en el mundo.....	30
3.2.1. Situación mundial.....	30
3.2.2. Situación en Sudamérica.....	31
3.2.3. Situación en el Perú.....	32
3.3. La ciudad de Cusco y sus características generales.....	34
3.3.1. Ubicación y estructura político-administrativa de la ciudad.....	34
3.3.2. Crecimiento y expansión urbana de la ciudad del Cusco.....	37
3.3.3. Densidad poblacional de la ciudad del Cusco.....	43
3.3.4. Centralidades de la ciudad del Cusco.....	43
3.3.5. Topografía y barreras que condicionan la expansión urbana.....	46
3.3.6. La ciudad del Cusco y las distancias máximas.....	46
3.4. El transporte y la movilidad en la ciudad de Cusco.....	51
3.4.1. Principales ejes de circulación y modos de transporte disponibles en la ciudad.....	51

3.4.2. El transporte motorizado en el cusco	53
3.4.3. Situación de la movilidad pedestre en el cusco.....	54
3.5. Síntesis y análisis del caso de estudio	58
4. Discusión sobre el ambiente construido	59
4.1. Justificación, alcances y limitaciones de las variables de ambiente construido.....	60
4.2. Justificación, alcances y limitaciones de la variable escalinata en la ciudad del Cusco.....	63
4.3. Síntesis y análisis sobre la discusión de las variables propuestas	68
5. Formulación de modelos de generación de viajes a pie.....	69
5.1. Área de estudio y metodología ajustada a la investigación.....	69
5.2. Variable dependiente, toma de datos para los conteos y descripción	73
5.3. Variables independientes, toma de datos y descripción.....	75
5.4. Síntesis y análisis del modelo de generación de viajes a pie	81
6. Resultados y análisis de la información producida.....	82
6.1. Resultados del modelo de regresión lineal.....	82
6.1.1. Primera regresión.....	84
6.1.2. Segunda regresión.....	85
6.2. Análisis integral de los resultados.....	89
7. Conclusiones.....	93
7.1. Limitaciones y dificultades encontradas en el desarrollo de la investigación.....	93
7.2. Hallazgos.....	94
7.3. Futuras de investigación.....	96
8. Anexos.....	98
Anexo N° 1: Distribución modal de los viajes en ciudades del Mundo y Sudamérica.....	98
Anexo N° 2: Modelo de generación de viajes.....	100
1. Resultados de las variables que influyen en los viajes pedestres.....	100
1.1 Primera regresión, con todas las variables propuestas.....	100
1.1.1 Resultados y variables significativas	104
1.2 Segunda regresión, con variables seleccionadas.....	106
1.1.2 Resultados y variables significativas	110
2. Resultados de las variables que influyen en los viajes hechos en bus	112
2.1 Regresión con todas las variables propuestas	112
2.1.1 Resultados y variables significativas	116
9. Bibliografía	118

INTRODUCCIÓN

La movilidad pedestre ha capturado la atención de los estudios sobre transporte en los últimos tiempos. En efecto, la caminata como modo de transporte posee diversos beneficios, quizás el importante de ellos, es el hecho de que es el más democrático, pues no requiere de elementos o dispositivos adicionales. Los beneficios al ambiente, la salud y la reducción del tráfico vehicular, también son importantes. Las razones que llevan a las personas a caminar antes de tomar el bus o el automóvil son diversas. Muchos investigadores han representado esas razones a través de variables, las cuales impactan positiva o negativamente en el caminante. Diversos estudios coinciden en que características de tipo socioeconómico, como la posesión de un automóvil, la edad o el género, son variables que inciden en el número de viajes a pie. Sin embargo, no hay consenso acerca de si la traza del barrio, la estética de las vías o la diversidad del uso de suelo, es decir características del ambiente construido, también tienen incidencia. Al respecto, se ha instalado la polémica, pues existen estudios que lo confirman y otros que lo niegan. Esta tesis, pretende estudiar este último grupo, en su relación con la movilidad pedestre. Adicionalmente, la topografía, ha sido un factor poco estudiado, no obstante, es un elemento gravitante para el caso de, la ciudad del Cusco.

El Cusco, ubicado a 3.300 m.s.n.m., es una ciudad de montaña, con un importante porcentaje de personas que usan a la caminata como modo de transporte. Asimismo, la movilidad pedestre en el Cusco, presenta la particularidad de desplazarse sobre montañas con elevadas pendientes, y sobre escalinatas, que son dispositivos de transporte pedestre muy frecuentes en este tipo de sectores de la ciudad. Esta tesis se propone identificar y analizar las características del ambiente construido que alientan o disuaden la movilidad peatonal

1. Presentación general

Me recibí como Ingeniero civil en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, ciudad donde nací y pase la mayor parte mi vida. Mis primeros trabajos como profesional fueron en obras de edificación, posteriormente, trabajé en diversas oficinas en gobiernos locales y regionales. Fue en esos espacios de la burocracia estatal donde fui testigo de la ausencia de la planificación como criterio para la toma de decisiones sobre los proyectos de infraestructura a ejecutarse, la falta de articulación entre proyectos, la ausencia de visión regional y el desconocimiento de los impactos colaterales. Fue esa experiencia, la que me impulsó a elegir la maestría en planificación urbana regional. Además, como ingeniero civil también ejecute obras públicas, construyendo escalinatas en barrios periféricos de la ciudad del Cusco, esta experiencia me ilustro de manera pedagógica acerca de la movilidad pedestre en sectores montañosos de la ciudad, y además develo a la escalinata como un elemento fundamental en estos barrios. Asimismo, me llamo a la reflexión la falta de interés en la escalinata por parte de las instituciones públicas, situación que se refleja en la ausencia de normativa técnica que regule su diseño y ejecución. En efecto, muchas escalinatas presentan graves fallas u omisiones, convirtiéndolas en un peligro para el caminante. Además, en el ejercicio profesional en diversos municipios pude observar como las vías para el automotor eran siempre las obras publicas que se priorizaban por sobre cualquier otro tipo de infraestructura, ejecutándose la pavimentación de calles con la total ausencia de veredas e infraestructura para el desplazamiento peatonal. Fue esta experiencia, la que me alentó a proponer a la movilidad pedestre en ciudades de montaña como tema de tesis, poniendo especial interés en las características del ambiente construido.

1.1. Planteamiento del problema

Hoy, el paisaje rural, evocador y bucólico forma parte de la nostalgia en muchos países y es que el mundo ya es urbano. En el año 2014, el 54% de la población mundial residía en áreas urbanas según la ONU y se prevé que para 2050, la cifra alcance el 66% (Centro de Noticias ONU, 2014). América latina es la región que lidera el crecimiento urbano y en el Perú la población urbana alcanza un 79% (Banco Mundial, 2016), por lo que el fenómeno de la expansión urbana y el desarrollo inmobiliario es notorio en el país.

Por otra parte, en el Perú, la infraestructura física de las ciudades y las regiones, especialmente la vial, ha sido tradicionalmente instrumentalizada por los gobiernos para alentar el crecimiento macroeconómico a través del empleo y desarrollo de la industria de la construcción. Todo ello sumado al apogeo de otras actividades económicas, principalmente las extractivas, han estimulado la compra, mejoramiento de las viviendas y la expansión urbana en las últimas décadas.

El ciclo económico mencionado, tuvo un fuerte impacto en la región del Cusco y en su capital, la ciudad del Cusco pues durante el periodo 2001-2012, la región tuvo un crecimiento económico superior a la media mundial, acumulando 142,8% de expansión (Chavez, 2014), ello también tuvo un impacto directo en los índices de motorización de la ciudad que aumentaron de forma alarmante, desplazando a otros modos de transporte, como la caminata. En palabras de David Harvey, se puede afirmar entonces que "el apogeo económico y las crisis en las ciudades están conectadas, no puede sorprendernos por tanto, que la curva lógica del crecimiento con el tiempo del producto capitalista sea prácticamente idéntica al de la urbanización de la población mundial" (Harvey, 2013). La consecuencia, fue la expansión de la ciudad del Cusco, de manera geométrica y desordenada, especialmente en sus periferias, donde la topografía es predominantemente montañosa. Por otro lado, los gobiernos priorizaron un tipo de infraestructura vial que privilegia e incentiva la compra de automóviles, discriminando otras formas de movilidad, especialmente la pedestre.

La ciudad del Cusco cuenta con aproximadamente medio millón de habitantes en su aglomerado Urbano. Sin embargo, a falta de mayores estudios es difícil determinar la población en el área metropolitana fuera de la continuidad física y que sin embargo forman parte de la ciudad según el criterio funcional (Kralich, 2012). La ciudad se encuentra localizada en promedio a 3.300 m.s.n.m. y en un valle estrecho, cuyo mayor ancho entre falda y falda de cerro es de 2,5 kilómetros aproximadamente, por lo que una parte importante de la población habita sobre terreno montañoso.

Una encuesta de origen – destino, realizada en la ciudad del Cusco indicó que el 54,97% de los viajes se realizan por transporte público y el 30,25% por caminata (Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012). Es decir, existe un elevado porcentaje de viajes a pie, que tiene como particularidad a la escalinata, también conocida como escalera urbana, cuya construcción es masiva debido a su bajo costo e intensivo uso. Si bien es cierto que la escalinata ha existido desde tiempos preincaicos, es en la época de los incas donde alcanza un mayor auge. Los restos de los caminos y escalinatas incas están todavía en uso, algunas de ellas forman parte del paisaje de la ciudad, así como de la región. Además, actualmente constituyen el principal espacio de desplazamiento en muchos barrios.

Por otro lado, una parte importante de los habitantes de la ciudad se asentaron sobre terreno montañoso. Este escenario se repite en muchas ciudades de países en vías de desarrollo, pues a diferencia de las ciudades del mundo desarrollado, donde los terrenos periféricos son los más apetecibles (Harvey, 2013), especialmente si ocupan terrenos elevados, en las ciudades latinoamericanas, las tierras altas suelen ser marginales y por eso son las preferidas de los pobres.

Entonces, la movilidad pedestre en la ciudad es de gran importancia, no solo por el carácter histórico sino también por el alto porcentaje de viajes que representa, por los beneficios para la salud y por su contribución a la descongestión vehicular. Sin embargo, los estudios que

abordan a la movilidad pedestre en ciudades montañosas son escasos. Aún más esquivos, resultaron los estudios sobre la influencia de la escalinata.

Asimismo, los estudios que buscan relacionar la movilidad pedestre y el ambiente construido urbano son aún insuficientes y muchas veces polémicos, pues los investigadores no logran consensuar si su influencia es relevante o no, contrariamente a las características socioeconómicas, sobre las cuales no hay duda de su impacto. Además, existe una falta de priorización de la movilidad pedestre, que ha sido sistemáticamente obviado en los planes de transporte del Perú, a pesar de su relevancia.

Otro punto, finalmente, es la falta de estimaciones o modelos que permitan identificar las variables determinantes sobre los viajes a pie en ciudades de montaña, permitiendo de ese modo desarrollar infraestructura adecuada. Si se introduce bases teóricas y técnicas para poder estimar que elementos del entorno del peatón ayudan a que una persona opte por el modo de transporte pedestre, se podría justificar y priorizar proyectos que muchas veces son relegados y olvidados ante el reinado del automóvil como forma de transporte hegemónico.

1.2. Hipótesis general

La forma en que se construye el espacio urbano, modelando en la topografía, generando una diversidad de usos suelo, provocando una mayor densidad poblacional, promoviendo un diseño de la red vial amigable al peatón, entre otros aspectos, influyen en la generación de viajes a pie.

1.3. Objetivos

El objetivo general de esta tesis es

- Identificar y analizar las variables del ambiente construido que inciden en la generación de viajes a pie en la ciudad de montaña del Cusco, en el Perú.

Los objetivos específicos son:

- Describir la situación actual del transporte en la ciudad del Cusco, Perú.
- Identificar las variables que inciden en la generación de viajes a pie.
- Analizar a través de variables, la influencia del ambiente construido en la generación de viajes a pie.
- Analizar a la topografía montañosa como variable en la generación de viajes a pie.

- Identificar las principales limitantes al desarrollo de la movilidad pedestre en la ciudad del Cusco.

1.4. Estructura de esta tesis

Esta tesis está vertebrada a través de capítulos y subcapítulos. En primer lugar se expondrán los principales conceptos utilizados y las herramientas metodológicas necesarias para alcanzar los objetivos del presente trabajo. Luego, se procederá a presentar el caso de estudio, para lo cual inicialmente se explicará la situación de la movilidad pedestre a diferentes escalas: mundial, regional y nacional (Perú). Posteriormente, se describirá a la ciudad del Cusco, precisando su ubicación, crecimiento urbano, densidad poblacional y transporte, entre otros.

El capítulo siguiente presentará la discusión sobre el ambiente construido y la forma como será abordada en esta tesis. Seguidamente, se formularán los modelos de generación de viajes a pie, desplegando los datos que fueron producidos y recolectados en el proceso de investigación. Finalmente, se realizará el análisis de los resultados de los modelos y de la información producida.

2. Enfoque teórico metodológico

2.1. Marco teórico

Esta tesis se propone estudiar la generación de viajes a pie y su relación con el ambiente construido en la ciudad de montaña del Cusco. Para ello, se desarrollarán los conceptos de movilidad pedestre, ambiente construido -como generador de viajes a pie- y escalinatas -componente fundamental del ambiente construido en ciudades de montaña. Previamente al tratamiento de los conceptos ordenadores de esta tesis, se consideró importante abordar los de movilidad y de transporte, conceptos generales en este estudio.

Los conceptos de transporte y movilidad se encuentran íntimamente ligados, sin ser sinónimos. El transporte contempla a la oferta y la demanda expresada en la magnitud de infraestructura, modos de transporte e itinerario. La movilidad supera al transporte incorporando variables que ayudan a entender al desplazamiento de los individuos en su realidad socioeconómica y espacial, es decir engloba una serie de variables como edad, género, ingreso económico, etc. (Montezuma, 2003).

Adicionalmente, como señala Gutiérrez (2012), sin transporte no hay movilidad (a excepción de la caminata), ni movilidad sin transporte. Además, la misma autora añade que la distinción entre movilidad y transporte apunta a entender la movilidad urbana como una *performance* en el territorio, y al transporte como el medio o vector que realiza el desplazamiento. En consecuencia, la movilidad involucra un buen desenvolvimiento en el territorio y el transporte se enfoca en el medio de desplazamiento que realiza la movilidad. En esta tesis, se considera que la infraestructura peatonal (veredas, señalizaciones, escalinatas, entre otros) incrementa la movilidad peatonal, es decir mejora su *performance* en el territorio.

Para el desarrollo de la presente tesis, el concepto de transporte referirá a los modos utilizados para satisfacer necesidades de desplazamiento en un territorio determinado, mediante vehículos motorizados, bicicleta o caminata. También, abarcará la definición tradicional de transporte que comprende el estudio de la oferta, la demanda, los viajes realizados, las redes y los servicios. El concepto de movilidad se focalizará en el conjunto de las prácticas que lleva a cabo una persona o grupo social para desplazarse en un área y tiempo determinados (Kralich, 2017). Por consiguiente, esta tesis empleará el concepto de movilidad como la facilidad para desplazarse con la que cuenta una persona (Gutiérrez, 2012).

Cabe aclarar, finalmente, que esta tesis no abarcará a la movilidad en su totalidad, sino que se detendrá específicamente en la movilidad pedestre, que incluirá al transporte pedestre y la generación de viajes a pie, articulando los contextos social, espacial y temporal. Más precisamente, estudiará la movilidad pedestre en su relación con el entorno del peatón, es decir con el ambiente construido. Un elemento fundamental y recurrente del ambiente construido de la ciudad del Cusco es la escalinata, concepto clave, que junto a otros se detallarán a continuación.

2.1.1. La movilidad pedestre

Siguiendo a Gutiérrez (2012), la movilidad es la facilidad para moverse, así como la capacidad para una rápida y confortable locomoción o viaje, mientras que la *movilidad pedestre* será definida para esta tesis, como la facilidad o libertad de movimiento a pie (Alemian, Greenwood, Oliveri, & Shaddock, 2010). Esta facilidad es producto de diversas variables como la calidad en la infraestructura, edad, seguridad ciudadana, entre otros.

Los peatones eligen el modo de transporte de la caminata para satisfacer sus necesidades básicas, precisando un ambiente, un entorno que pueda responder a sus requerimientos y expectativas (Amoroso, Castelluccio, & Maritano, 2016). En consecuencia, se debe hacer una evaluación del entorno existente para el peatón, tomando en cuenta sus requerimientos así como la oferta del ambiente construido. Por otra

parte, para el modo de transporte de la caminata, la infraestructura abarca: cruces peatonales, intersecciones, veredas, señalizaciones, escalinatas, etc. que proveen el soporte físico para este modo de transporte (Vasconcellos, 2015).

Asimismo, para esta tesis, *movilidad* fue definida como la facilidad con la que se realizan los desplazamientos por parte de una población de forma recurrente, para acceder a bienes y servicios en un territorio, mientras que la *movilidad pedestre* será la facilidad de desplazamiento a pie, teniendo en cuenta el número y características de los viajes que se realizan por este modo de transporte en un entorno urbano, considerando tanto las características de la persona, como de los desplazamientos y especialmente del entorno donde se llevan a cabo (Guevara, 2017).

Entonces, la movilidad pedestre no solo involucrará a la desventura con la que se realiza el desplazamiento a pie, sino también los elementos sociales, económicos y físicos que la hacen posible, en el caso particular de esta tesis, en los elementos del entorno del peatón, el cual denominamos ambiente construido, y que se ampliará a continuación.

2.1.2. El ambiente construido como generador de viajes a pie

2.1.2.1. La generación de viajes

Los primeros estudios acerca de la generación de viajes en ámbitos urbanos, diferenciaban las variables que las originaban en dos grandes grupos: las que inciden en la generación de viajes y las que inciden en la atracción de viajes (Ortuzar, 2004), sin discriminar en cuanto al modo de transporte, ya sea este motorizado o no. Esta tesis se detendrá en la generación de viajes. Para el autor recién mencionado, los factores responsables de la generación de viajes son: el ingreso del hogar, la tenencia de automóvil, la estructura del hogar, el tamaño de la familia, el valor de la tierra, la densidad residencial y por último la accesibilidad.

Más adelante, en otro estudio sobre transporte no motorizado y generación de viajes, donde se trató las condicionantes para el desplazamiento a pie (Pereira, Vale, & Saraiva, 2016), se propuso una serie de variables que incluyeron: la longitud de desplazamiento, características del recorrido, el clima, confort, seguridad de la vía, grado de motorización, edad, estado físico, limitaciones de carga. Adicionalmente, otras investigaciones sobre movilidad a pie propusieron la agrupación de las variables en dos grupos. Un grupo abarca las características del barrio, como la trama, los usos del suelo, la densidad y otro grupo considera a las características de los hogares (Rajamani, Bhat, Handy, Knaap, & Song, 2002; Targa & Clifton, 2005). De la revisión bibliográfica, se observa que existe la tendencia a agrupar las variables incidentes en la generación de viajes.

Posteriormente, se desarrollaron diversos estudios sobre la generación de viajes a pie, como el realizado sobre el transporte no motorizado en ciudades argentinas (Riera, 2012), donde se propuso la agrupación de variables incidentes en tres grupos: características individuales, características del ambiente construido y las características cualitativas de los diferentes modos de viajes. Para Cervero & Kockelman (1997), quienes también estudiaron el transporte no motorizado y específicamente la movilidad pedestre, señalan que las variables que influyen en la generación de viajes a pie se pueden distribuir en tres grupos: (1) variables del ambiente construido, (2) variables económicas, y (3) otras variables, donde se incluye a la pendiente del terreno y los accidentes de tránsito.

Entonces, de la bibliografía consultada sobre las variables que inciden en la generación de viajes pie se desprende que existen dos grandes grupos: las variables socioeconómicas y las variables de ambiente construido. La presente tesis se centrará específicamente en el estudio de las variables del ambiente construido, pues existe consenso en cuanto a la influencia de las variables socioeconómicas en la generación de viajes a pie, a diferencia de las variables del ambiente construido, sobre las cuales pesa aun la polémica, pues los resultados han sido muchas veces contradictorios y, como lo menciona Riera (2012), es todavía tema de controversia, discusión e investigación. La polémica se enfoca en el hecho de que mientras una variable se muestra como determinante en una ciudad, no es significativa en otra. Por ejemplo, en un estudio realizado en ciudades norteamericanas, la *variable diversidad de uso de suelos* resulta significativa (Cervero & Kockelman, 1997). Sin embargo, para el caso de Bogotá resulta poco o nada significativa (Cervero, 2009). Además, otra razón por la cual las variables de ambiente construido son menos estudiadas, es a la falta de datos, pues la gran mayoría de estudios sobre el transporte, incluyendo a las encuestas origen destino, no toman en cuenta ese tipo de información (Riera, 2012; Pereira, Vale, & Saraiva, 2016).

Sobre el grupo de variables socioeconómicas, las cuales no serán objeto de estudio en la presente tesis, podemos decir que existen diversos estudios que las tratan. En un estudio realizado en Argentina por Riera y Galarraga (2011) acerca de los modelos de generación de viajes a pie a nivel de hogar, se trabajó con variables socioeconómicas a partir de una muestra censal. En ese sentido, se desplegó un modelo de generación de viajes a pie en función de las variables socioeconómicas como *cantidad de estudiantes, cantidad de trabajadores y cantidad de vehículos en el hogar*, esta última fue la variable *proxy* del nivel de ingresos. Adicionalmente, en otro estudio realizado en Brasil (Red Iberoamericana de Estudio en Polos Generadores de Viajes, 2010), acerca de las variables que intervienen al momento de escoger el modo de transporte pedestre, se expone que son determinantes las siguientes: *el género, la edad, los ingresos económicos, el grado de instrucción, la posición del automóvil y el número de personas en la familia*, todas estas de tipo socioeconómico. Entonces, las variables relacionadas con las características de los hogares y los individuos, es decir variables socioeconómicas, conforman los modelos básicos, estando fuera de discusión su influencia en la generación de viajes a pie. Esta tesis pretende ir un paso más allá y estudiar las variables de ambiente construido como generadoras de viajes a pie, como se ampliará en la siguiente sección.

2.1.2.2. El ambiente construido

El caminar es la forma más tradicional y democrática de desplazamiento, y su uso como modo de transporte ha dado forma a las ciudades, (desde la antigüedad hasta nuestros días) alterando las características del ambiente construido en el cual los individuos viven y se mueven (Handy, Boarnet, Ewing & Killingsworth, 2002). Del mismo modo, el ambiente construido tiene una clara influencia sobre el comportamiento de los viajeros, en particular sobre los que caminan, por ejemplo, una ciudad dispersa con viajes que involucren grandes distancias será hostil al caminante que se verá obligado a optar por viajes motorizados. Además, siguiendo a estos autores, el caminar es una actividad intrínsecamente social y el peatón desarrolla una relación particular con el ambiente construido. Antes de la llegada del automotor, que alcanza velocidades promedio de 60 km/h en entornos urbanos, la caminata con sus 5km/h era el modo de transporte por excelencia, y las ciudades estaban construidas y moldeadas a su escala, a la escala pedestre (Vallejo, 2016). Por esa razón no sorprende que muchas ciudades de la antigüedad tengan dimensiones en sintonía al peatón.

En una investigación sobre movilidad pedestre dirigida por Cervero (2009) en la ciudad de Bogotá, se adopta el enfoque de estudio de variables agrupados en dos categorías: las individuales y las de vecindario. El primer grupo, engloba características como la edad, género, ingreso y posesión de automóvil, es decir variables socioeconómicas. El segundo grupo considera variables de vecindario o ambiente construido, y es producto de la ampliación de un estudio realizado por Cervero & Kockelman (1997), donde inicialmente se estableció las 3ds, por diseño, densidad y diversidad, esta fue expandida a las 5ds: diseño, densidad, diversidad, accesibilidad y distancia. El enfoque expandido de las 5ds realizado por Cervero (2009), desarrolla un análisis donde combina la teoría estudiada en la academia sobre la movilidad pedestre y además añade un análisis exploratorio a fin de proyectar un modelo de mejor desempeño en predicción de viajes a pie por motivos utilitarios, es decir estudio o trabajo.

En la ciudad argentina de Córdoba se realizó una investigación sobre las variables del ambiente construido que influyen en la generación de viajes a pie (Riera, 2012). Para este estudio, la investigadora propuso tres grupos de variables: densidad, diversidad y diseño. El primer grupo incluyó a la densidad poblacional y al número manzanas por hectárea, el segundo grupo a la diversidad de usos del suelo y el tercer grupo al área vacante. Los resultados del estudio señalaron que las variables de diversidad y el diseño son significativas e influyen positivamente en la generación de viajes a pie, a diferencia de la densidad.

Para la Red Iberoamericana de Estudio en Polos Generadores de Viajes (2010), las variables que determinan la elección de modo de transporte a pie se explican a través de una serie de variables agrupadas en los siguientes grupos: características del ambiente circundante, individuales, y las cualidades de los modos de transporte. Sobre las variables de ambiente circundante, el estudio las detalla de la siguiente manera: la densidad, diversidad de uso del suelo, diseño vial y condiciones ambientales.

Entonces, desde la perspectiva de los autores consultados, existe una diversidad de variables de ambiente construido, así como formas de agruparlas. En la figura N° 1, se puede observar una forma de agrupación que recoge los variables revisadas y que fue confeccionada según el esquema de Cervero (2009). Por otra parte, solo las variables pertinentes fueron seleccionadas para esta tesis, además se propuso otras, no expuestas en los estudios mencionadas líneas arriba.

Variables del entorno construido			
Dimensión	Algunas de las variables propuestas para la tesis		
Densidad	Hogares por hectárea	% de área ocupada por edificaciones	Altura promedio de las edificaciones
Diversidad	Índice de entropía y uso de suelos	Proporción de edificios verticalmente diversos	Proporción de pisos en edificaciones con más de 2 usos
Diseño			
Amenidades	% de áreas verdes y parques del total	Densidad de árboles	% de calles con berma central
Diseño vial	Dimensión de las cuadras	% de cuadras cuadriláteras	Densidad de calles
Seguridad	Número de puentes peatonales	Número de accidentes al año	Promedio de velocidad vehicular
Destinos accesibles	Número de escuelas públicas, hospitales, librerías publicas	Presencia de centros comerciales a <500 metros	Distancia a las centralidades de la ciudad
Distancia al tránsito	Número de líneas de transporte público	Distancia a vías de mayor jerarquía	

Figura N° 1. Variables de ambiente construido. Fuente: Elaboración propia a partir del esquema de Cervero (2009).

La selección final de las variables que fueron usadas en la presente tesis se hizo en base a la pertinencia, disponibilidad de información, limitaciones de presupuesto y tiempo. A pesar de que los estudios mencionados líneas arriba proveyeron la mayor parte de variables de ambiente construido, el autor de esta tesis no pudo encontrar investigaciones que consideren a la escalinata, por dicha razón, la presente tesis propuso una que la incluya. Además, debido a la escasa y ausente bibliografía sobre la escalinata como elemento de infraestructura urbana y a la frecuente presencia de esta en la ciudad del Cusco, la escalinata será estudiada y descrita por separado en la siguiente sección.

También, es importante precisar que hay contradicciones entre los autores, pues ciertas variables propuestas como influyentes por algunos son descalificadas por otros. Por ejemplo, la densidad poblacional fue tradicionalmente concebida como generadora de viajes a pie, sin embargo, Greenwald & Boarnet (2001) y Cervero & Kockelman (1997), señalan que esta tiene un impacto menor y sutil al momento de elegir el modo de viaje a pie por sobre el automóvil. Esta tesis también produjo resultados que se oponen a algunos de los estudios mencionados, que serán expuestos en las conclusiones.

2.1.3. Las escalinatas como componente fundamental del ambiente construido en ciudades de montaña

La escalinata es también conocida como escalera urbana, o simplemente escalera. Según la Real Academia Española (2014), la escalinata es una escalera amplia y generalmente artística, en el exterior o en el vestíbulo de un edificio y la escalera es el conjunto de peldaños o escalones que enlazan dos planos a distinto nivel en una construcción o terreno y que sirven para subir o bajar. En adelante, para esta tesis se utilizará solamente la denominación de escalinata.

La escalinata como infraestructura para el transporte a pie, puede ser concebida desde distintas perspectivas:

- Como dispositivo arquitectónico, que contribuye a la organización tridimensional, señalando además tres atributos esenciales (Cho, 2012): (1) La verticalidad conecta dos niveles, creando una secuencia de experiencia del nivel inferior al superior. (2) Es usada no solo para propósitos de movilidad, sino también como espacio ocupado. (3) Posee una fuerte presencia arquitectónica, ya que se presenta como un elemento híbrido, es en parte muro y en parte de piso, lo que fortalece el grado su singularidad como artefacto urbano.
- Como un artefacto arquitectónico, ayuda a la gente a moverse por sí mismos hacia arriba o hacia abajo, mediante el consumo de su propia energía, es decir, permite desplazarse desde un nivel hacia otro sin ayuda de equipos adicionales.
- Es imaginada como dispositivo urbano que además de proveer de un sistema de movilidad, también se presenta como una herramienta de intervención, pues contribuye a la transformación del contexto urbano, generando un sistema de transporte pedestre inaccesible al automotor y proveyendo de un espacio de encuentro e interacción entre los vecinos.

La escalinata está compuesta por peldaños, los cuales tienen dimensiones que obedecen a criterios técnicos y ergonómicos. Según la investigación de Cho (2012), en el siglo primero antes de Cristo, el arquitecto Vitrubio anunció que para hacer las escaleras de los templos más confortables se debía buscar la mejor combinación entre el paso y el contrapaso, sugiriendo que la altura de los contrapasos no deberían ser mayor a 25,5 cm ni menor a 23 cm. La misma autora, añade que a lo largo de los siglos ha habido muchas propuestas, desde el canon de ergonométrica aurea hasta la propuesta del famoso arquitecto Le Corbusier y su modular.

Actualmente no existe un consenso sobre el diseño de las escalinatas entre los constructores y diseñadores, pero si existe una clasificación basada en su pendiente, que es la convencionalmente usada (Ohnari, 2011). Esta clasificación, que incluye a escalinatas interiores y a cielo abierto, diferencia entre escaleras de acuerdo a su uso residencial, comercial, etc. y escaleras mecánicas, todas en función del grado de inclinación que posean. Las escalinatas permiten un grado de inclinación entre 26° y 42°, mientras que las escaleras mecánicas pueden llegar hasta los 75°, como se presenta en la figura N° 2.

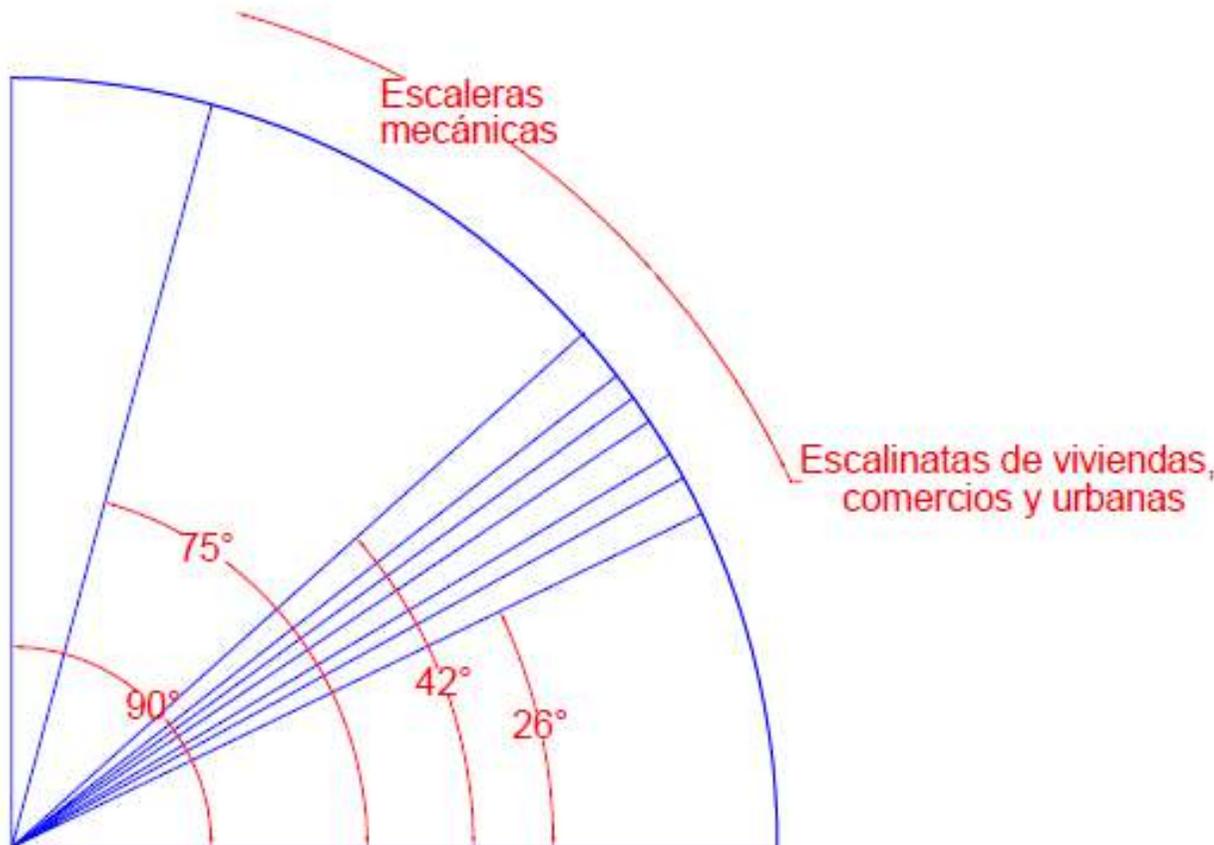


Figura N° 2. Grados de inclinación de las escalinatas.
Fuente: Elaboración propia a partir de diversos estudios.

En el Perú, la escalinata es un elemento recurrente en el contexto urbano. Como menciona Espinoza (2012): "la escalinata es la protagonista y más que una solución, se ha convertido en el principal elemento conector vertical que no sólo responde a una necesidad de movilidad sino que es el principal escenario "al paso" de interacción social entre niños, jóvenes, adultos y adultos mayores". Sin embargo, su empleo masivo en el Perú no tuvo la misma respuesta en la calidad de este tipo de infraestructura, pues muchas veces no posee los criterios técnicos mínimos, siendo frecuentes contrapasos muy altos y desiguales, además de la falta de descansos. En el Perú, Asimismo, no existe una norma técnica especializada en escalinatas urbanas, pero si una sucedánea, que aborda a las escaleras de evacuación de una edificación, la cual está incluida en la norma técnica E 0.10. Esta describe los criterios de diseño y es usual que sea usada de forma sucedánea en la construcción de escalinatas urbanas, debiendo cumplir con la siguiente regla: 2 contrapasos + 1 paso debe tener entre 0,60 m y 0,64 m, con un mínimo de 0,25 m para los pasos y un máximo de 0,18 m para los contrapasos. Además, precisa que las escaleras cuenten con un máximo de diecisiete pasos entre descansos, cuya dimensión deberá tener un mínimo de 0,90 m (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006). En el desarrollo del trabajo de campo de esta tesis, se pudo observar que muchas de las escalinatas no cumplían con los criterios señalados en la norma mencionada, y por el contrario exhibían una serie de errores que entorpecían el normal desplazamiento sobre esta infraestructura urbana.

Incorporar a la escalinata como una variable de la generación de viajes a pie representó un reto, pues a pesar de haber consultado reiteradamente la bibliografía especializada en movilidad pedestre no se pudo encontrar mayor desarrollo al respecto. Frente a ello, se propuso la variable de *conectividad escalinata*, considerando a la escalinata como elemento del ambiente construido del caminante. Su diseño y descripción se expone en el capítulo 4.

2.2. Herramientas metodológicas

El estudio sobre la generación de viajes a pie se realizó a través de modelos matemáticos, para lo cual fue necesaria la producción de datos a través de diversas herramientas que serán descritas en este capítulo. Primero se describirá acerca de los modelos de generación de viajes, luego las herramientas y los criterios para el registro y medición de la variable dependiente y las variables independientes, finalmente se ampliará sobre los criterios de observación y medición de los datos generados.

2.2.1. Modelos de generación viajes

Un modelo es básicamente una representación de la realidad, con el objetivo de obtener una abstracción que nos permita poseer una mejor claridad conceptual, reduciendo su variedad y complejidad a niveles que nos permitan especificarla de forma adecuada para el análisis (Pontificia universidad catolica de Chile, 2018). En ese sentido, existen varios tipos de modelos. La presente tesis hará uso de los modelos abstractos, dentro los cuales encontramos a los modelos matemáticos, que postulan relaciones formalizadas en una ecuación que contiene dos tipos de variables:

- *Las variables independientes o explicativas.*
- *Las variables dependientes o explicadas.*

El título de la presente tesis -El ambiente construido y la generación de viajes a pie en ciudades de montaña, el caso del Cusco, Perú- contiene los dos tipos de variables que se pretende relacionar a través de la abstracción del modelo:

- *Variables independientes:* ambiente construido
- *Variable dependiente:* viajes a pie

El modelo matemático que buscará relacionar ambas variables en esta tesis es el de regresión lineal. El objetivo es identificar: las variables del ambiente construido que inciden positivamente en la generación de viajes a pie. Adicionalmente, el modelo de regresión nos permite determinar: cuál es la relación entre las variables, si existe relación y si esta es significativa (Dubrosky, Raño, & Rapell, 2012). Además, en el modelo propuesto, la variable dependiente (viajes a pie) será denominada como: Y, mientras que las variables independientes (del ambiente construido) serán denominadas: X1, X2, X3 .etc. Esta información fue producida para 36 puntos en la ciudad, los criterios de ubicación y medición se especifica en el capítulo N° 5.

Entonces, se propuso a la variable dependiente, Y, como resultado del número de peatones que optan por el modo de transporte pedestre, este valor fue producto de la herramienta llamada conteos peatonales, la herramienta usada se detalla en el siguiente subcapítulo y la forma como fue usada, se precisa en el capítulo N° 5. Asimismo, se plantearon 11 variables independientes, Xs, (relevadas también en cada uno de los 36 puntos de observación, se amplía en el capítulo N° 5), enumeradas a continuación:

- Conectividad vial
- Diferencia de altura
- Conectividad escalinata
- Accesibilidad Empresas de Transporte Publico
- Frecuencia de Buses
- Distancia al centro 1
- Distancia al centro 2
- Distancia avenida cultura
- Accesibilidad educación
- Diversidad de usos del suelo
- Área ocupada

Para interpretar los resultados y establecer la validez del modelo, este debe ser evaluado a partir de los índices de correlación lineal, de la probabilidad de que los resultados sean aleatorios, del valor p de significancia, de la validez de las variables independientes y la evaluación visual de los residuos. Una vez finalizada dicha evaluación se podrá establecer la coherencia del modelo y si las variables propuestas son significantes o no, es decir distinguir cuales tienen realmente influencia en la generación de viajes a pie y cuáles no. Este proceso se expondrá en el anexo N° 2.

Existen herramientas que permitieron registrar, medir y determinar el valor de las variables dependientes e independientes propuestas en esta tesis. Estas se describen a continuación.

2.2.2. Herramientas y criterios para el registro y medición de la variable dependiente "Y"

En el libro "Cómo estudiar es espacio público" (Gehl & Svarre, 2013), se sugieren herramientas, lineamientos y recomendaciones para el estudio de los desplazamientos peatonales. Estos autores aconsejan tener en cuenta el contexto, las características físicas, culturales y climáticas. Para la presente tesis se tuvo en consideración la recomendación acerca de la elección de los días convenientes para tomar

registro/realizar observaciones: días hábiles, es decir de lunes a viernes, evitando los feriados, días de protesta y días lluviosos. Todo lo anterior se vuelve necesario a fin de eludir el sesgo que inevitablemente ocurriría en condiciones disuasivas para la movilidad peatonal. Las herramientas usadas fueron las que se detallan en la figura N° 3.

Herramientas	Descripción	Sugerencias
Conteos	Es la herramienta más usada en este tipo de estudios. Cuantos caminan solos, cuantos en grupo. Se puede contar por 10 minutos, o una hora.	La vida urbana ha demostrado tener un ritmo uniforme de un día hacia el otro. Ayer fue muy parecido a hoy.
Mapeos	Sobre un plano del sector se describe actividades, personas y lugares. También es llamado mapa del comportamiento	El método provee la fotografía del momento en un lugar determinando
Fotografías	Documenta situaciones	Herramienta esencial para la descripción de la vida urbana
Rastrear	Se observa y registra las direcciones y el desplazamiento. También se puede seguir discretamente a la persona observada de observación	Se observa los movimientos de las personas en un tiempo dado.

Figura N° 3. Herramientas para estudiar el espacio público. Elaboración propia en base a (Gehl & Svarre, 2013)

Los viajes a pie son registrados a través de diversas herramientas como los mapeos, rastreos, entre otros. Sin embargo, los conteos, fueron la herramienta e insumo básico para poder desarrollar el modelo de generación de viajes a pie en la presente tesis. En efecto, se realizaron observaciones haciendo uso de los conteos peatonales en 36 paraderos de la ciudad. La razón, la ubicación y el método de realizar este tipo de registro en paraderos de la ciudad se desarrollarán y ampliará en el capítulo 5.2. La recolección de esta información representó un desafío en términos logísticos, límites de presupuesto y tiempos. Además, los conteos de peatones son considerados más difíciles de medir que los

vehiculares, debido a lo versátil e impredecible que pueden resultar los recorridos del peatón, a diferencia del automóvil que está confinado a una vía o carril específico. Por esa razón, se usó el criterio empleado por Scott, Ellis, & Robertson (1988), quienes hicieron uso de mediciones de conteos en periodos cortos de tiempo durante la hora pico, entre 5 y 10 minutos.

2.2.3. Herramientas y criterios para el registro y medición de las variables independientes “X”

Como se señaló en el punto 2.2.1, las variables dependientes propuestas para esta tesis son 11. Estas representan el ambiente construido de la ciudad del Cusco y para su registro se hizo uso de diversas herramientas y criterios según cada variable. Por ello, se agrupó las variables en función de criterios similares y luego se detalló las herramientas usada en su medición y registro, ver figura N° 4.

Variable	Criterio	Herramienta	Descripción
Conectividad vial	Observación	Formula	= Longitud de la calle / número de nodos o intersecciones
Diferencia de altura	Observación	Formula	= Altura paradero de buses - Altura promedio de la ciudad
Conectividad escalinata	Observación	Formula	= Numero de escalinatas que concurren / número de vías que concurren
Accesibilidad empresas de transporte publico	Observación	Formula	= Número de empresas que pasan por el paradero de Buses
Frecuencia de Buses	Observación	Formula	= Tiempo en llegada entre un bus y el siguiente (En minutos)
Distancia al centro 1	Distancia	Arcgis	= Distancia euclidiana al centro principal
Distancia al centro 2	Distancia	Arcgis	= Distancia euclidiana al centro secundario
Distancia avenida cultura	Distancia	Arcgis	= Distancia euclidiana a la vía más usada de la ciudad
Accesibilidad educación	Accesibilidad	Arcgis	= Número de escuelas públicas y privadas dentro de un radio de influencia de 500 metros
Variedad de usos del suelo	Accesibilidad	Arcgis	= Número de equipamiento urbanos diferentes dentro de un radio de influencia de 500 metros
Área ocupada	Accesibilidad/ observación	Arcgis	=Área ocupada / área total del radio de influencia de los paraderos

Figura N° 4. Variables independientes. Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Criterios para la observación

Las variables agrupadas bajo el criterio de la observación fueron medidas y registradas *in situ*, y a través de las fotos satelitales. El realizar ambas miradas ayudó a generar información de manera más completa. Las fórmulas utilizadas fueron recogidas de diversos estudios, en especial de Cervero (2009) y Riera (2012), a excepción de la variable *conectividad escalinata*.

La escalinata es un dispositivo urbano de masiva presencia en el caso de estudio, por lo cual, su influencia no podía ser obviada. En consecuencia, se optó por diseñar una variable que pudiera capturar su indiscutible presencia, para lo cual, primero, fue necesario geo referenciar las escalinatas de la ciudad, que se encuentran ubicadas en su gran mayoría en la parte occidental, periférica y montañosa. Este tipo de datos no son generados por los gobiernos locales u organismos pertinentes, ver figura N° 5. Finalmente, se procedió a proponer la variable *conectividad escalinatas*, que en la presente tesis será el resultado de la división entre el número de escalinatas que desembocan o parten del punto de observación y el número total de vías que concurren en el mismo punto. Las figuras N° 6, 7 y 8, permiten observar la concurrencia de escalinatas en paraderos de buses.

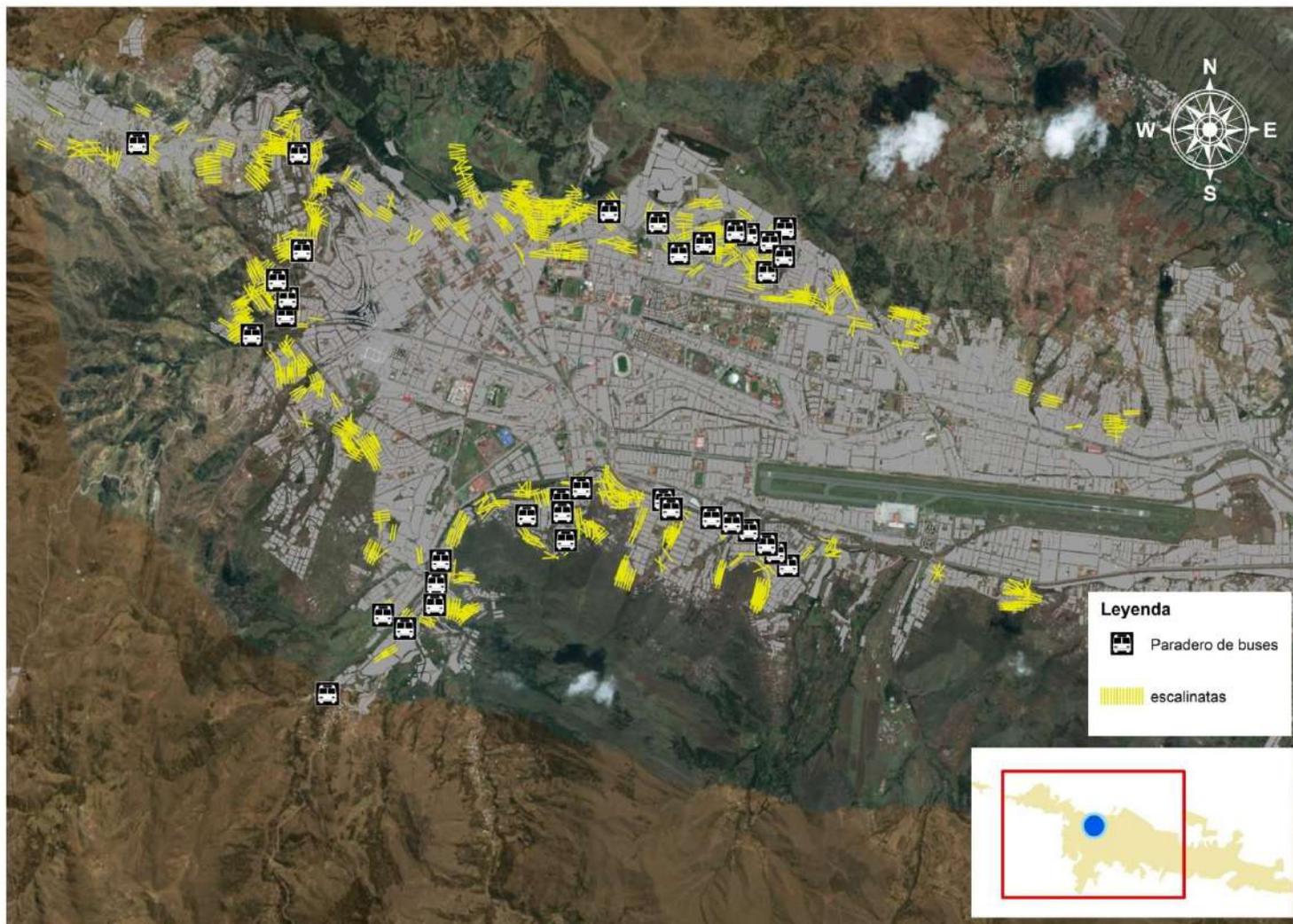
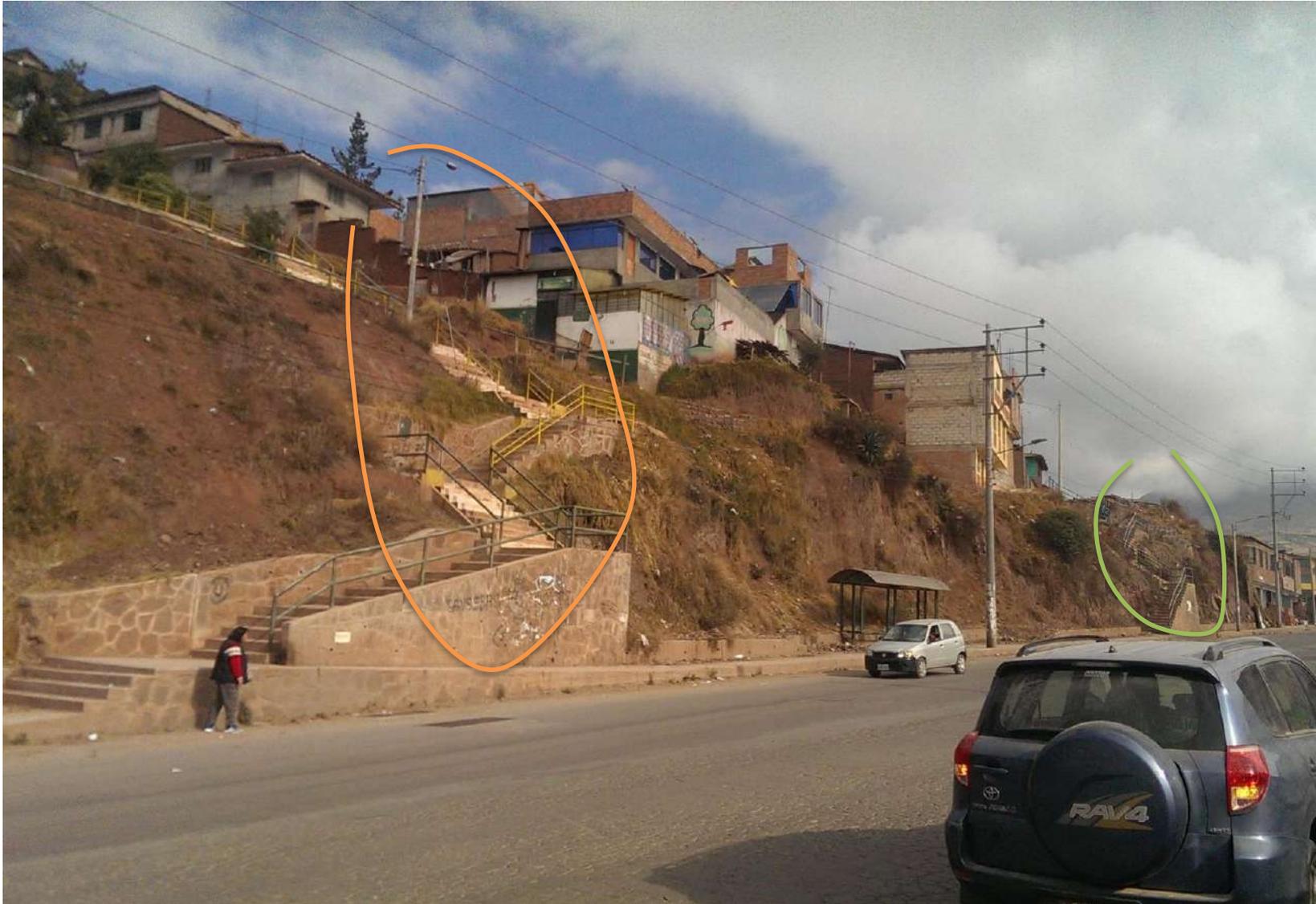


Figura N° 5. La Ciudad del Cusco y sus escalinatas. Sector occidental. Fuente: Elaboración propia.



*Figura N° 6.
Escalinata en la
ciudad del
Cusco, Barrio
Lucrepata,
descendiendo a
una vía donde
se ubica un
paradero de
buses. Fuente:
Elaboración
propia.*



*Figura N° 7.
Ciudad del
Cusco.
Escalinatas
que
descienden
hacia una vía
que cuenta
con un
paradero de
buses.
Fuente:
Elaboración
propia.*

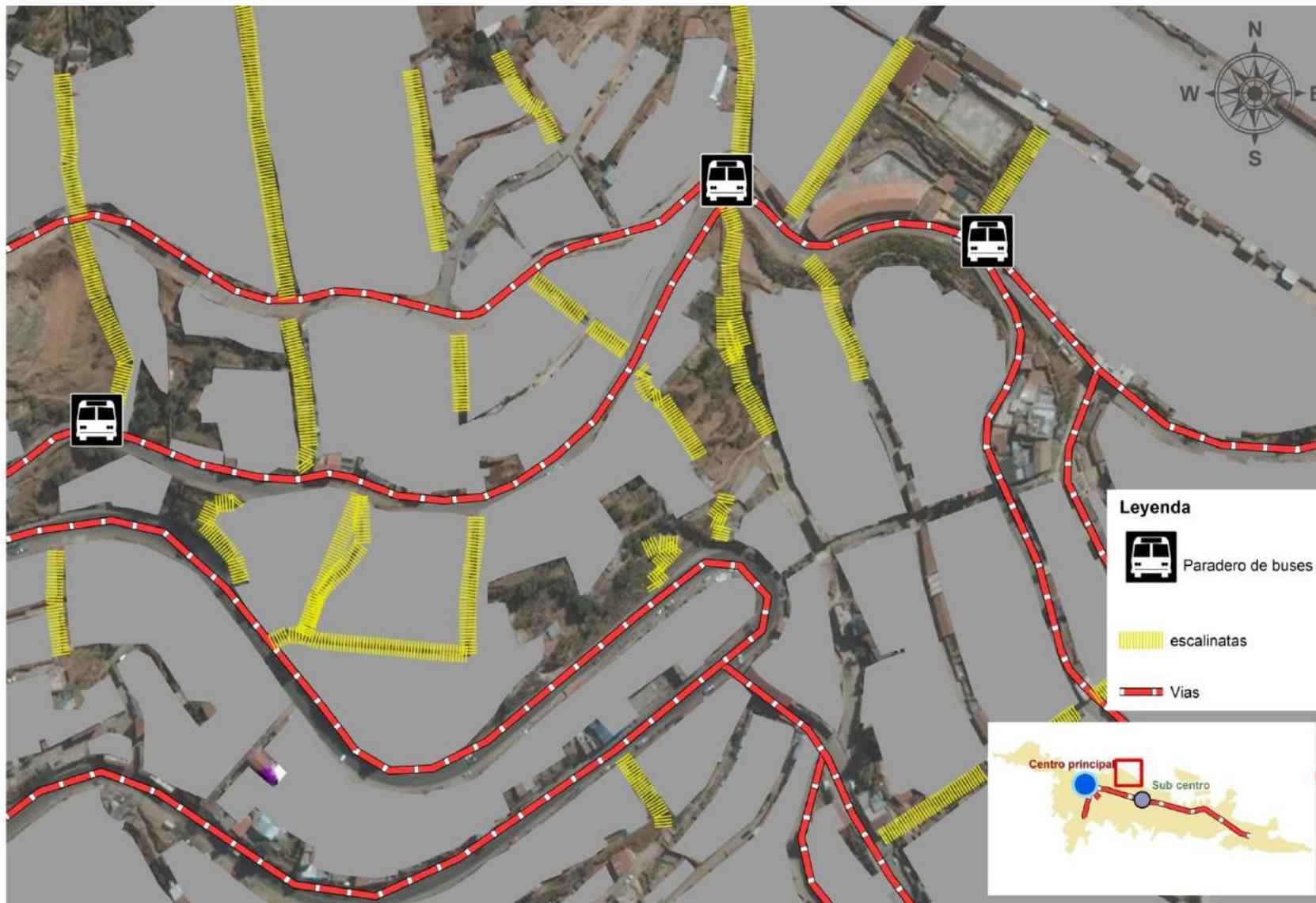


Figura N° 8.
 Ciudad del
 Cusco, sector
 noroccidental.
 Conectividad
 por escalinatas.
 Fuente:
 Elaboración
 propia.

2.2.5. Criterios para la medición de la distancia y la accesibilidad

Existen diversas formas de medir la accesibilidad y las distancias. Por un lado, *la accesibilidad* puede ser entendida como la facilidad de llegar a los destinos anhelados. Es una forma de medición directa y positiva de un sistema de transporte (Vasconcellos, 2010). En contraparte, la exclusión social en un entorno urbano es un proceso por el cual se crean limitaciones para que personas o grupos sociales no puedan participar normalmente en las actividades de la sociedad donde residen, es decir que la exclusión social no es debida a la falta de oportunidades sociales sino a la falta de acceso a dichas oportunidades (Rajé, 2007). De ahí, la importancia de *la accesibilidad* como medición e indicador. Muchos autores han intentado circunscribir el alcance y la esencia de *la accesibilidad* en términos urbanos y sociales. Para Bocarejo & Oviedo (2012), la accesibilidad es el conjunto de oportunidades generadas tanto por el modo de transporte disponible como por las características del uso de suelo, en el caso de esta tesis, la caminata. En ese sentido, en esta tesis, la accesibilidad se circunscribirá a las oportunidades (representadas por las variables: *accesibilidad educación y diversidad de uso de suelo*) en un radio de 500 metros del punto de observación. Los rangos de distancia más frecuentes empleados en la movilidad pedestre para alcanzar destinos deseados corresponden a una distancia de entre 400 a 500 metros (Social Exclusion Unit, 2003; Seminario G1 sobre Movilidad y Transporte Sostenible, 2010). Este rango es aceptado como distancia accesible al peatón y es el rango usado en la presente tesis para cuantificar el número y la diversidad de los destinos anhelados. La producción de esta información se hizo mediante los SIG.

Por otra parte, para Pereira, Vale, & Saravia (2016) existen cuatro formas de medir *la distancia*: distancia euclidiana, distancia Manhattan, la distancia más corta en una red y la distancia más corta medida en tiempo a una red. Esta tesis hizo uso de la distancia euclidiana por ser la de más fácil relevamiento en los SIG. Las variables guiadas por este criterio fueron: distancia al centro 1, distancia al centro 2 y distancia Avenida Cultura

Con respecto al área de influencia, que también es denominado área de captación o Floating Catchment Área, la literatura consultada la define como el grado de acceso geográfico de la población a los distintos servicios (Health Initiative of the Americas, 2009). El área de influencia puede ser usada como el espacio de atracción de la población hacia un servicio determinado. Este fue el criterio que se usó en el presente trabajo, específicamente para la variable *área ocupada*, la cual se determinó teniendo al paradero de buses observados como el eje del área de influencia, la forma detallada como se generó esta variable se describe en el capítulo 5.

2.3. Síntesis del enfoque teórico y metodológico

Los problemas de movilidad son un tema de constante preocupación en las ciudades. Frente a ello, la movilidad pedestre se presenta como una alternativa que contribuye a la solución, pues el caminar constituye el modo de transporte más democrático y saludable que existe, además de ser el más amigable al ambiente natural. A pesar de ello, el estudio de la movilidad pedestre se enfrenta a una serie de limitaciones, en particular, al acceso de información, así como a las metodologías para producirla. Adicionalmente, muchos de los estudios a los que se pudo tener acceso fueron realizados en ciudades planas, sin el desafío de una topografía montañosa, que exige el desarrollo de nuevas formas de observación y registro metodológico de la movilidad. Para el caso de la ciudad del Cusco por ejemplo, fue necesario proponer una variable que represente a la escalinata, pues es un dispositivo de desplazamiento pedestre de mucha popularidad en la ciudad estudiada.

Además, la presente tesis concibe a la movilidad pedestre como la facilidad con la cuenta el peatón para alcanzar los destinos anhelados caminando. Dicha facilidad responde a características individuales del peatón, como la edad, el género, el ingreso económico, pero también a características del ambiente construido, como lo son las distancias, la presencia de escalinatas, accesibilidad, entre otros. Esta tesis, se centra en el ambiente construido y lo hace a través de variables incorporadas a un modelo de regresión lineal. Por un lado, los viajes a pie fueron denominados como la variable dependiente y fueron registrados a través de la herramienta de los conteos. Por otro lado, las variables de ambiente construido constituyen las variables independientes, medidas, calculadas y registradas a través de la observación y el SIG. El objetivo del modelo fue determinar si existe relación entre los viajes a pie y el ambiente construido, así como diferenciar entre las 11 variables propuestas, cuales son significativas y cuáles no.

El caso de estudio corresponde a la ciudad del Cusco, ubicada en la cordillera de los Andes en el Perú y a una altitud de 3.300 m.s.n.m. A pesar de compartir similitudes con otras ciudades de montaña en la región y el mundo, la ciudad del Cusco posee características que la vuelven única, las cuales serán desarrolladas en el siguiente capítulo.

3. Presentación del caso de estudio

En este capítulo se describirá la situación de la movilidad pedestre, primero a nivel mundial, luego en ciudades de montaña en diversas regiones del planeta, después, la situación en algunas ciudades de Sudamérica, posteriormente del Perú y finalmente se detallara las características generales, así como el transporte y la movilidad de la ciudad del Cusco.

3.1. Situación de la movilidad pedestre en ciudades del mundo

Un estudio realizado por investigadores de la universidad de Stanford en los Estados Unidos hizo uso de más de 700.000 teléfonos inteligentes de varones y mujeres en 111 países, durante 95 días, convirtiéndose en el estudio sobre actividad pedestre de mayor alcance hasta ahora (Althoff, Sosič, Hicks, King, Delp, & Leskovec, 2017). El objetivo del estudio fue medir el nivel de actividad humana en función del número de pasos diarios que da una persona, a través de los acelerómetros incorporados a estos teléfonos que registran los movimientos (figura N° 9). Adicionalmente, estos investigadores analizaron la información recolectada en 69 ciudades de los Estados Unidos, descubriendo una relación entre el ambiente construido y la actividad física, esta última representada en número de pasos diarios y la obesidad. La variable ambiente construido fue elaborada a partir del puntaje basado en la facilidad para llegar a pie, a las tiendas, restaurantes, parques y cuan amigable es la ciudad al peatón. Se generó un "índice de caminabilidad" que fue correlacionado con el valor medido a través de los *teléfonos inteligentes*: la relación fue positiva. A partir de ese estudio se puede afirmar que, dentro de América Latina, el Perú es el segundo país en el que su población camina más, superado solo por Chile.

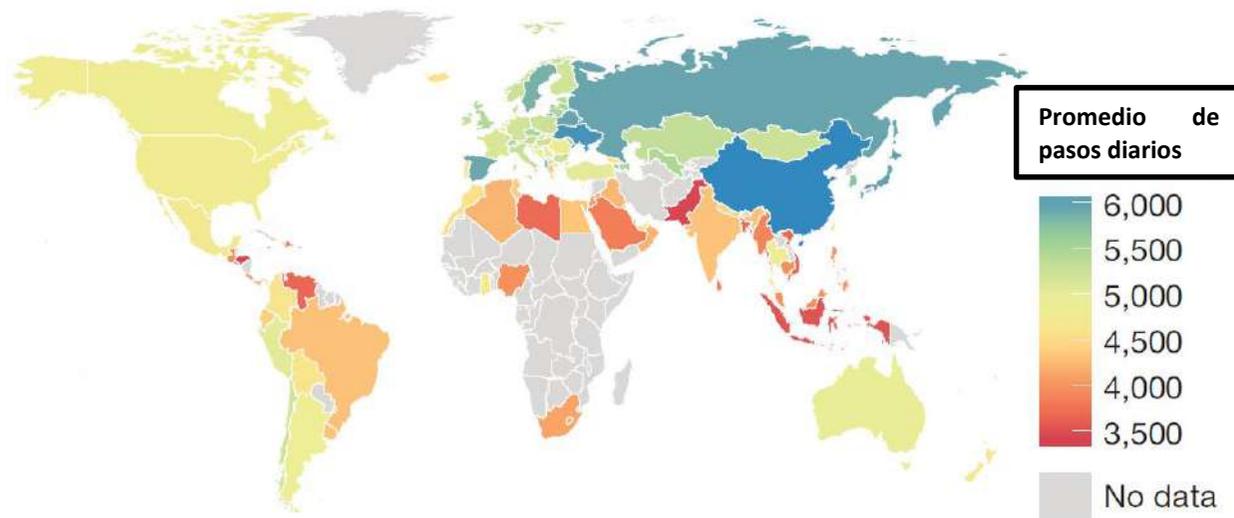


Figura N° 9. Promedio de pasos diarios que da una persona, por país. Fuente: Althoff, Sosič, Hicks, King, Delp, & Leskovec (2017).

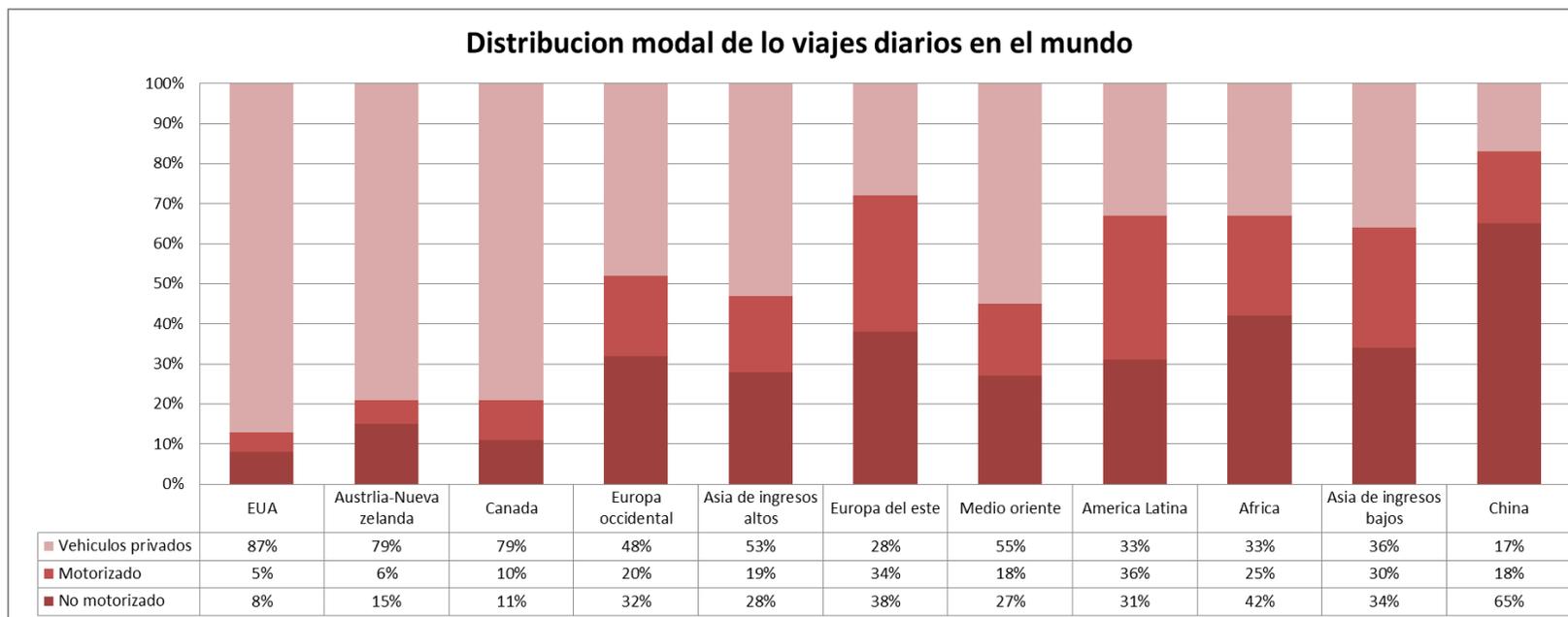


Figura N° 10. Partición modal del transporte, por regiones del mundo. Fuente: Metz, Davidson, Bosch, Dave, & Meyer (2007)

Asimismo, un informe sobre el planeamiento del transporte y el uso de suelo (Metz, Davidson, Bosch, Dave, & Meyer, 2007), indagó sobre los modos de transporte en diferentes regiones del mundo. Agrupándolos en modos de transporte público motorizado, vehículos privados y transporte no motorizado, este último comprende la movilidad pedestre y ciclable (Figura N° 10). El estudio concluye afirmando que el factor de motorización y el incremento del poder adquisitivo están relacionados. En efecto, en gran parte Asia, África y América latina, el modo de transporte predominante es el público y el no motorizado, a diferencia de países industrializados, salvo algunas excepciones. En la última década, América Latina fue la región del planeta de mayor crecimiento en cuanto a su índice de motorización, teniendo un incremento del 60% con respecto a años previos (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2015), lo que está ocasionando un impacto en la participación modal de esta región. La forma como las personas se desplazan varía de ciudad en ciudad, a continuación se describirá la situación del transporte en el plano internacional, regional y nacional (Perú).

3.2. Situación de la movilidad pedestre en ciudades de montaña en el mundo

La movilidad en ciudades de montaña será abordada en esta sección a través de la descripción y análisis del transporte en varias ciudades, primero a nivel mundial, luego a nivel de Sudamérica y finalmente se comentara la situación del Perú.

3.2.1. Situación mundial

A lo largo del mundo existen muchas ciudades emplazadas en terreno montañoso, no obstante, son heterogéneas y pueden variar en población, importancia o extensión. Incluso, pueden variar en la forma como su población se desplaza, es decir su partición modal (figura N° 11). La variabilidad en cuanto al modo de transporte es elevada, existiendo ciudades altamente pobladas como Chongqing, en China, de 8 millones de habitantes y con un porcentaje de 63% de viajes realizados a pie, y por otro lado Oregon, ubicada en la costa este de los Estados Unidos con apenas 10,4% de viajes a pie. La ciudad de San Francisco, también en la costa este estadounidense posee un 23% de viajes realizados a pie, más que duplicando el porcentaje de Oregon. Hong Kong, una de las áreas urbanas más densas del planeta presenta un 40% de viajes diarios realizados a pie, el mismo porcentaje que Katmandú, Nepal. En consecuencia, podemos concluir que son muchos los factores que determinan que una población de ciudad montañosa opte por un modo de transporte antes que otro. La presente tesis tiene como objetivo explorar dichos factores.

Se ha argumentado en diversos estudios que el aumento del PBI per cápita significa un aumento de la motorización, Hook & Replogle (1996), sin embargo, no es el único factor, pues ciudades como San Francisco y Oregon, con ubicaciones próximas, topografía y poder adquisitivo similar, no comparten la misma partición modal. Por lo cual, se puede añadir que las políticas amigables al peatón de la ciudad de San Francisco tienen una incidencia positiva en la movilidad pedestre.

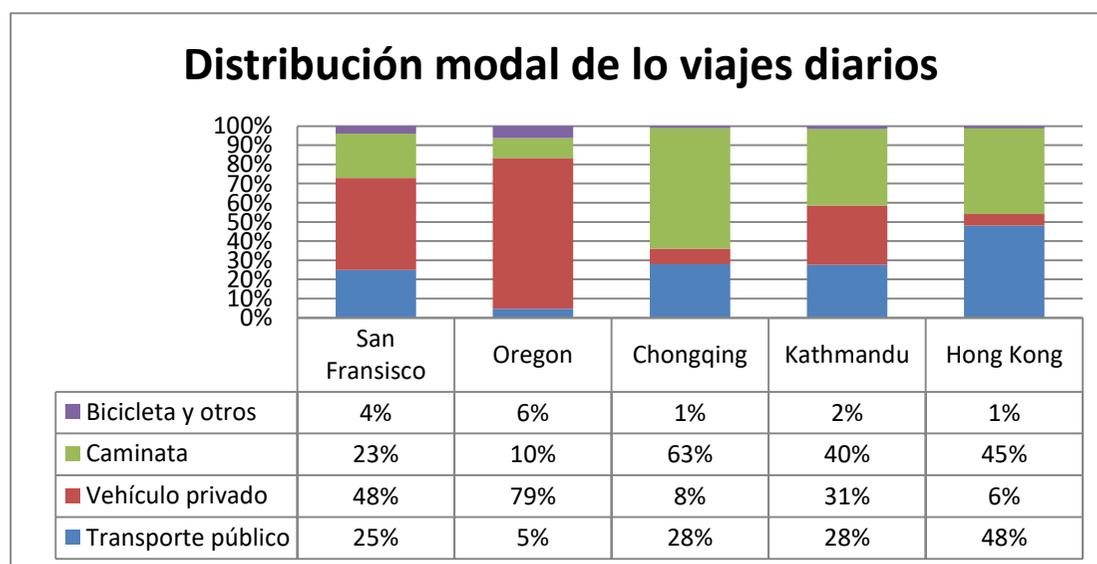


Figura N° 11. Distribución modal de los viajes diarios en diversas ciudades del mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes diversas. Origen y año de la encuesta en el Anexo N° 01.

3.2.2. Situación en Sudamérica

A pesar de que muchas ciudades en América latina se encuentran asentadas en las costas, producto del sistema colonial que rigió el continente por siglos, existe otro grupo importante de ciudades asentadas sobre zonas montañosas, en su mayoría, de origen prehispánico. Estas ciudades de montaña presentan muchas similitudes, pero también importantes diferencias en su movilidad urbana, que se ven reflejadas en la distribución modal de transporte. Mencionaremos los ejemplos de Medellín, Quito, La Paz, Cuenca y Valparaíso (Figura N° 12).

La ciudad de Medellín (Colombia) está asentada en el valle de Aburra en medio de la cordillera de los Andes, cuenta con 2,5 millones de habitantes y realiza el 36% de sus viajes a pie. Quito (Ecuador) posee una población similar a la de Medellín y sin embargo se movilizan solamente el 15% de las personas de forma pedestre. La ciudad de La Paz (Bolivia), a 3.600 m.s.n.m. y con una población que supera los 3 millones de personas, realiza el 10% de los viajes por modo pedestre. Finalmente, ciudades intermedias como Valparaíso (Chile), con 1 millón de habitantes y Cuenca (Ecuador) con casi 400 mil habitantes, realizan el 26% y 31% de los viajes a pies, respectivamente.

Entonces, existen diferencias en la distribución modal de transporte en las distintas ciudades de montaña en Sudamérica, a pesar de que posean poblaciones, emplazamientos o jerarquías similares. Las razones de la variabilidad son diversas, entre las que se encuentran: la tasa de motorización, la densidad urbana, la gestión del transporte urbano, los precios de los combustibles y las políticas amigables al peatón. En la figura N° 12, podemos observar que las ciudades de Quito y La Paz son las que exponen los menores porcentajes de caminantes, 15% y 10% respectivamente. Ambas ciudades tienen en común ser capitales de sus respectivos países, tener una población de entre 3 y 4 millones de habitantes, ubicarse en zona montañosa y además ser parte del grupo de países productores de combustibles fósiles, abasteciendo a su población con precios de gasolina sumamente bajos en comparación a los otros países expuestos en el gráfico. Por supuesto, el precio del combustible no es la única razón, ya que la ciudad de Cuenca, también en el Ecuador, presenta un porcentaje importante de viajes a pie, 31%. La razón podría radicar en el volumen de su población, 500 mil habitantes, y en su menor extensión territorial.

Distribución modal de viajes diarios en Sudamérica

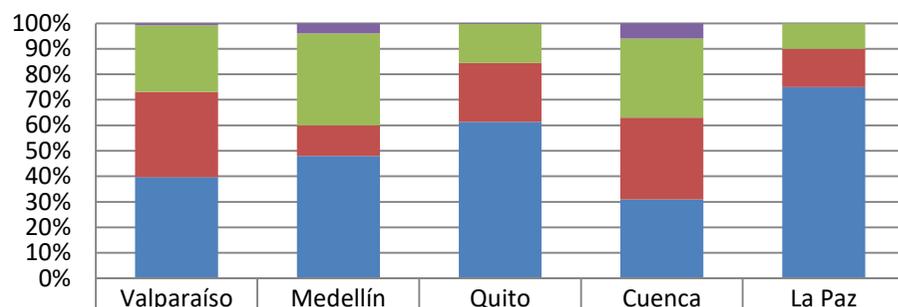


Figura N° 12. Distribución modal de los viajes diarios en diversas ciudades de Sudamérica. Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes diversas. Origen y año de la encuesta en el Anexo N° 01.

3.2.3. Situación en el Perú

El Perú cuenta con 31 millones de habitantes, de los cuales el 55,9% reside en la costa, el 29,6% en la sierra y el 14,5% en la selva (INEI, 2016). Las ciudades de la costa están ubicadas por lo general en zonas llanas y sin importantes elevaciones. No obstante, existe una importante excepción, la ciudad Lima, emplazada donde la costa es más estrecha y cercana a los Andes. Por ello la presencia de cerros es frecuente. Asimismo, la sierra, en la cordillera de los Andes, es la que presenta el mayor desafío topográfico, por la presencia masiva de montañas y valles. La selva peruana es totalmente llana.

La ciudad de Lima está ubicada en la zona donde la costa es más estrecha y por consiguiente cercana a los andes, por ello, la frecuente presencia de cerros, los cuales tradicionalmente estaban deshabitados, hasta que las migraciones y la expansión anárquica los poblaron, ver figura N° 13. Actualmente, cerca del 30% de la población de Lima Metropolitana vive en las laderas de los cerros, (Instituto de Desarrollo Urbano & Instituto Metropolitano de Planificación, 2012), y un 12,5% habita en cerros de más de 20% de pendiente, es decir zonas con alta

vulnerabilidad ante deslizamientos. Por esa razón, se incluye a Lima en el grupo de ciudades de montaña. Sobre la movilidad y transporte en Lima se debe señalar que es una ciudad que alcanzó los 10 millones de habitantes en el año 2016 (INEI, 2016). Además, según la encuesta de recolección de información básica del transporte urbano (Agencia de Cooperación Internacional del Japon, 2013), el 24,3% de los limeños se desplaza a pie y casi un 50% lo hace en el sistema de transporte público. La caminantes representan una cifra importante del total de viajes, a pesar de las distancias y la inseguridad ciudadana, los factores son diversos, uno de ellos es su reducida tasa de motorización a comparación de otras capitales de la región y un deficiente transporte público.



Figura N° 13. El icónico cerro San Cristóbal, Lima. Fuente: Redacción Peru.com (2015)

La sierra representa el 28% de la superficie total del país, y existen varias ciudades importantes asentadas en ella. Arequipa, la segunda ciudad más importante del país, cuenta con más de un millón de habitantes y se encuentra sobre los 2.335 m.s.n.m. Huancayo, ubicada en el centro del país, tiene más de medio millón de habitantes y una geografía montañosa. El Cusco, está a 3.300 metros sobre el nivel del mar y tiene 500 mil residentes, aproximadamente. Asimismo, Cajamarca con poco menos 250 mil residentes, es una ciudad asentada en los Andes. Todas estas ciudades y otras no mencionadas están emplazadas en valles rodeados por cadenas montañosas, todas son capitales de Región, donde el automotor ha dejado su impronta en la movilidad urbana. Además, son ciudades de origen prehispánico o colonial, donde la caminata era el principal modo de transporte. Actualmente están amenazadas por el aumento del parque automotor y por la ausencia de políticas públicas urbanas dirigidas a alentar otros modos de transporte.

3.3. La ciudad de Cusco y sus características generales

3.3.1. Ubicación y estructura político-administrativa de la ciudad

El Perú es un país unitario, y está organizado territorialmente a través de la siguiente jerarquía: regiones, provincias y distritos. En ese sentido, la ciudad del Cusco se encuentra en la región del Cusco y provincia del Cusco. Asimismo, se ubica en la cordillera de los Andes, asentado en un valle al sur del Perú y ubicada en la parte central de la región del Cusco. Tiene una altitud promedio de 3.300 m.s.n.m., con presencia de varios ríos, siendo el principal, el Rio Huatanay que recorre la ciudad de este a oeste dando forma al valle donde se emplaza la ciudad.

En la presente tesis, *Ciudad del Cusco* hará referencia a la ciudad en continuidad física, la cual es producto de la conurbación del distrito de Cusco con los distritos de Santiago, San Sebastián, San Jerónimo y Wanchaq (figura N° 14). Por otra parte, *la ciudad metropolitana*, seguirá el criterio funcional (Kralich, 2012), y se considerará a la continuidad física más los poblados de Poroy y Saylla (Ver figura N° 15), ya que existen líneas de transporte público que alcanzan estos distritos. No obstante, la investigación se focalizó en la ciudad del Cusco.

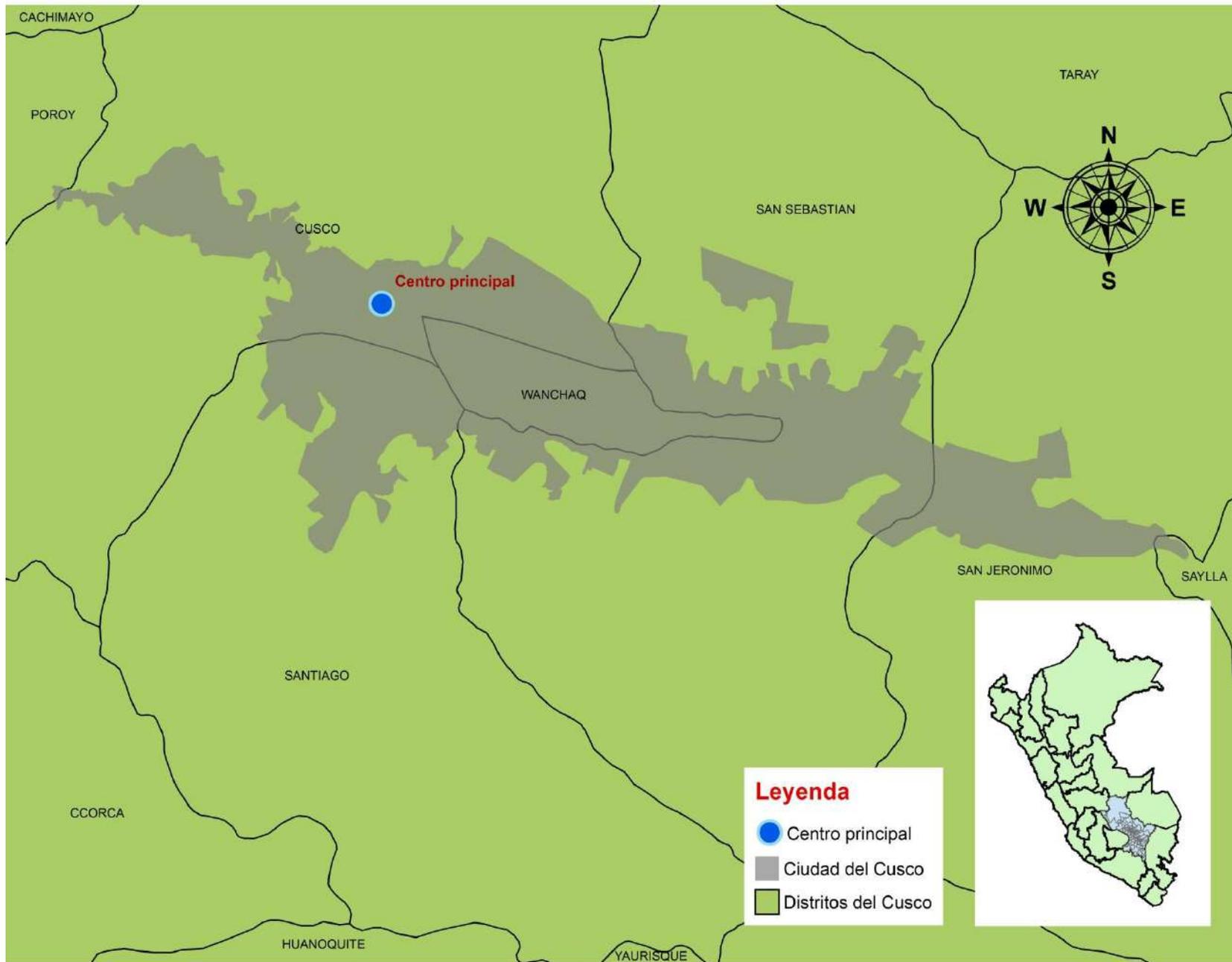
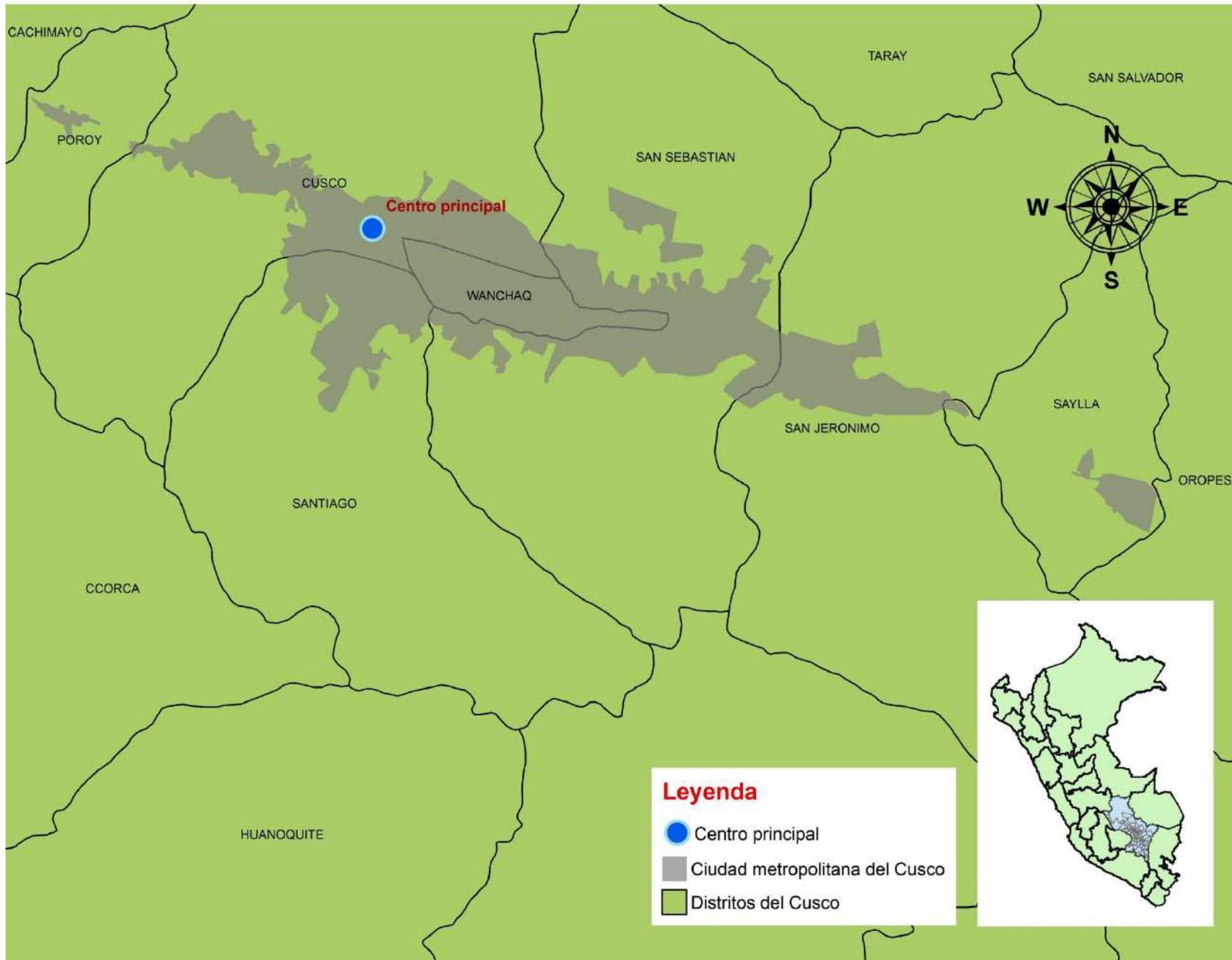


Figura N° 14.
 La ciudad del
 Cusco. Fuente:
 Elaboración
 propia.



Leyenda

- Centro principal
- Ciudad metropolitana del Cusco
- Distritos del Cusco

*Figura N° 15.
Ciudad metropolitana del Cusco.
Fuente:
Elaboración propia.*

3.3.2. Crecimiento y expansión urbana de la ciudad del Cusco

3.3.2.1. Orígenes de la ciudad de Cusco y evolución hasta la llegada del ferrocarril

El Cusco emergió como centro urbano y administrativo Inca aproximadamente en el año 1.200 D.C. (Municipalidad del Cusco, 2004) , y a pesar de que no hay consenso acerca de cuál fue la población de la ciudad a la llegada de los españoles en el siglo XVI, algunos cronistas proponen una cifra cercana a los 50.000 habitantes (Tamayo, 1978). Posteriormente, las guerras de conquista y las enfermedades diezmaron a sus habitantes, y durante el siglo XVII la población se redujo hasta los 10.000 habitantes (Azevedo, 2009). En el siglo XVIII, con el virreinato consolidado, la ciudad inicio un desarrollo poblacional y económico, alcanzando nuevamente los 50.000 residentes e insertándose en el corredor económico más importante de la época, el que la conectaba a Potosí y el cerro Rico de Plata (Tamayo, 1978). Durante los siglos que se mantuvo esta estructura económica, la ciudad del cusco se convirtió en un importante centro de obrajes de productos destinados a la ciudad minera. Además, los productos llegaron incluso hasta ciudades como Salta, Jujuy o Tucumán (Helmer, 1950).

En la época colonial, la metrópoli y los virreinos poseían una política económica que restringía el comercio con otros países fuera de la órbita colonial, prohibiendo el ingreso de productos de otras potencias extranjeras. Este sistema favoreció a ciudades como el Cusco que alcanzaron un desarrollo e importancia que nunca más recuperarían (Flores Galindo, 1977). Sin embargo, despertaron los recelos de la otra potencia de la época, Inglaterra, que eventualmente financiaría las guerras de independencia y de esa forma lograría acceder a los mercados americanos, especialmente a través del sector textil. En efecto, América Latina se convierte en el principal mercado de Gran Bretaña (Hobsbawn, 1989).

El siglo XVIII y XIX, coinciden con dos hechos históricos que marcaran la decadencia del Cusco: por un lado el agotamiento de la mina de Potosí, y por otro, la independencia del Perú. Durante siglos, la región del Cusco había mantenido vínculos económicos y culturales con los países ahora conocidos como Bolivia, Argentina y Chile, que fueron cortados por efecto de la independencia. Por otro lado, el ingreso masivo de productos textiles británicos destruyo la poco competitiva producción textil Cusqueña. Para finales del siglo XIX, apenas mantenía una población de 20.000 habitantes (Azevedo, 2009). Sin embargo, la llegada de un nuevo modo de transporte a inicios del siglo XX, el ferrocarril, revitalizaría a la ciudad. El crecimiento poblacional desde su fundación incaica hasta la década de 1970 se puede observar en la figura N° 16.

3.3.2.2. Desde ferrocarril hasta la actualidad

El ferrocarril, que llegó al Cusco en 1908, fue un modo de transporte que tuvo un impacto directo en la región en general y en la ciudad en particular, pues las nuevas tecnologías en transporte suelen poseer el efecto de acortar las distancias y los tiempos de viajes, en consecuencia, estructuran la ciudad (Herce Vallejos & Magrinya, 2013). Por consiguiente, el ferrocarril tiene la cualidad de incrementar la accesibilidad micro y

macro de la ciudad en el contexto regional (Ainstein, 2008). También, registró una importante influencia en el crecimiento económico, como quedó demostrado en los ingresos superavitarios del ferrocarril (Flores Galindo, 1977). La llegada de este nuevo modo de transporte representa un punto de inflexión en el crecimiento urbano, pues marco el derrotero de la expansión urbana en el siglo XX, durante cuyo siglo, la ciudad se expandió influenciada por la forma lineal y el trazo del ferrocarril (ver figura N° 17). No obstante, en la actualidad, el ferrocarril ha perdido importancia, no es considerado más como un modo de transporte, ha reducido sus rutas a una sola, de carácter turístico: Cusco – Machu Picchu.

El terremoto y destrucción de la ciudad en 1950 tuvo consecuencias determinantes en la ciudad del Cusco. El gobierno nacional de turno, los partidos políticos y la sociedad civil consensuan en apoyar conjuntamente la reconstrucción y posterior desarrollo de la ciudad. Es así que se crearon una serie de organismos estatales, el más importante de ellos fue la "Junta de reconstrucción y fomento industrial de la ciudad del cusco" en 1952, encargada de la construcción de la central hidroeléctrica de Machu Picchu, la planta de fertilizantes, el parque industrial y el aeropuerto. Todas estas inversiones se convirtieron en los pilares del desarrollo de la ciudad (Tamayo, 1978). La ciudad del Cusco pasó de poseer 200 hectáreas para 1950 a cerca de 600 en 1972, es decir triplicó su área (Tamayo, 1978). Por un lado, la producción de energía en la central Hidroeléctrica de Machu Picchu hizo posible urbanizar los nuevos barrios, y por otro, la reconstrucción, la creación el parque industrial y la construcción de viviendas sociales proveyeron los empleos. Para el año 1993 la ciudad alcanzó 250.000 habitantes por primera vez y para el 2007, 349.000 habitantes (INEI, 2007). Actualmente la ciudad cuenta con una población de casi 500.000 (INEI, 2016).

Adicionalmente, la ciudad experimentó la primera conurbación a principios de la década de 1950 (Con el distrito de Santiago), la segunda conurbación tuvo lugar para la década de 1970 (con el distrito de San Sebastián) y la tercera conurbación se dio en la década de los 1990 (con el distrito de San Jerónimo), como se observa en la figura N° 18. Estas décadas son testigos también de la aparición de las primeras barriadas en las laderas de los cerros, al inicio como consecuencia de las viviendas destruidas por el terremoto y posteriormente por la incapacidad de la sociedad y el estado para responder a la necesidad de vivienda en un país de acelerada urbanización. En la década de 1970, con la llegada al poder del dictador Juan Velasco Alvarado, se apoyaría las invasiones de tierras y se generaría programas para mejorar las barriadas a las que desde entonces se les denomina optimistamente como "Pueblos Jóvenes" (Davis, 2006). Lamentablemente, esa política no fue mantenida en el tiempo y actualmente la ciudad se expande de manera anárquica en cerros y laderas, exponiéndose muchas veces al riesgo de derrumbe o deslizamiento (ver imagen N°19). El Perú no cuenta con una política de vivienda social. Al contrario, la constitución de 1993 anuló el derecho a la vivienda que existía en la constitución previa, la de 1979 (Corti, 2015).

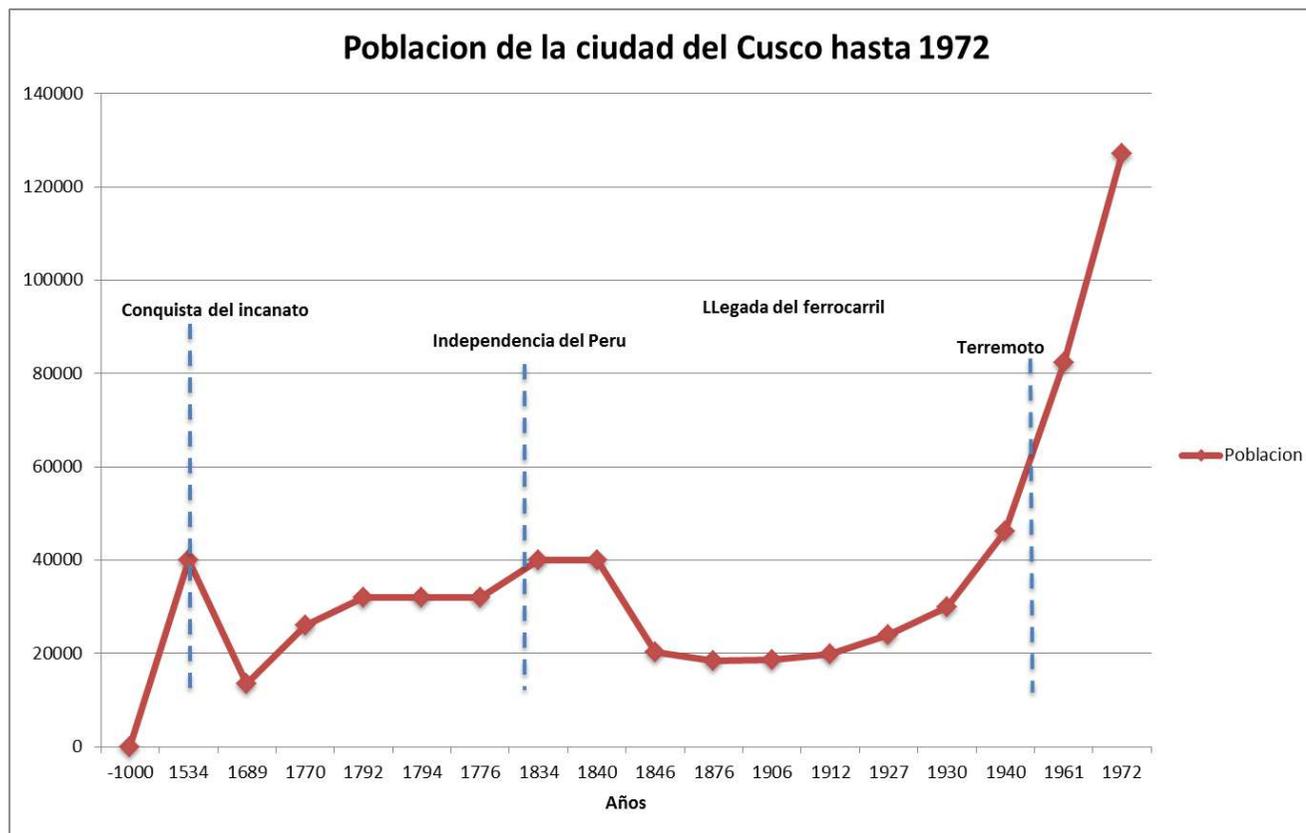


Figura N° 16. Ciudad del Cusco. Crecimiento poblacional entre su fundación y el año 1972. Fuente: Elaboración propia a partir de Azevedo (2009) y Tamayo (1978).

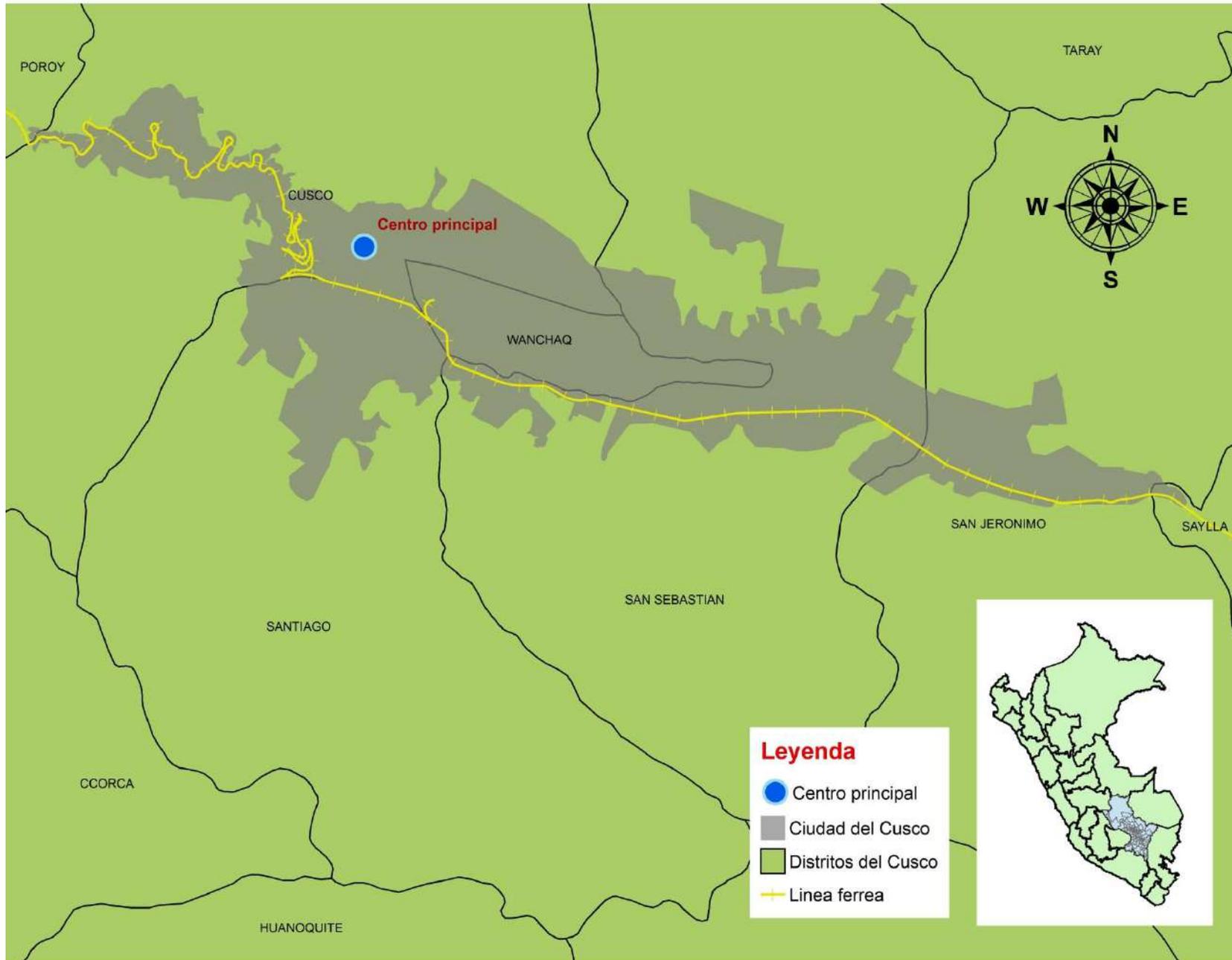


Figura N° 17.
 Ciudad del Cusco. Trazado del ferrocarril.
 Fuente:
 Elaboración propia.

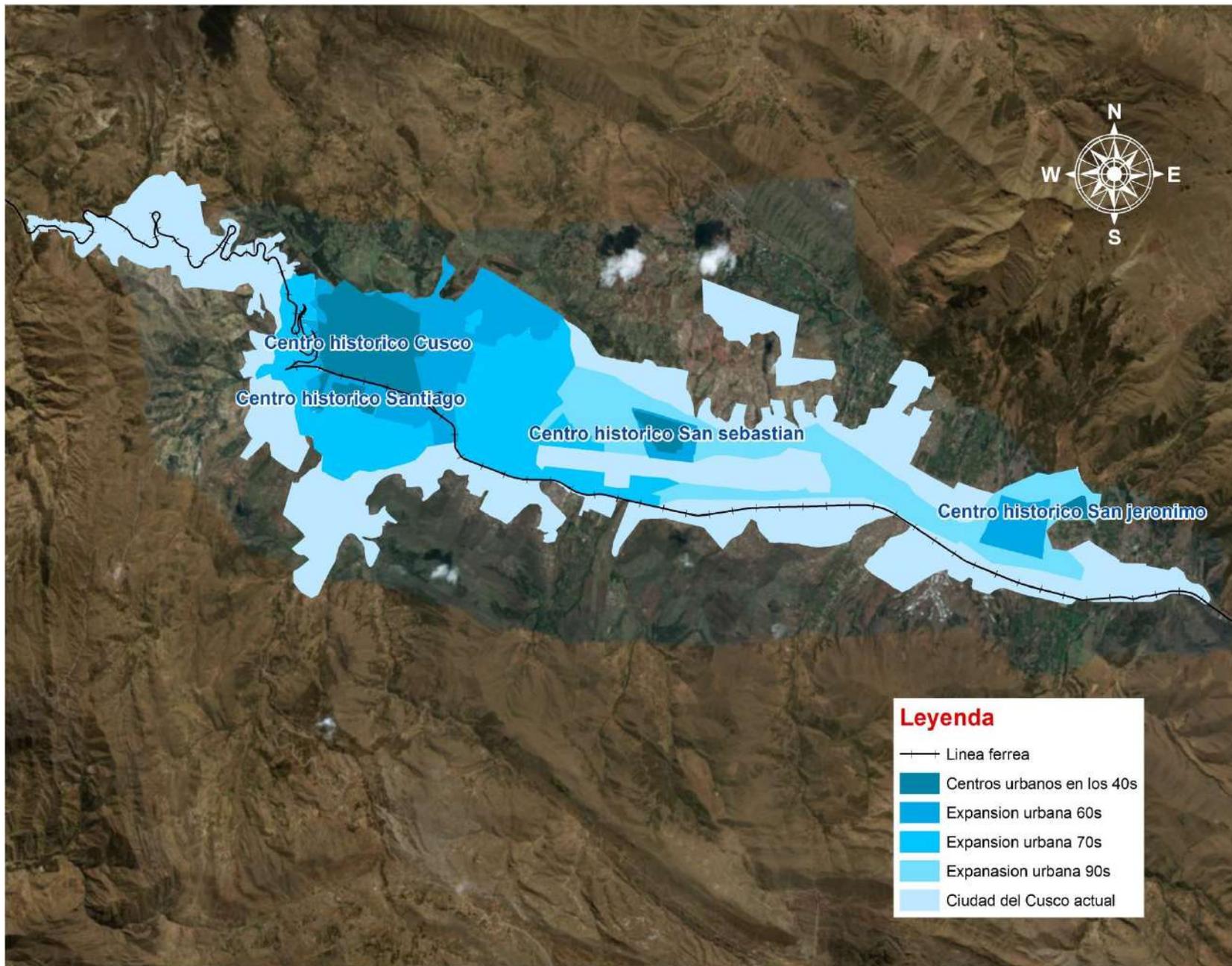


Figura N° 18.
 Ciudad del Cusco. Mancha urbana en las décadas de 1940, 1960, 1970, 1990 y actualidad
 Fuente:
 Elaboración propia a partir de Azevedo, (2009) y fotos satelitales pertenecientes a GeoEye, Earthstar Geographics, USDA y USGS.



*Figura N° 19.
Ciudad del Cusco.
Expansión urbana
en zonas de alta
pendiente y
peligro de
deslizamiento.
Fuente:
Elaboración
propia.*

3.3.3. Densidad poblacional de la ciudad del Cusco

En las instituciones oficiales del Perú, la medición de la densidad poblacional responde al número de habitantes ubicados en una unidad administrativa espacial, como puede ser el distrito o la provincia. Según este esquema la densidad poblacional en la provincia de Cusco se ha ido incrementando significativamente de 498 hab/km² en 1993 a 777 hab/km² en el año 2007 (INEI, 2007). De mantenerse este ritmo de crecimiento, la provincia alcanzaría los 921 hab/km², para el año 2021 (Municipalidad Provincial del Cusco, 2013). No existe consenso acerca de la metodología de medición de la densidad urbana, ocasionando que con frecuencia se encuentren diferentes cifras y valores para una misma ciudad. Es, además, objeto de crítica debido a la confusión en torno al ámbito y escala de aplicación (Espinosa, 2017).

Por otra parte, existe el criterio de medición de la densidad como producto de la división entre el número de habitantes asentados en un aglomerado urbano y el área en continuidad física de este último (Demographia, 2016). Según este criterio, se estima que la densidad de la ciudad del Cusco para el año 2016 fue de 10.700 hab/km², (Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables, 2015).

3.3.4. Centralidades de la ciudad del Cusco

En la ciudad del Cusco existe una clara primera centralidad, la que coincide con el casco histórico (figura N° 20). En ella están ubicados los principales equipamientos urbanos, el mayor número de empleos, los principales servicios de esparcimiento, entre otros. Esta centralidad se ve confirmada a través de los resultados de la encuesta origen - destino (Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012), donde se expone que esta área atrae el 46,75% de los viajes realizados en un día hábil. Asimismo, más del 90% de líneas de transporte público ingresan allí.

Existe un segundo centro en importancia, al cual llamaremos "segunda centralidad". Se encuentra ubicada en el sector donde concurren los distritos de Cusco, San Sebastián y Wanchaq. Además, está emplazada sobre la principal vía de la ciudad, la Avenida de la Cultura, utilizada por el 43% de la población para llegar a su destino (Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012) (ver figura N° 21). Asimismo, este sector cuenta con importante presencia de equipamiento urbano.

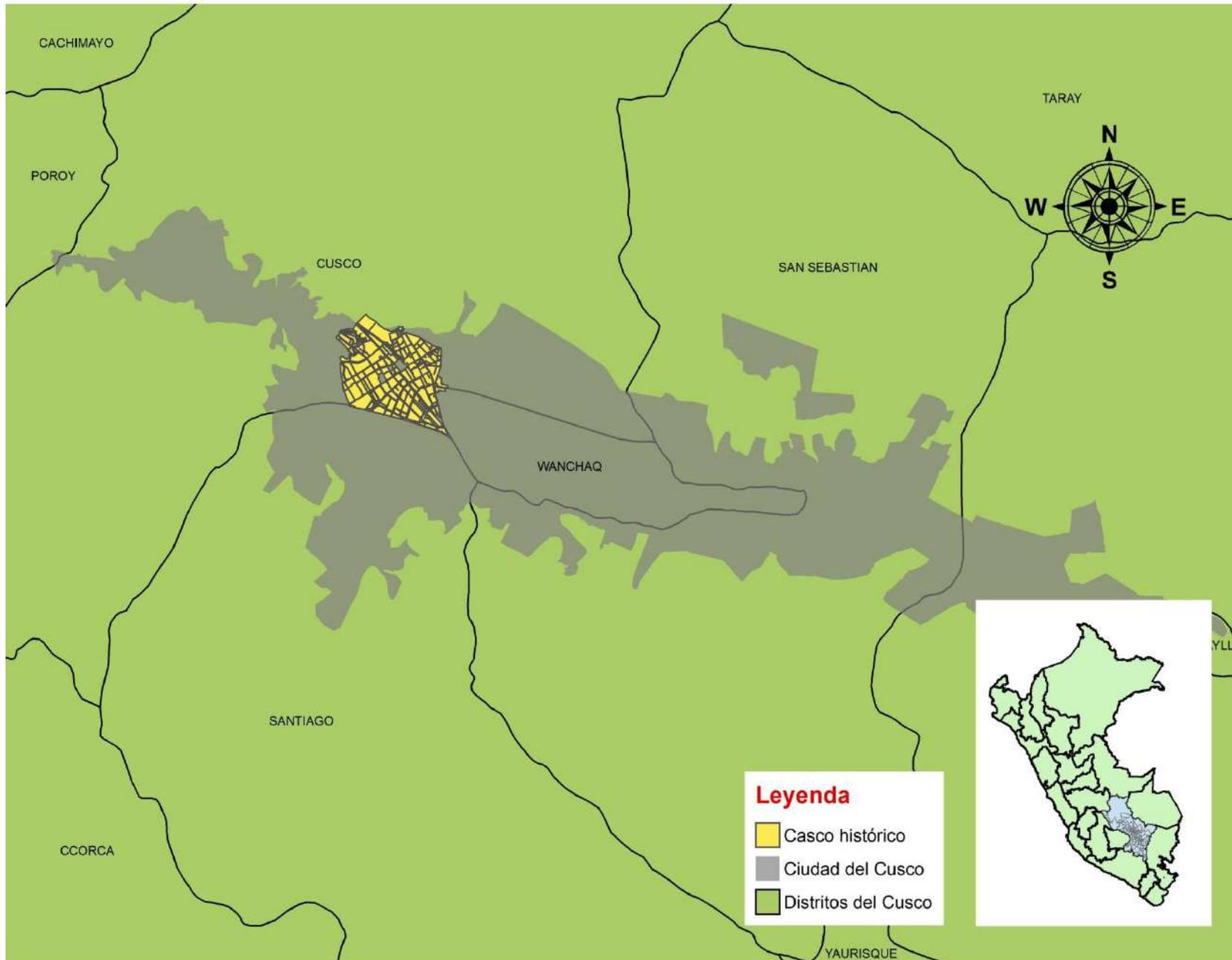


Figura N° 20.
 Ciudad del
 Cusco y su
 casco histórico.
 Fuente:
 Elaboración
 propia.

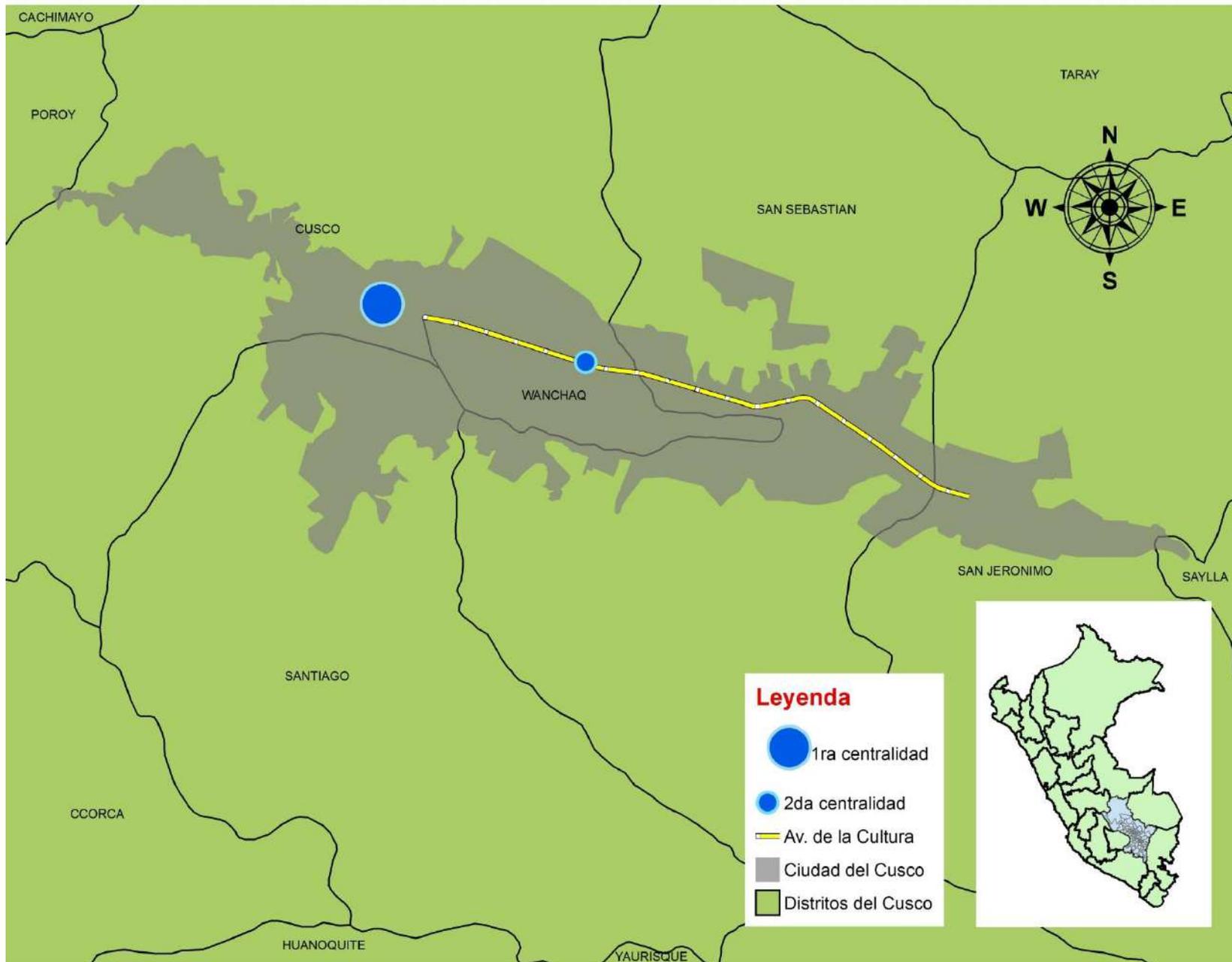


Figura N° 21.
 Ciudad del Cusco.
 Centralidades y principal vía de la ciudad. Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Topografía y barreras que condicionan la expansión urbana

La expansión espacial de la ciudad del Cusco ha seguido una forma lineal y presente barreras, que responde a varios factores que se detallará a continuación:

- La ciudad está ubicada en un valle rodeado de montañas. El principal río de la ciudad es el Huatanay que recorre la ciudad de oeste a este. La topografía montañosa ha limitado parcialmente la expansión de la ciudad, pues la construcción y accesibilidad en los sectores de pendiente elevada ha sido tradicionalmente complicada (ver figura 22).
- La presencia de sitios arqueológicos alrededor de la ciudad, ubicados por lo general en los cerros y montañas que rodean al valle, han tenido también la naturaleza de barrera jurídica, pues estos están protegidos por ley, a pesar de que la expansión urbana desordenada ha ido erosionando el área de muchos de ellos (ver figura 23).
- Las obras de infraestructura vial siempre han sido determinantes para la expansión de la ciudad. Es así que en 1908 llega la línea férrea y la ciudad actual hereda su trazo original, el cual ha sido consolidado con la construcción de vías paralelas al trazo del ferrocarril, las cuales son las más transitadas el día de hoy (ver figura 24).

3.3.6. La ciudad del Cusco y las distancias máximas

La ciudad del Cusco posee una forma alargada, con una longitud de 25 km, de este a oeste, y de 4,5 km en su sección más ancha, de norte a sur. El viaje más largo que una persona tendría que recorrer para llegar a la primera centralidad de la ciudad es de aproximadamente 14 km. Además, la distancia entre la primera centralidad y la segunda centralidad es de poco menos de 4 km (ver figura N° 25).

Los distritos de Poroy y Saylla, ubicados al oeste y este de la ciudad respectivamente, forman parte del Cusco metropolitano. La distancia del centro principal a Poroy y a Saylla es de 7,54 km y 18,2 km, respectivamente. Las distancias fueron medidas en función del centro principal, pues atrae la mayoría de viajes utilitarios en un día hábil.

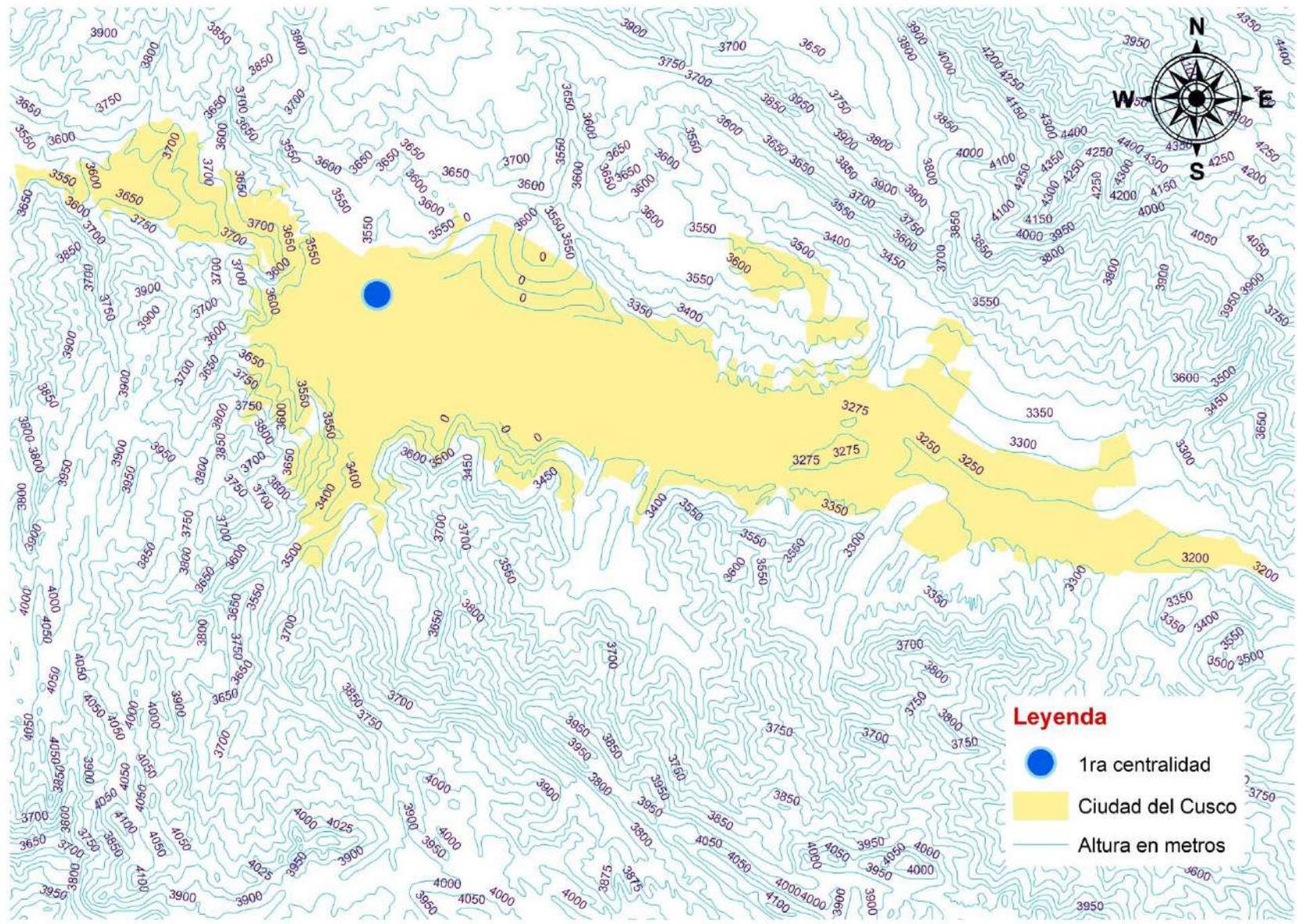


Figura N° 22.
 Ciudad del
 Cusco. Detalle
 de la topografía
 montañosa.
 Fuente:
 Elaboración
 propia.

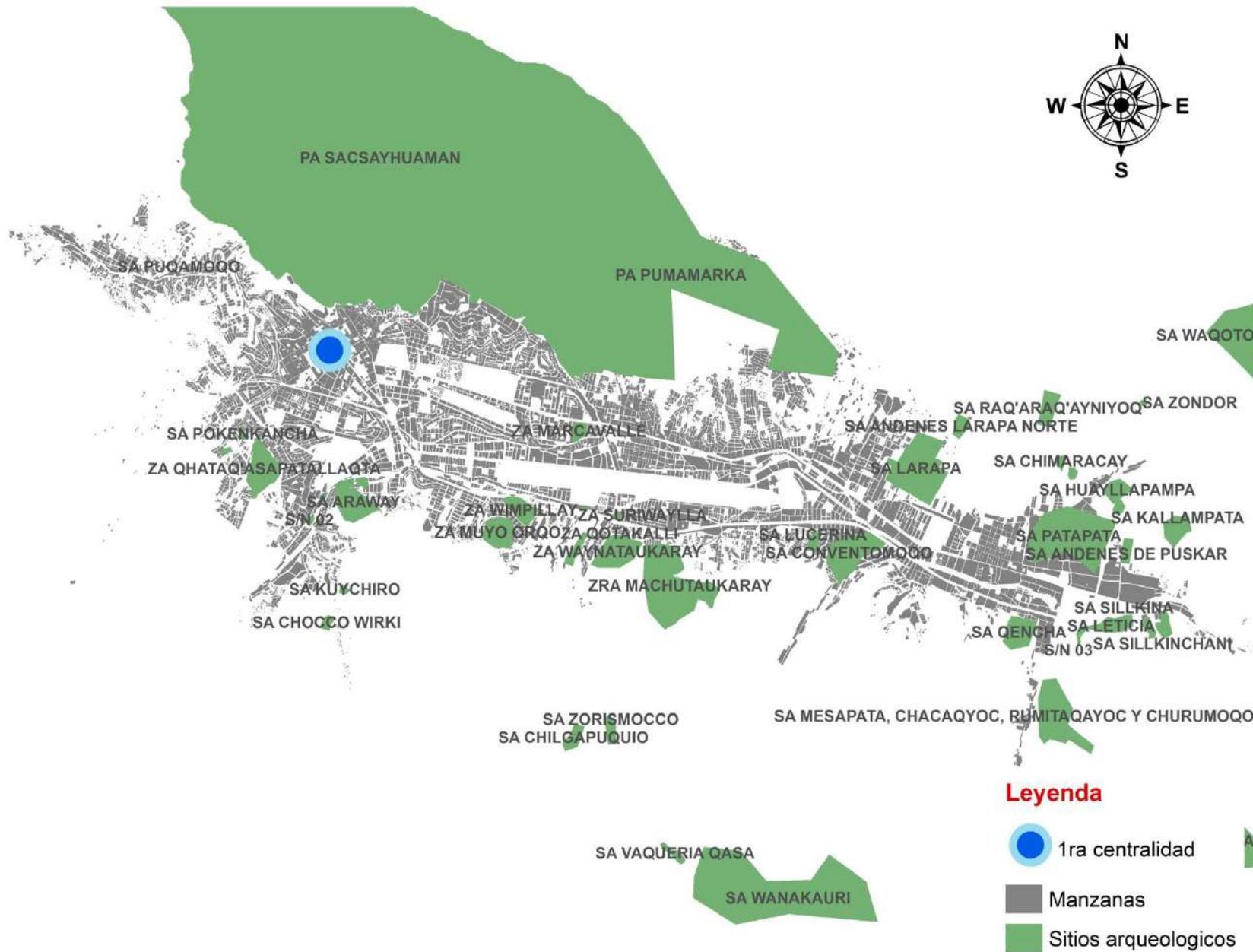


Figura N° 23.
Ciudad del
Cusco. Sitios
arqueológicos
que la rodean.
Fuente:
Elaboración
propia.

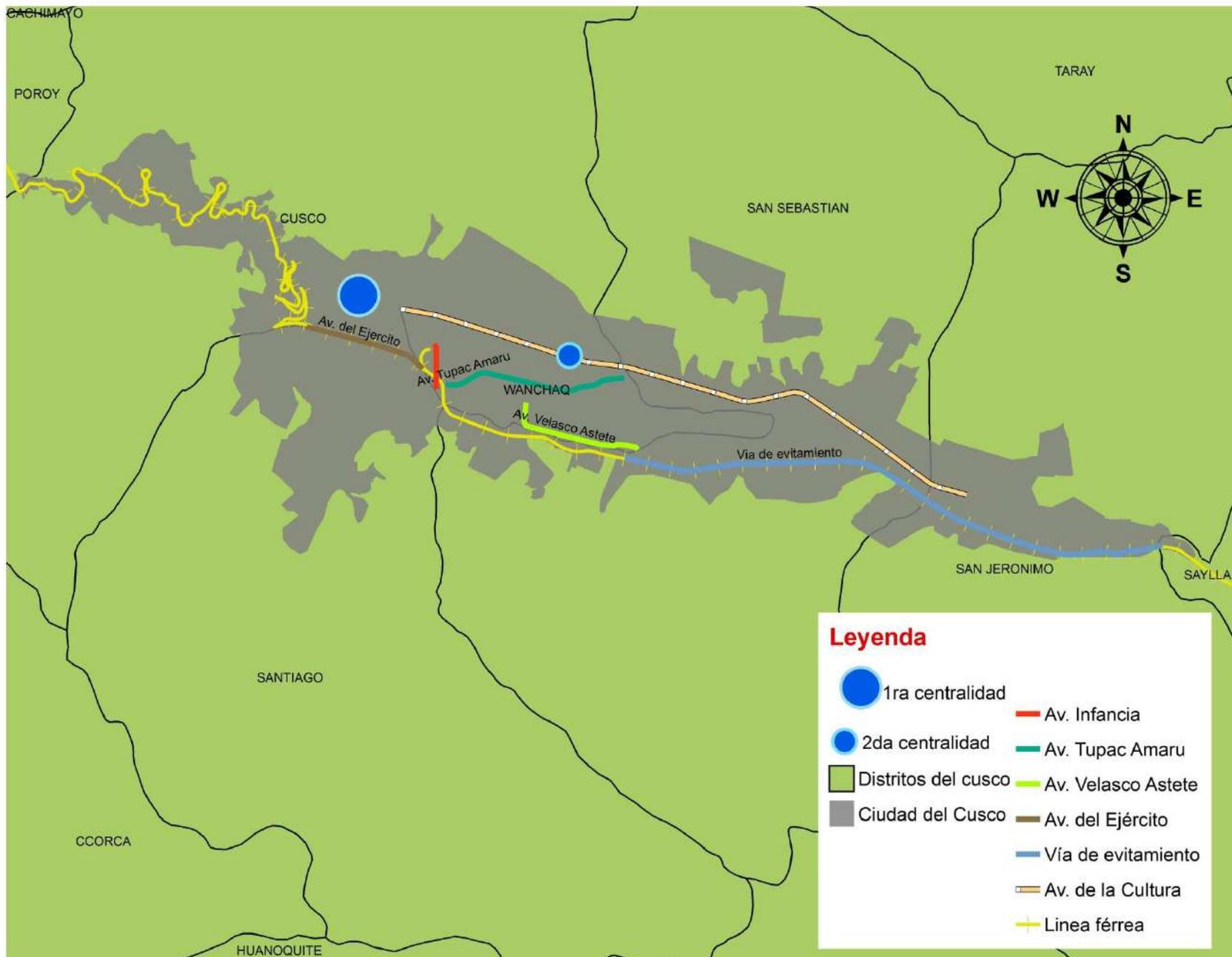


Figura N° 24.
 Ciudad del Cusco. Mancha urbana, ferrocarril y principales vías.
 Fuente: Elaboración propia.

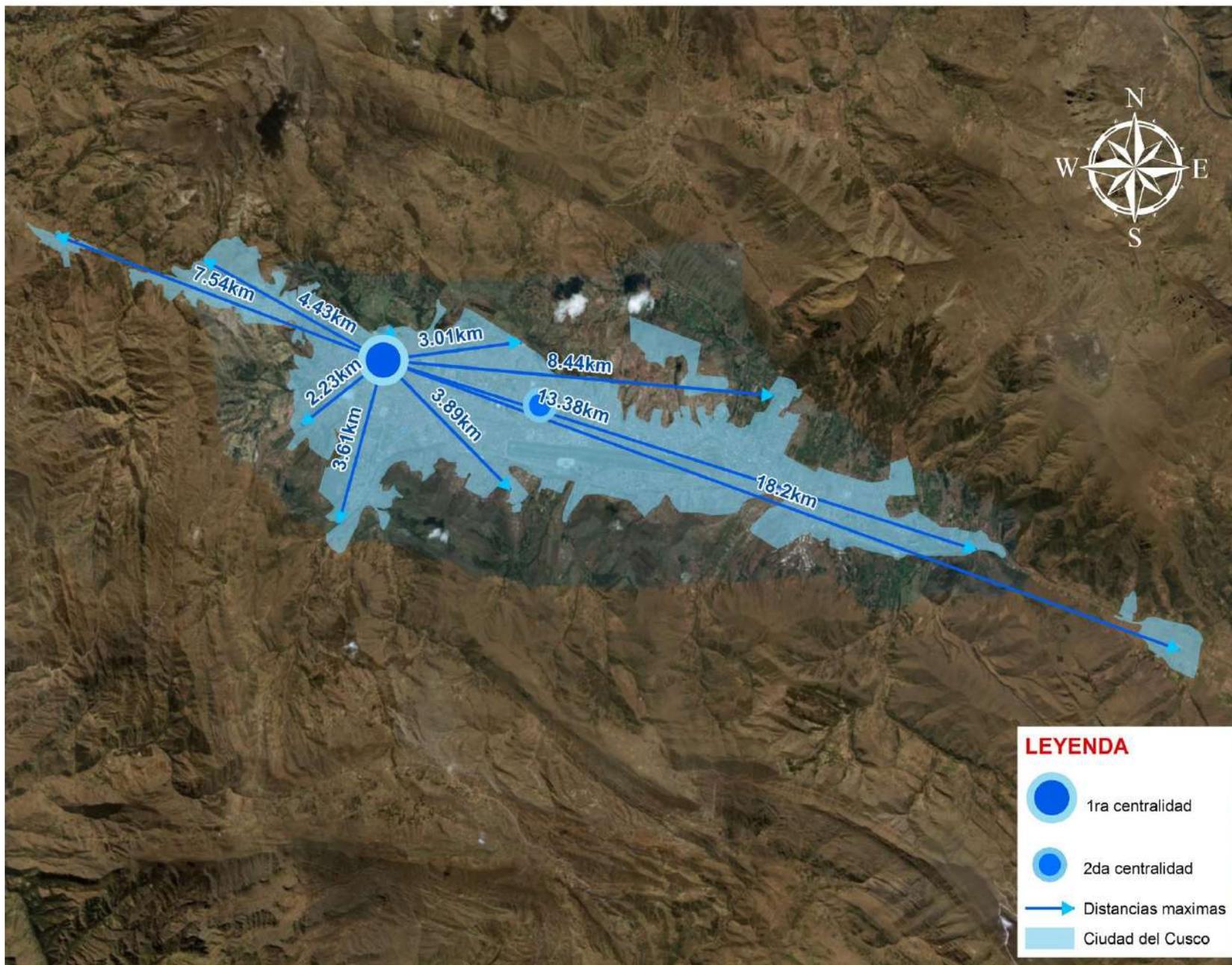


Figura N° 25.
 Ciudad metropolitana del Cusco.
 Distancias máximas.
 Fuente:
 Elaboración propia.

3.4. El transporte y la movilidad en la ciudad de Cusco

3.4.1. Principales ejes de circulación y modos de transporte disponibles en la ciudad

La ciudad del Cusco cuenta con una estructura de transporte urbano basado casi en su totalidad en vías para el automotor. A pesar de existir líneas férreas que atraviesan la ciudad, estas no prestan servicios urbanos y están subutilizadas. Además, existen algunos tramos de carriles para bicicletas, pero estos son marginales y están desarticulados entre sí. Por otro lado, en el año 2009, la municipalidad provincial del Cusco encargó la elaboración de "el plan regular de rutas", con el fin de reorganizar el transporte público de la ciudad, que tuvo como insumo principal a la encuesta origen – destino, realizada el 2011 y publicada el 2012 (Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012). Los resultados del documento descrito líneas arriba nos ayudaron a entender el sistema de transporte de la ciudad del Cusco, así como ubicar las principales vías utilizadas y los modos de transporte.

La encuesta origen – destino, confirma la vocación de ciudad lineal y centralizada de la ciudad del Cusco. El casco histórico, que coincide con la primera centralidad, atrae el 46,75% de los viajes realizados en un día hábil y a más del 90% de líneas de transporte público. Las principales vías en función de su uso se detallan en la figura N° 26 y se pueden observar en la figura N° 27.

Nombre de la vía	Uso	Extensión en Km
La cultura	43%	9,8
El sol	17%	1,2
Grau	9%	1,5
Ejército	8%	2,1
Velasco Astete	5%	2,3
Túpac Amaru	2%	3,0
Infancia	2%	0,8
Vía evitamiento	1%	9,0

Figura N° 26. Ciudad del Cusco. Principales vías. Fuente: producido con información proporcionada por Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte (2012).

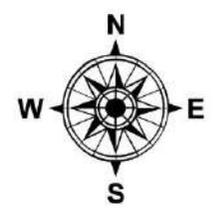


Figura N° 27.
 Ciudad del
 Cusco. Vías más
 usadas. Fuente:
 Elaboración
 propia.

Leyenda

- 1ra centralidad
- Manzanas
- Av. de la Cultura
- Av. Sol
- Av. Grau
- Av. Infancia
- Av. Tupac Amaru
- Av. Velasco Astete
- Av. del Ejército
- Vía de evitamiento
- Línea férrea

Otro producto importante de la encuesta origen – destino (Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012), fue la distribución modal, que describe cuales son los modos en que la población de la ciudad del Cusco se desplaza, los resultados se pueden observar más ampliamente en la figura N° 28. Al respecto, llama la atención que un importante porcentaje de la población se moviliza a pie, 30,25%.

Entonces, se puede observar que la caminata constituye un modo de transporte importante en la ciudad, a pesar de que se ve amenazada por el aumento de la tasa de motorización y la poca importancia que recibe de las autoridades locales.

Modo	%
Caminata	30,25
Auto conductor	3,22
Auto acompañante	2,04
Taxi	6,22
Auto colectivo	2,45
Transporte público	54,97
Otro motorizado	0,85

Figura N° 28. Ciudad del Cusco. Distribución modal del transporte. Fuente: Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012.

3.4.2. El transporte motorizado en el cusco

El Perú y la ciudad del Cusco experimentaron un importante crecimiento económico en la última década. Ello, sumado a la priorización de la infraestructura vial por parte de los gobiernos locales y nacionales, impactó directamente en la tasa de motorización de la ciudad, que para el año 2016 alcanzaba la cifra de 230 vehículos por cada 1000 habitantes (Meza, 2016), prácticamente igualando la tasa de la ciudad capital, Lima. Esto se encuentra en sintonía con las tendencias mundiales, que señalan que los países en vías de desarrollo presentan una tasa de motorización de 254 vehículos por cada 1000 habitantes, mientras que en los países desarrollados es de 418 vehículos por cada 1000 habitantes (Union Internationale des Transports Publics, 2015).

Según el reporte de la Gerencia de Tránsito, Vialidad y Transporte de la ciudad del Cusco, para el año 2016 recorrían la ciudad 115 mil vehículos, mientras que en el 2006, lo hacían solamente 35 mil. Es decir, el número aumentó en un 328% en diez años. Por otro lado, de los

115 mil vehículos, solo 10 mil corresponden al transporte público y taxis. Los vehículos privados son la inmensa mayoría. Las consecuencias son aumento del tiempo de viaje en vehículos motorizados, aumento de tráfico, incremento del número de accidentes viales (con los peatones como los principales víctimas) y la reducción de las relaciones sociales en los barrios (Vasconcellos, 2010). Todo lo anterior ocurre en desmedro del modo de transporte pedestre.

3.4.3. Situación de la movilidad pedestre en el Cusco

La caminata no es solo la forma más democrática de desplazamiento, sino también la más tradicional en la ciudad del Cusco. De ello es testigo el casco histórico de la ciudad que en su mayor parte todavía conserva el trazado inca y colonial, donde las calles estrechas y vías angostas nos revelan que la ciudad fue construida para el peatón, en una época donde el automóvil aun no hacía su aparición. En ese sentido, la caminata ha sido por mucho tiempo el principal modo de transporte urbano, esta es una tradición que comparten muchas ciudades antiguas y que se ve amenazada con el aumento de la motorización y las políticas públicas que la incentivan. En las figuras N° 29 y 30 se puede observar que las calles del casco histórico de la ciudad del Cusco son angostas, pues no fueron diseñadas para el automóvil. También, se puede apreciar que las dimensiones de las veredas fueron deliberadamente reducidas para así permitir el desplazamiento del automotor. Esto último es una muestra clara de la prioridad del automóvil por sobre el peatón en la ciudad de estudio.

La presente tesis se enfoca en el estudio de los desplazamientos pedestres. Como se mencionó más arriba, la ciudad presenta un importante porcentaje de población que opta por la caminata como modo de transporte: 30,25% (Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012). A pesar de ello, la caminata no ha recibido la atención que merece por parte de los gobiernos locales. Prueba de ello son los escasos estudios al respecto, los obstáculos para los peatones, la presencia de vías pavimentadas pero la ausencia de veredas, la falta de calidad en su ejecución o los errores de diseño en su construcción.

Adicionalmente, la movilidad pedestre en ciudades de montaña como el Cusco, presenta la particularidad de la escalinata como dispositivo de desplazamiento urbano. Su construcción ha sido masiva en los sectores con topografía montañosa y están localizados mayormente en la zona occidental (ver figura 31). Para muchos barrios, la escalinata constituye la única vía de desplazamiento, ya que la elevada pendiente imposibilita la construcción de caminos vehiculares. Adicionalmente, es posible encontrar una gran variedad de escalinatas, que difieren entre sí, en diseño, materiales de construcción o calidad de obra (ver figuras 32, 33 y 34).

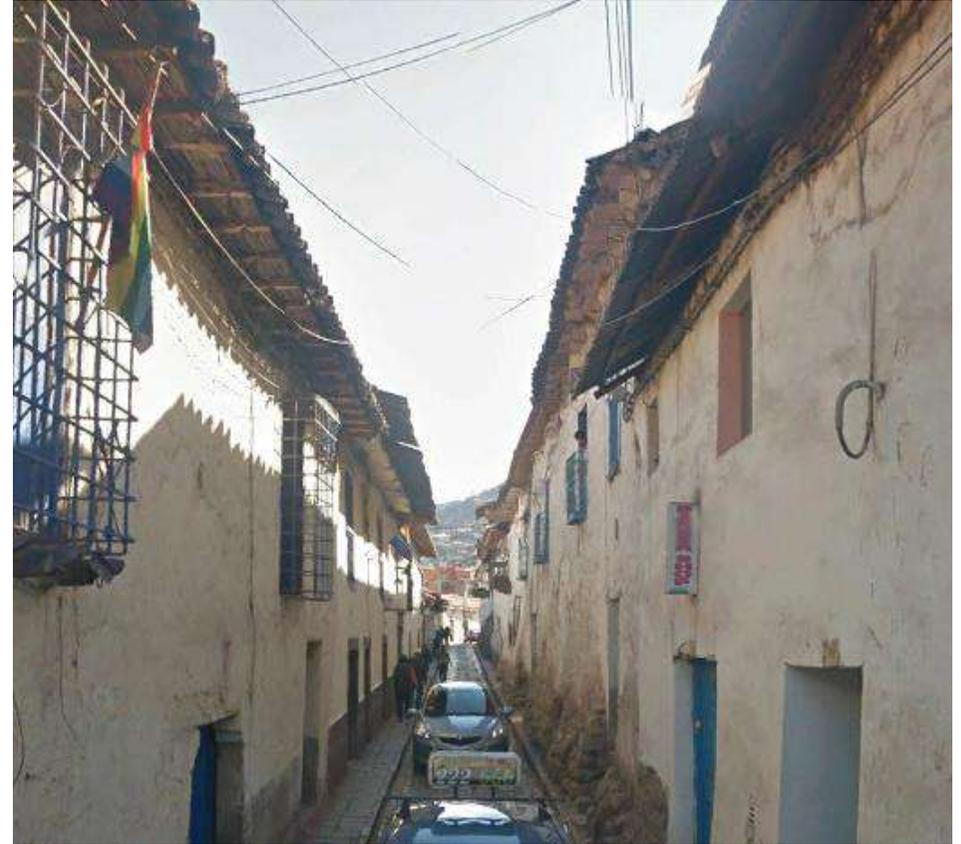
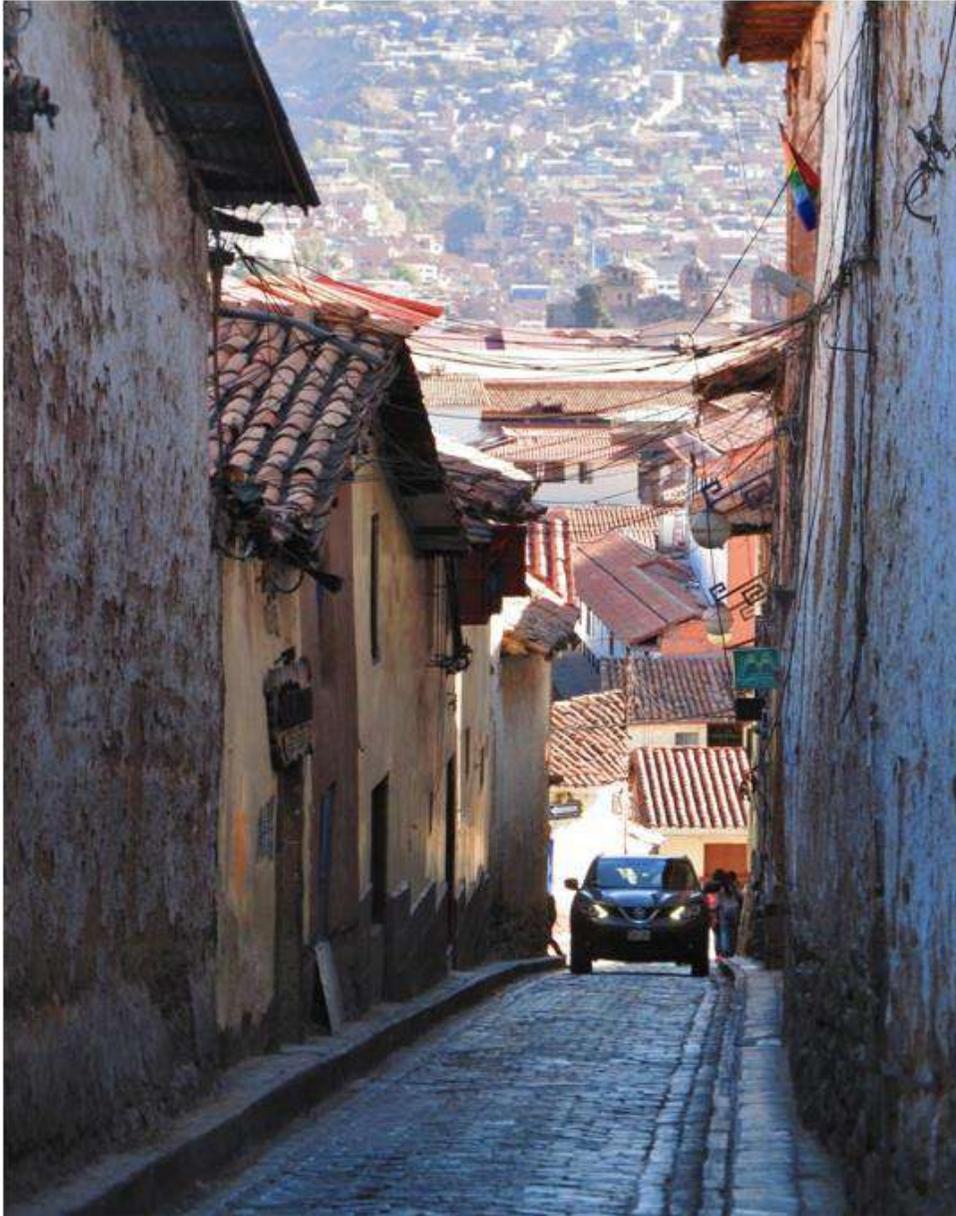
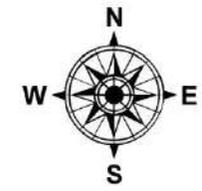


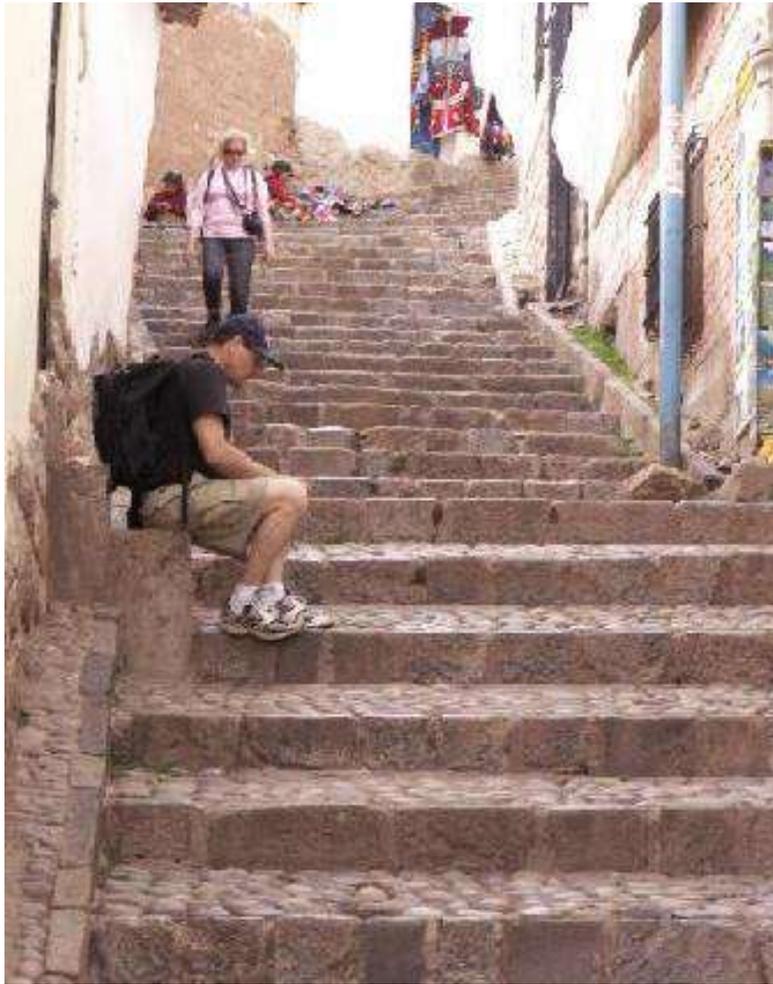
Figura N° 29 y 30. Ciudad del Cusco. Calles y veredas angostas. Fuente: Elaboración propia



*Figura N° 31.
Ciudad del Cusco.
Ubicación de las
escalinatas.
Fuente:
Elaboración
propia*

Leyenda

-  1ra centralidad
-  2da centralidad
-  Escalinata
-  Manzanas



Figuras N° 32, 33 y 34. Ciudad del Cusco. Escalinatas construidas con piedra, concreto o una mezcla de ambas. Fuente: Elaboración propia.

3.5. Síntesis y análisis del caso de estudio

Cada ciudad presenta diferentes características sobre los desplazamientos realizados a pie, a pesar de que muchas mantengan topografías, economías, o espacios territoriales en común. Las razones de esta heterogeneidad son diversas, sin embargo se puede concluir que el ingreso económico per cápita de sus poblaciones incide positivamente en las tasas de motorización, y por consecuencia negativamente en la movilidad pedestre. La extensión de la ciudad también ha demostrado ser un factor a tomar en cuenta, así como las políticas públicas urbanas que priorizan un modo de transporte antes que otro.

La ciudad del Cusco es una ciudad de montaña ubicada en un valle, es relativamente densa y de forma lineal. Posee una primera centralidad con una jerarquía tal que la segunda centralidad no puede competir. En las últimas décadas, la tasa de motorización se ha incrementado en la ciudad del Cusco, ello tiene un impacto negativo en la movilidad pedestre. Por otro lado, la expansión urbana ha llevado a que la ciudad también se asiente en zonas de alta pendiente, haciendo uso masivo de las escalinatas como vías de uso peatonal exclusivo.

Entonces, los viajes a pie y la facilidad con la que son realizados, son producto factores, sociales, económico, topográficos, etc. intrínsecos a cada ciudad. Esta tesis se enfoca en la influencia del entorno o ambiente construido sobre el peatón. El siguiente capítulo problematizará el ambiente construido de la ciudad del Cusco a través de variables. Además, se analizará los límites, particularidades y factores que condicionan dichas variables.

4. *Discusión sobre el ambiente construido*

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, existe consenso sobre la influencia de variables socioeconómicas en la generación de viajes pedestres, pues la posesión de un automóvil, la edad o el género son determinantes al momento de elegir un modo de transporte (Riera, 2012). Sin embargo, el entorno o ambiente construido como factor generador de viajes pedestres es motivo de polémica, estudio y análisis. La presente tesis busca analizar este último grupo de variables, las del ambiente construido.

No obstante la gran cantidad de variables que pudieran modelar la realidad del ambiente construido del peatón, es menester elegir las más importantes, pertinentes y también las más factibles de recolección. Los estudios sobre movilidad pedestre a partir de variables, presentan dificultades, en particular en la recolección de datos e información, por esta razón los estudios pedestres no son abundantes, la ciudad del Cusco no es diferente en cuanto a oferta de datos. En ese sentido, la elección de la mayoría de las variables estudiadas para la presente tesis es producto de la bibliografía citada (a excepción de la variable escalinata) y se fundamentó en la pertinencia, las limitaciones temporales, económicas y físicas.

Entonces, se propone un modelo de generación de viajes a pie, dentro del cual se encuentran variables dependientes e independientes expresadas a continuación.

Variable dependiente (viajes a pie):

- Numero de peatones por minuto

Variables independientes (ambiente construido):

- Conectividad vial
- Diferencia de altura
- Conectividad escalinata
- Accesibilidad Empresas de Transporte Publico
- Frecuencia de Buses
- Distancia al centro 1
- Distancia al centro 2
- Distancia avenida cultura
- Accesibilidad educación
- Diversidad de usos del suelo
- Área ocupada

En la siguiente sección, se ampliara acerca del uso y diseño de cada variable. Por otro lado, la variable dependiente (viajes a pie) se propone como resultado de las variables independientes (ambiente construido), su diseño, recolección de datos y análisis se realizó en el capítulo N° 5.

4.1. Justificación, alcances y limitaciones de las variables de ambiente construido

La presente tesis ha empleado el concepto de movilidad pedestre en términos de la facilidad para desplazarse a pie. Adicionalmente a ese concepto, se ha añadido el que la movilidad urbana debe ser estudiada desde la perspectiva de los individuos en su realidad espacial. El Cusco es una ciudad de antiguo poblamiento, no obstante, es recién en la década de 1950, cuando inicia un crecimiento incontenible y anárquico. En aquel entonces, muchas zonas de expansión urbana se construyeron a imagen del centro principal de la ciudad, es decir, una ciudad peatonal, sin la omnipresencia del automóvil. Ello contribuyó a mantener a la caminata como modo de transporte. Sin embargo, el incremento en los ingresos económicos en las últimas décadas también aumentó la tasa motorización, lo cual impactó en la reducción de los viajes a pie. En suma, el aumento del parque automotor de la ciudad del Cusco, los mayores índices de accidentes vehiculares, la expansión urbana no planificada y la priorización de la inversión en infraestructura vehicular, ha consolidado el modo de transporte motorizado en desmedro del pedestre.

Un objetivo de esta tesis es analizar el ambiente construido y los caminantes en la ciudad del Cusco, estableciendo una relación entre ellos, para lo cual se proponen 11 variables (dependientes) que puedan representar al entorno del peatón y que sean determinantes en la elección modal de transporte. Existen muchas variables que reflejan el entorno del peatón, por ejemplo la densidad vial, la estética, las condiciones de la infraestructura, la densidad poblacional, la presencia de escalinatas, la sensación de inseguridad, la diversidad de usos del suelos, entre otros.

De acuerdo a la literatura científica, expuesta en el primer capítulo, la distancia es una de las principales variables que explican el modo de transporte elegido, pues existe una distancia máxima que los caminantes están dispuestos a caminar por razones utilitarias (es decir trabajo o estudios), distancia que de ser sobrepasada, disuade a la persona de optar por la caminata. Por ello, las ciudades de la antigüedad tenían escalas acordes al peatón, quien en zonas urbanas se moviliza a una velocidad promedio de 4,8 km/h, (Massachusetts Highway Department, 1998), es decir, las dimensiones de las ciudades antiguas estaban acordes a la velocidad del peatón. Ello cambia radicalmente con la introducción del automóvil, que alcanza una velocidad promedio de 60 km/h en zonas urbanas, el desarrollo actual de las ciudades obedece dicha lógica y escala. En efecto, las distancias son variables determinantes en la movilidad pedestre y en la presente tesis consideró 3 *variables de tipo distancia*:

- La distancia a la primera centralidad
- La distancia a la segunda centralidad
- La distancia a la Avenida de la cultura

En los barrios de ciudades norteamericanas, la presencia de comercios, escuelas, centros laborales es escasa o simplemente inexistente. Por esta razón, en los estudios de generación de viajes pedestres la variable *diversidad de uso de suelos* suele estar presente, como factor que incide positivamente en la caminata, es decir, a mayor diversidad de usos del suelo, mayor generación de viajes a pie. En las ciudades latinoamericanas, en cambio, la diversidad de uso de suelos en los barrios es algo muy recurrente (Cervero, 2009). En el caso de la ciudad del Cusco la expansión urbana ha sido no planificada y muchas veces informal, sin embargo, ello ha favorecido una rica diversidad de uso de suelos, esto se puede apreciar en la figura N° 35, que se corresponde con el barrio kari grande, donde se ha llevado adelante el trabajo de campo. En suma, la variable *diversidad de uso de suelos* será empleada en esta tesis, para formular el modelo de generación de viajes pedestres en la ciudad del Cusco. Esta variable que indica el número de usos del suelo diferentes entre sí que se encuentran dentro del radio de 500 metros del punto de observación (paradero de buses). Además, otra forma de diversidad de usos del suelo más específica, está reflejada en la presencia de instituciones educativas, representada en la presente tesis como la variable *Accesibilidad a la educación*, y definida como el número de Instituciones educativas ubicadas en un radio de 500 metros del punto de observación. Adicionalmente, en muchos estudios, la alta densidad poblacional de un barrio ha sido sinónimo de que su población opta en un porcentaje importante por la caminata frente a otros modos de transporte. Sin embargo, ante la imposibilidad de obtener dicho valor para la presente tesis, se propuso al *área ocupada* como variable proxy. Que es el resultado de calcular el área construida entre el área de influencia del paradero. Entonces las *variables de accesibilidad* serán:

- Accesibilidad educación
- Diversidad de usos del suelo
- Área ocupada

Asimismo, en la presente tesis, también se proponen variables que intentan reflejar el entorno de las personas que optan por el modo motorizado de transporte público. Variables como *conectividad vial*, *accesibilidad de empresas de transporte* y *frecuencia de buses* buscarán medir su impacto en el modo de transporte que eligen las personas. Estas variables también representan el ambiente construido del peatón, pues el aumento de tráfico, la mayor oferta de transporte motorizado o la construcción de vías influyen en los viajes pedestres. Adicionalmente, de esta manera se busca confirmar la relación entre el incremento de inversiones en infraestructura vial con el aumento del modo de transporte público motorizado y el aumento de población que opta por este modo motorizado, en detrimento del peatón.

Por otro lado, la topografía es un elemento omnipresente en ciudades de montaña. En consecuencia, se propuso la variable *diferencia de alturas*, que representa la diferencia de altura entre el punto observado y la primera centralidad, y parte del supuesto de que el recorrido descendente del peatón (producto de la pendiente), tiene incidencia en la generación de viajes a pie. Adicionalmente, la topografía precipita la aparición de escalinatas, las cuales inciden en la movilidad del peatón, las variables producto de la observación del trabajo en campo y las fotos satelitales serán:

- Conectividad vial
- Diferencia de altura
- Conectividad escalinata

- Accesibilidad empresas de Transporte Publico
- Frecuencia de buses

Dadas las particulares que ofrece la escalinata como infraestructura de transporte, será analizada por separado y a continuación.

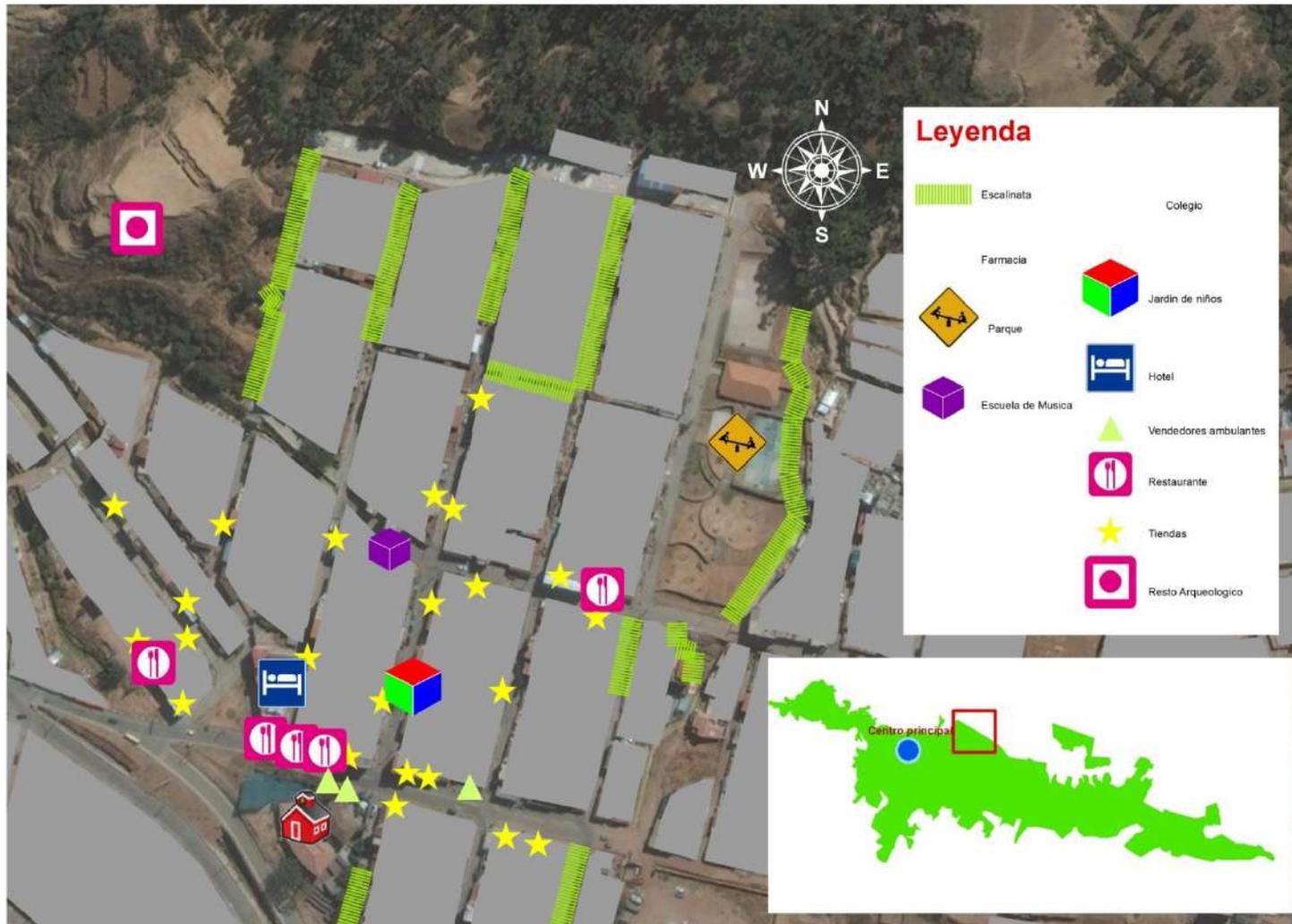


Figura N° 35. Barrio de Kari Grande, en el sector noroccidental de la ciudad del Cusco. Diversidad de uso del suelo. Fuente: Elaboración propia.

4.2. *Justificación, alcances y limitaciones de la variable escalinata en la ciudad del Cusco*

Las escalinatas son recurrentes en la ciudad del Cusco. Su bajo costo en construcción, su versatilidad como artefacto urbano y el hecho de ser la única vía de desplazamiento posible en muchos barrios debido a la elevada pendiente que impide el paso de vehículos, la han convertido en un elemento usual y vital en los barrios periféricos que coinciden mayoritariamente con ser montañosos.

Las escalinatas son dispositivos que permiten subir de un nivel inferior a otro superior haciendo uso de la energía física que cada persona posee. Por esa razón y porque una parte importante de la población de ciudad se emplaza en terrenos elevados, la escalinata ha resultado muy popular en la configuración de ciudades como el Cusco. Además, las escalinatas poseen el efecto de acortar distancias (ver figura N° 36, 37 y 38) y el hecho de que un importante porcentaje de la población se moviliza a pie, la han convertido en un elemento frecuente del paisaje urbano. Sin embargo, muchas escalinatas fueron hechas con deficientes criterios técnicos, encontrándose contrapasos muy altos, la ausencia de descansos o la falta de desarrollo de la escalinata. Por lo anterior, se transforma en un obstáculo y un peligro para las personas que se desplazan por ellas. En las figuras N° 39, 40 y 41, se puede observar escalinatas irregulares, donde algunos contrapasos alcanzan los 20 cm, siendo 18 cm el máximo recomendable. Además, muchas escalinatas son construidas sin barandas y de forma recta (sin desarrollo en su trazo, es decir no presentan giros), lo que representa un peligro para los peatones, especialmente para las personas con movilidad reducida.

Asimismo, se pudo observar que muchas escalinatas descienden y se conectan con una vía vehicular principal donde usualmente pasan líneas de transporte público. En ese sentido las escalinatas también poseen una población cautiva de su infraestructura, pues fueron construidas en barrios donde no exista la posibilidad de construir una vía vehicular, debido a las limitaciones que la topografía ofrece a la circulación del automotor, ver figuras N° 42 y 43. Los vehículos pueden desplazarse en una vía con una pendiente máxima de 7 grados y excepcionalmente un pendiente de 9 grados, cuando la escalinata promedio puede tener hasta 34 grados de pendiente, figura N° 44. A fin de analizar la influencia de la escalinata en la generación de viajes peatonales, es decir cuánto facilitan o no la movilidad pedestre, se ha propuesto la variable *conectividad escalinatas*, que es el resultado de la división entre el número de escalinatas que concurren en el sector de observación, cuyo centro será un paradero de buses, y el número total de vías existentes en dicho punto. Se parte de la hipótesis que la escalinata contribuye a la generación de viajes pedestres.

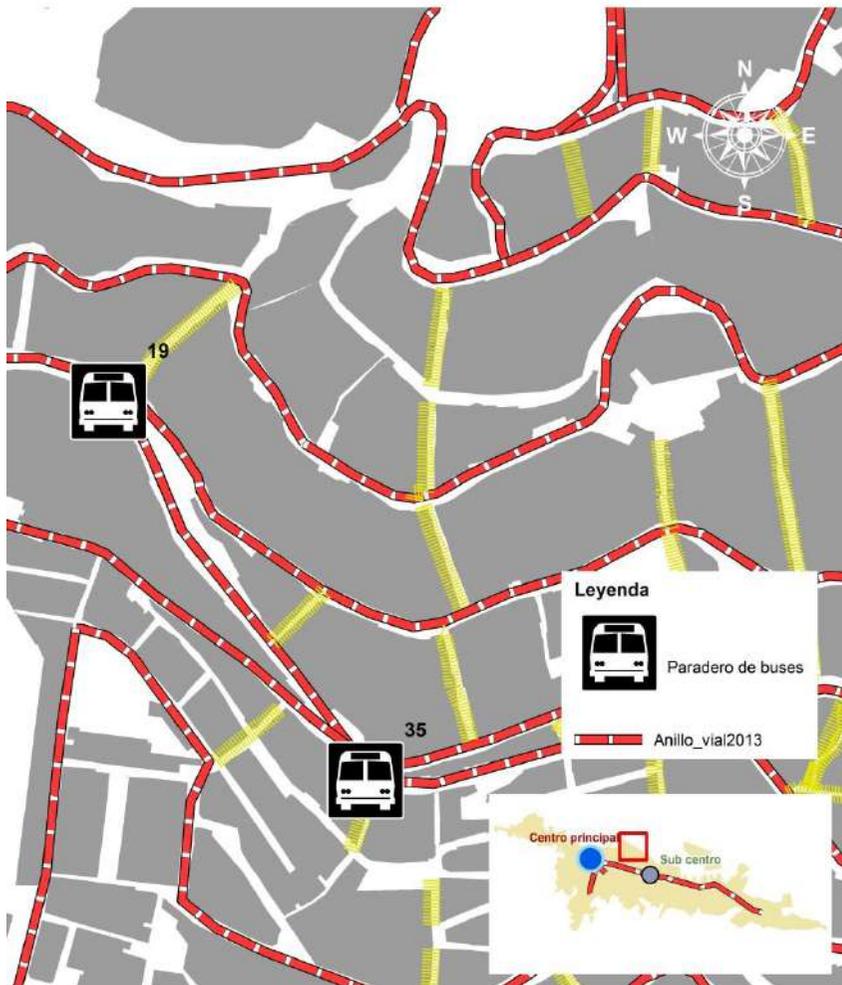
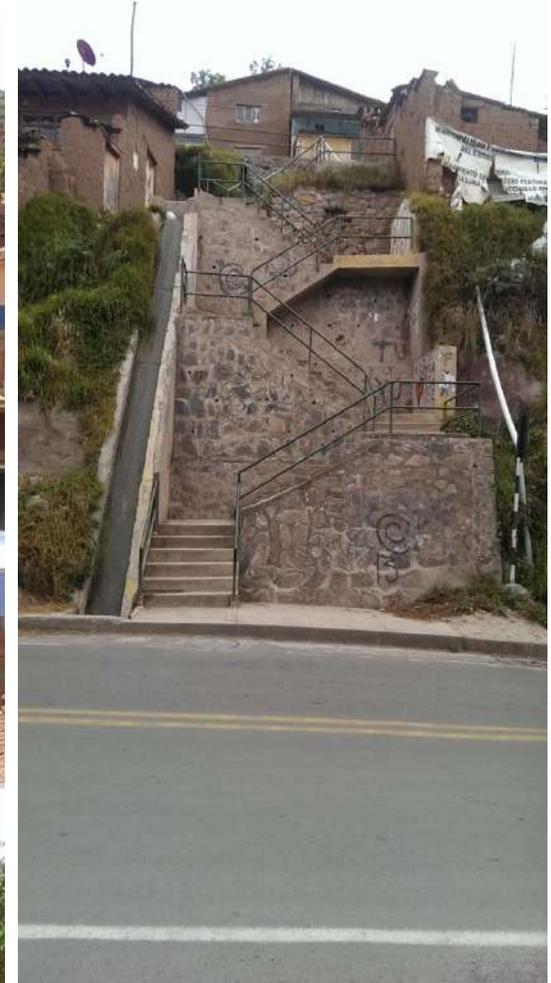


Figura N° 36. Ciudad del Cusco. Área de observación. Escalinatas como atajo.
Fuente: Elaboración propia.



Figuras N° 37 y 38. Ciudad del Cusco. Área de observación. Escalinatas como atajo.
Fuente: Elaboración propia

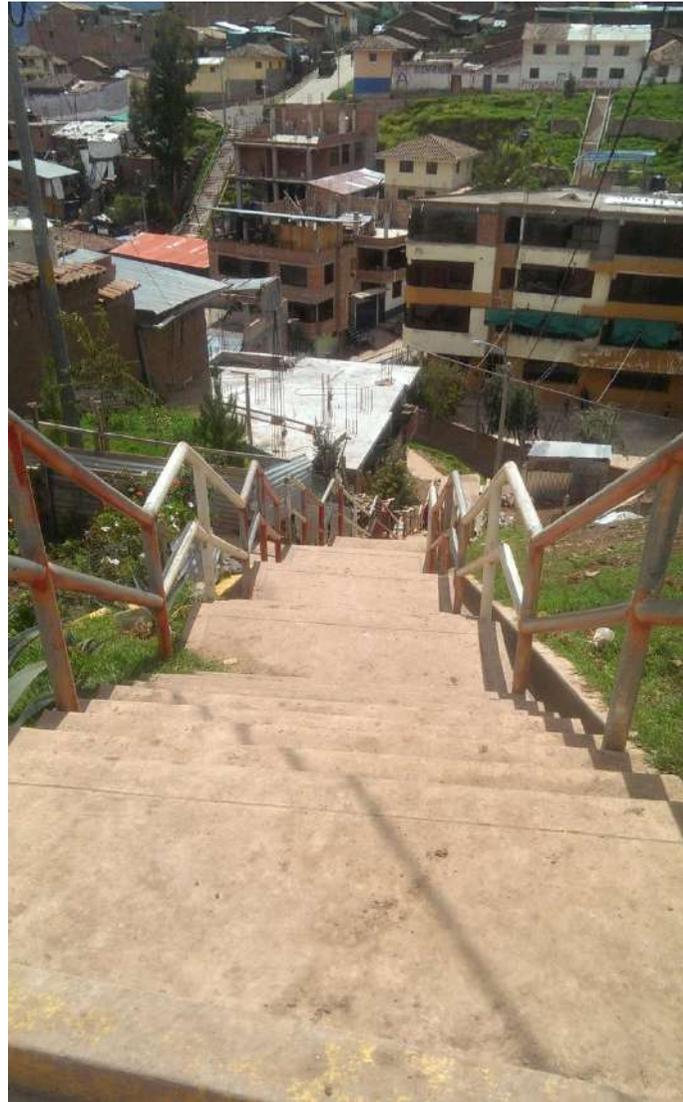


Figura N° 39, 40 y 41. La ciudad del Cusco. Escalinatas con diseños irregulares, rectas, sin barandas y peligrosas. Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 42 y 43. La ciudad del Cusco. Debido a la elevada pendiente, la escalinata representa la una infraestructura vital para el desplazamiento de muchos barrios. Fuente: Elaboración propia.

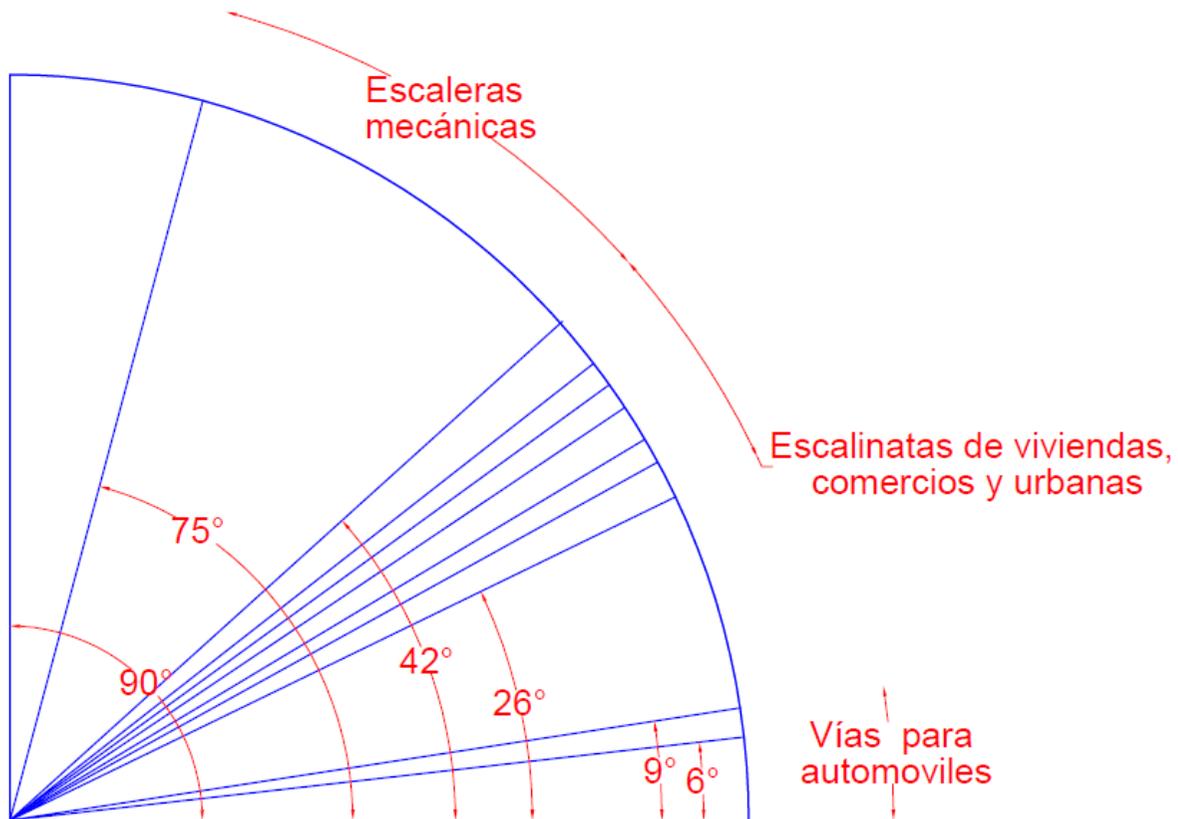


Figura N° 44. Grados de inclinación permitidos por el automotor y por las escalinatas. Fuente: Elaboración propia a partir de Ohnari (2011).

4.3. Síntesis y análisis sobre la discusión de las variables propuestas

A fin de medir la movilidad pedestre en la ciudad del Cusco, es decir la facilidad de desplazamiento a pie, se propone un modelo que explique la generación de viajes a pie a partir de elementos del ambiente construido para el peatón. Por ello, es necesario determinar cuáles son las variables incidentes. En la revisión bibliográfica se propone a la distancia, la densidad poblacional, diversidad de usos, etc. como variables, a ellas se les adiciona variables más adecuadas a la realidad de la ciudad, caso de estudio. En consecuencia, la presente tesis busca establecer la relación entre las variables del ambiente construido (variables independientes) y el número de viajes realizados a pie (variable dependiente) para el caso del Cusco. Adicionalmente, la tarea de medir la movilidad pedestre a través de la generación de viajes a pie, enfrenta una serie de obstáculos, particularmente en el acceso o generación de información, en el Perú en general y en la ciudad del Cusco en particular. El problema se agrava al no contar con una política de datos abiertos. Además, existe otra gran limitante que es la topografía, factor que ha sido obviado al momento de desarrollar metodologías de medición de la accesibilidad a través de la caminata (Pereira, Vale, & Saraiva, 2016). Este factor, ausente en inmensa mayoría de estudios sobre accesibilidad o movilidad pedestre es considerado en la presente tesis a través de dos variables, la *diferencia de altura* y la *conectividad por escalinatas*. En el próximo capítulo se procede a la confección del modelo de generación de viajes a pie, ampliando sobre la forma como se recolecto los datos y los resultados de las mediciones hechas en campo y gabinete.

5. Formulación de modelos de generación de viajes a pie

Al momento de desarrollar un modelo de generación de viajes a pie, se debe tener en cuenta la disponibilidad de datos e información, así como la capacidad de autogenerarlas. La información con respecto a la movilidad pedestre ha sido tradicionalmente esquiva a los investigadores, y no es diferente en el caso de la ciudad del Cusco. En consecuencia, para el presente estudio se tuvo en cuenta el propósito, los límites de presupuesto, tiempo y condiciones locales a fin de seleccionar las herramientas idóneas.

Como se mencionó previamente, el libro de Gehl & Svarre (2013) propone herramientas, lineamientos y recomendaciones para el estudio de los desplazamientos peatonales, y antes de ello sugiere delimitar un área de estudio teniendo en cuenta el contexto, las características topográficas, culturales y climáticas. En efecto, la información utilizada para la presente investigación es producto de la observación en campo, del trabajo a través de SIG y de los cálculos realizados en el software Excel. Las observaciones se realizaron durante los días hábiles y no lluviosos, entre las 7 AM y las 8 AM, correspondiente a la hora pico. Los datos producto de la observación generaron las variables dependientes e independientes estudiadas y analizadas en esta tesis.

5.1. Área de estudio y metodología ajustada a la investigación

Para realizar los conteos se eligió recortes espaciales que cumplan las siguientes condiciones: que sean periféricos, que tengan topografía montañosa y que por ellos transiten al menos una línea de transporte público. Por otra parte, cada recorte corresponde al área de influencia de un paradero de buses cuyos límites se elaboraron en función a las distancias caminables y límites físicos. Las observaciones se realizaron en la parte occidental de la ciudad, pues cuenta con mayor número de barrios asentados en zonas con elevada pendiente.

El estudio fue realizado a través del conteo de peatones observados en barrios periféricos y montañosos, quienes transitaban por el área de influencia de un paradero de bus, por medio de la observación se contabilizó a los peatones que optan por abordar el bus y a los que continúan su camino. Se realizó observaciones en 36 paraderos, ver figura N° 45. La selección de barrios periféricos y montañosos obedece al supuesto de que la inmensa mayoría de sus habitantes se ven obligados a descender desde los bordes urbanos hacia las centralidades para realizar viajes utilitarios (es decir, trabajo o estudio), de esa forma, el conteo de peatones se ajusta a la realidad, en el sentido de que estos habitantes solo pueden ir en un sentido, y no en el inverso, pues no hay más ciudad (ambiente urbano construido) después de los bordes. Es así que se captura a través de la observación la casi totalidad de desplazamientos utilitarios, mayoritarios en la hora pico (figura N° 46).

En consecuencia, se contó el número de peatones que se detienen en el paradero de buses a fin de tomar este modo de transporte y el número de los que continuaron caminando. Los conteos se hicieron en intervalos de entre 5 minutos y 10 minutos aproximadamente dentro de la hora pico. Los conteos realizados corresponden a la variable Y, dependiente o explicada.

Por otra parte, se tuvo en cuenta que los peatones tienden a tomar el camino más corto posible, también denominado como senderos informales (Sustainable Urban Transport Project, 2014), que pueden ser estudiados a través de fotos satelitales. Sin embargo, para el caso de la presente investigación, la tendencia a tomar caminos más cortos se manifiesta en elección de las escalinatas, pues estas acortan los tramos, y tienen la naturaleza de atajo.

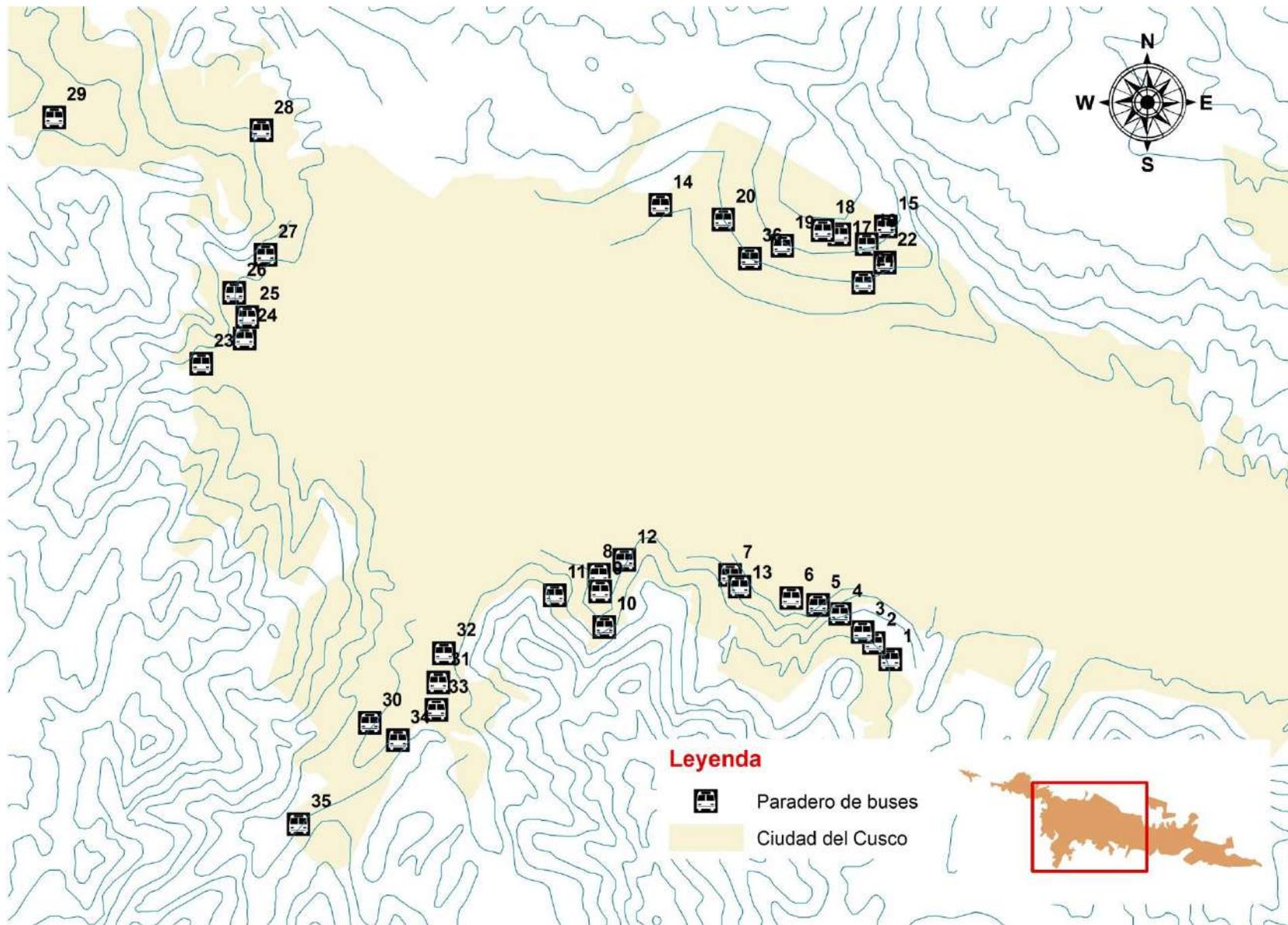


Figura N° 45.
Sector oeste de
la ciudad de
Cusco.
Ubicación de los
36 paraderos
observados.
Fuente:
Elaboración
propia.

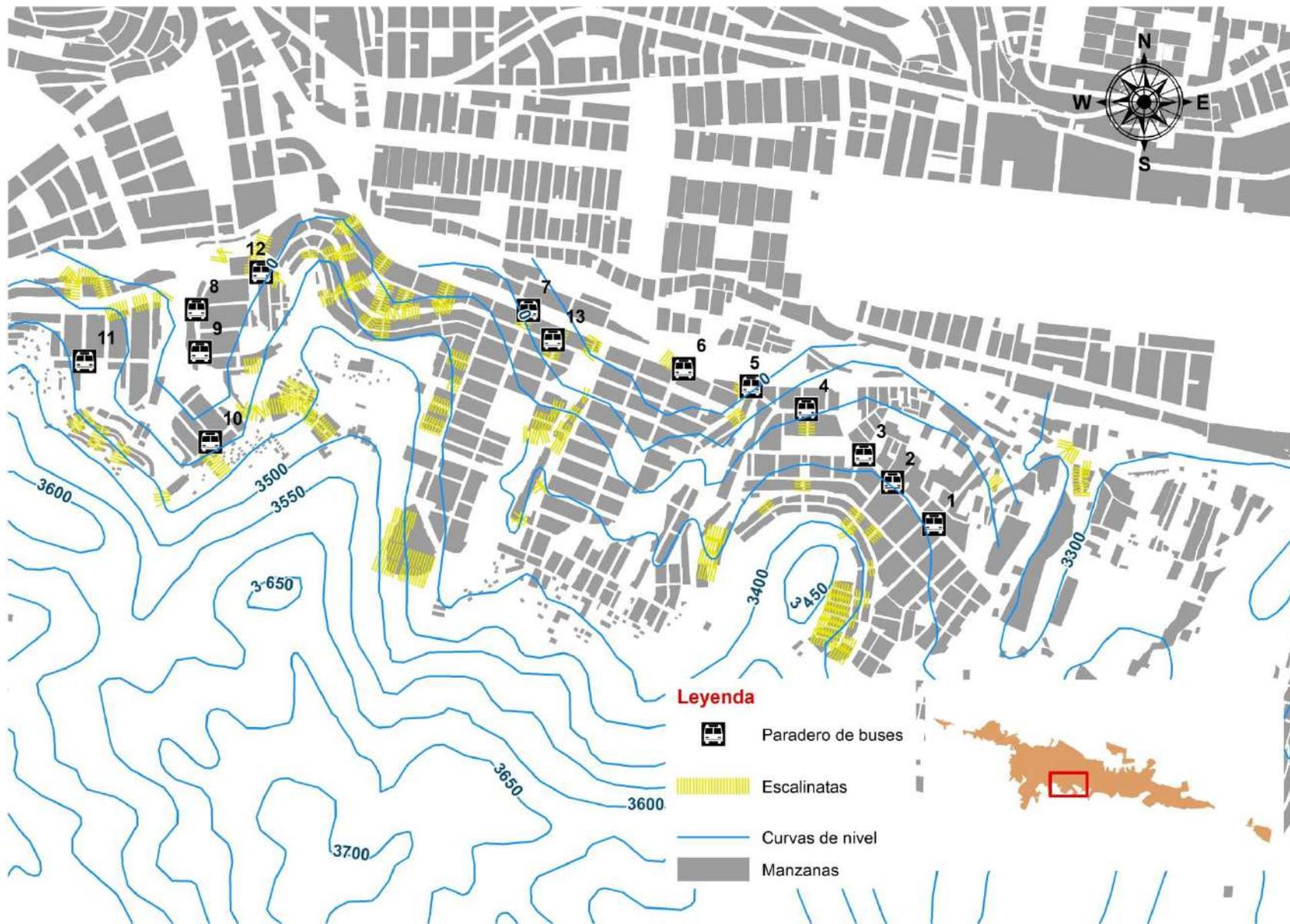


Figura N° 46. Sector oeste de la ciudad de Cusco. Área observada, con detalles de la topografía, escalinatas y los 36 paraderos de buses observados. Fuente: Elaboración propia.

5.2. Variable dependiente, toma de datos para los conteos y descripción.

Existen diversas formas de abordar los conteos, un informe realizado por el gobierno de California, sugiere elegir intersecciones o hacerlo a media cuadra y haciendo uso de una línea imaginaria (The Southern California Association of Governments, 2013). Adicionalmente, al momento de realizar los conteos, se debe diferenciar los tipos de peatones, en adultos, niños y estudiantes. Para el caso de estudio de la presente tesis, se realizó el conteo de peatones diferenciándolos en dos tipos, los adultos y los estudiantes. Esta decisión responde a dos razones. La primera razón es la factibilidad de hacer dicha separación de forma visual, ya que en el Perú, los estudiantes de escuelas públicas y privadas usan obligatoriamente un uniforme, facilitando así su observación. La segunda razón, es debido a que la variable "presencia de estudiantes en el hogar" es determinante y tiene un impacto decisivo en la generación de viajes a pie, como se manifiesta en el estudio de investigación de Riera (2012). Así que es importante aislar ese tipo de observación de afín de analizarlo por separado. Como ya se mencionó antes, los días de relevo de las observaciones fueron días hábiles, entre las 7 AM y las 8 AM, en la figura N° 47, se puede observar la vista panorámica de un sector de estudio. Los resultados de los conteos fueron expresados en peatones minuto o pasajeros de bus por minuto (a fin facilitar su manejo en una misma unidad de tiempo) y estos corresponden a las variables dependientes, Y, (ver figura N° 48).



Figura N° 47. Oeste de la ciudad del Cusco. Vista panorámica de un sector de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Observación	Tiempo de Observación (minutos)	Número de personas que optan el BUS					Número de personas que optan CAMINAR					% peatones del total de viajes
		Adultos	Adultos/minuto	Estudiantes	Estudiantes/minutos	Pasajeros Bus/minuto	Adultos	Adultos/minuto	Estudiantes	Estudiantes/minutos	Peatones/minuto	
1	7	9,00	1,29	7,00	1,00	2,29	3,00	0,43	4,00	0,57	1,00	0,30
2	9	20,00	2,22	11,00	1,22	3,44	5,00	0,56	7,00	0,78	1,33	0,28
3	6	12,00	2,00	5,00	0,83	2,83	7,00	1,17	10,00	1,67	2,83	0,50
4	6	9,00	1,50	2,00	0,33	1,83	4,00	0,67	5,00	0,83	1,50	0,45
5	5	6,00	1,20	2,00	0,40	1,60	6,00	1,20	1,00	0,20	1,40	0,47
6	6	10,00	1,67	2,00	0,33	2,00	7,00	1,17	3,00	0,50	1,67	0,45
7	6	11,00	1,83	5,00	0,83	2,67	15,00	2,50	6,00	1,00	3,50	0,57
8	7	4,00	0,57	3,00	0,43	1,00	7,00	1,00	1,00	0,14	1,14	0,53
9	8	8,00	1,00	10,00	1,25	2,25	9,00	1,13	11,00	1,38	2,50	0,53
10	3	1,00	0,33	4,00	1,33	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	6	8,00	1,33	12,00	2,00	3,33	2,00	0,33	2,00	0,33	0,67	0,17
12	7	5,00	0,71	2,00	0,29	1,00	10,00	1,43	3,00	0,43	1,86	0,65
13	7	8,00	1,14	1,00	0,14	1,29	9,00	1,29	6,00	0,86	2,14	0,63
14	7	6,00	0,86	7,00	1,00	1,86	4,00	0,57	6,00	0,86	1,43	0,43
15	6	4,00	0,67	5,00	0,83	1,50	0,00	0,00	3,00	0,50	0,50	0,25
16	5	3,00	0,60	4,00	0,80	1,40	2,00	0,40	4,00	0,80	1,20	0,46
17	6	1,00	0,17	0,00	0,00	0,17	1,00	0,17	2,00	0,33	0,50	0,75
18	5	4,00	0,80	4,00	0,80	1,60	4,00	0,80	8,00	1,60	2,40	0,60
19	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	1,00	4,00	1,33	2,33	1,00
20	6	5,00	0,83	3,00	0,50	1,33	4,00	0,67	2,00	0,33	1,00	0,43
21	5	6,00	1,20	0,00	0,00	1,20	2,00	0,40	2,00	0,40	0,80	0,40
22	5	6,00	1,20	0,00	0,00	1,20	2,00	0,40	1,00	0,20	0,60	0,33
23	8	7,00	0,88	12,00	1,50	2,38	4,00	0,50	6,00	0,75	1,25	0,34
24	5	4,00	0,80	2,00	0,40	1,20	3,00	0,60	2,00	0,40	1,00	0,45
25	6	13,00	2,17	6,00	1,00	3,17	5,00	0,83	6,00	1,00	1,83	0,37
26	9	34,00	3,78	33,00	3,67	7,44	10,00	1,11	1,00	0,11	1,22	0,14
27	8	11,00	1,38	24,00	3,00	4,38	3,00	0,38	1,00	0,13	0,50	0,10
28	6	6,00	1,00	1,00	0,17	1,17	5,00	0,83	5,00	0,83	1,67	0,59
29	8	25,00	3,13	21,00	2,63	5,75	2,00	0,25	1,00	0,13	0,38	0,06
30	7	6,00	0,86	16,00	2,29	3,14	3,00	0,43	1,00	0,14	0,57	0,15
31	8	20,00	2,50	18,00	2,25	4,75	10,00	1,25	13,00	1,63	2,88	0,38
32	4	4,00	1,00	3,00	0,75	1,75	4,00	1,00	7,00	1,75	2,75	0,61
33	4	10,00	2,50	7,00	1,75	4,25	7,00	1,75	8,00	2,00	3,75	0,47
34	5	15,00	3,00	11,00	2,20	5,20	2,00	0,40	2,00	0,40	0,80	0,13
35	6	9,00	1,50	4,00	0,67	2,17	1,00	0,17	1,00	0,17	0,33	0,13
36	15	13,00	0,87	4,00	0,27	1,13	14,00	0,93	6,00	0,40	1,33	0,54

Figura N° 48.
 Censos de peatones y pasajeros de bus expresados en minutos. Corresponden a la variable dependiente Y. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Variables independientes, toma de datos y descripción

Se abordó la estimación de las variables generadoras de viajes pedestres desde un modelo matemático, con el fin de detectar la efectiva correlación entre las variables dependientes e independientes (Dubrosky, Raño, & Rapell, 2012). Es decir, se buscó saber si las variables propuestas tenían relación entre sí, y cuan significativa era esta relación. En ese sentido, se construyó una matriz de pesos espaciales (ecuación 1) para luego proceder a las estimaciones. La especificación se aborda de la siguiente forma:

$$Y = \alpha + \rho x_1 + Wx_2 + \dots + \beta x_n \quad \dots\dots\text{ecuación (1)}$$

Donde, en la ecuación (1), Y es un vector, que representa el conteo de peatones en un periodo de tiempo determinado, es decir la variable dependiente, α es la constante y x_1, x_2, \dots, x_n , son las variables independientes propuestas. Asimismo, en capítulos previos se describió la pertinencia y la factibilidad de las variables a ser utilizadas en el modelo, a continuación se enumerara las variables independientes seleccionadas (ver figura N° 49), así como la forma en que fueron halladas, la variable dependiente y sus valores se detallaron en el subcapítulo previo. Los datos son productos de la observación, de fuentes de datos oficiales y de medición de distancias y áreas en el SIG, (Figuras N° 50, 51, 52, 53 y 54).

Variable independientes	Descripción
Conectividad Vial	= Longitud de la calle / número de nodos o intersecciones
Diferencia de altura	= Altura paradero de buses - Altura promedio de la ciudad
Conectividad escalinata	= Número de escalinatas que concurren / número de vías que concurren
Accesibilidad Empresas de Transporte Público	= Número de empresas que pasan por el paradero de Buses
Frecuencia de Buses	= Tiempo en llegada entre un bus y el siguiente (En minutos)
Distancia al centro 1	= Distancia euclidiana al centro principal
Distancia al centro 2	= Distancia euclidiana al centro secundario
Distancia avenida cultura	= Distancia euclidiana a la vía más usada de la ciudad
Accesibilidad educación	= Número de escuelas públicas y privadas dentro de un radio de influencia de 500 metros
Diversidad de usos del suelo	= Número de equipamiento urbanos diferentes dentro de un radio de influencia de 500 metros
Área ocupada	= Área ocupada / área total del radio de influencia de los paraderos

Figura N° 49. Definición de variables dependientes. Elaboración propia.

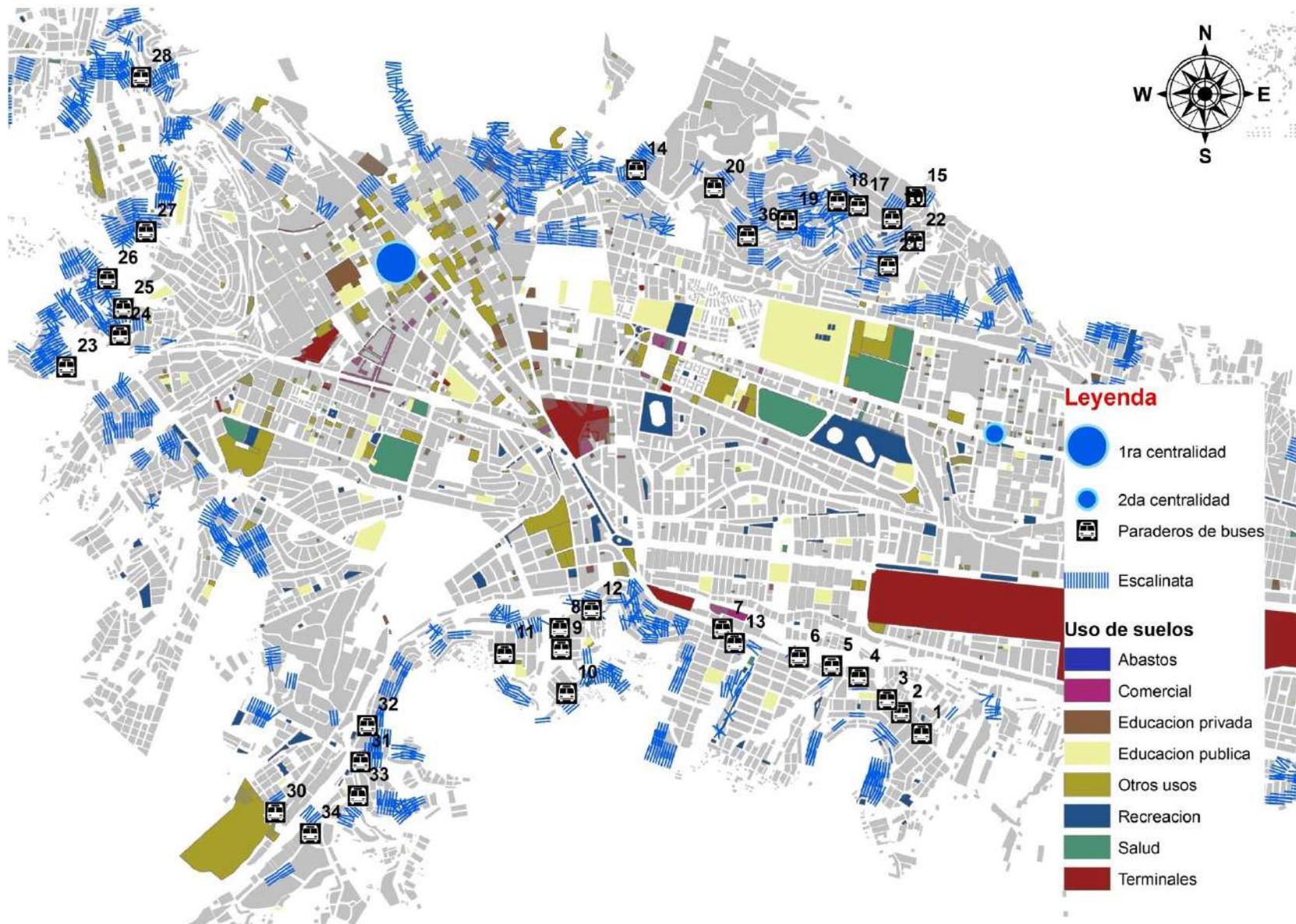


Figura N° 50.
Observaciones y la variable diversidad de usos del suelo.
Fuente:
Elaboración propia.

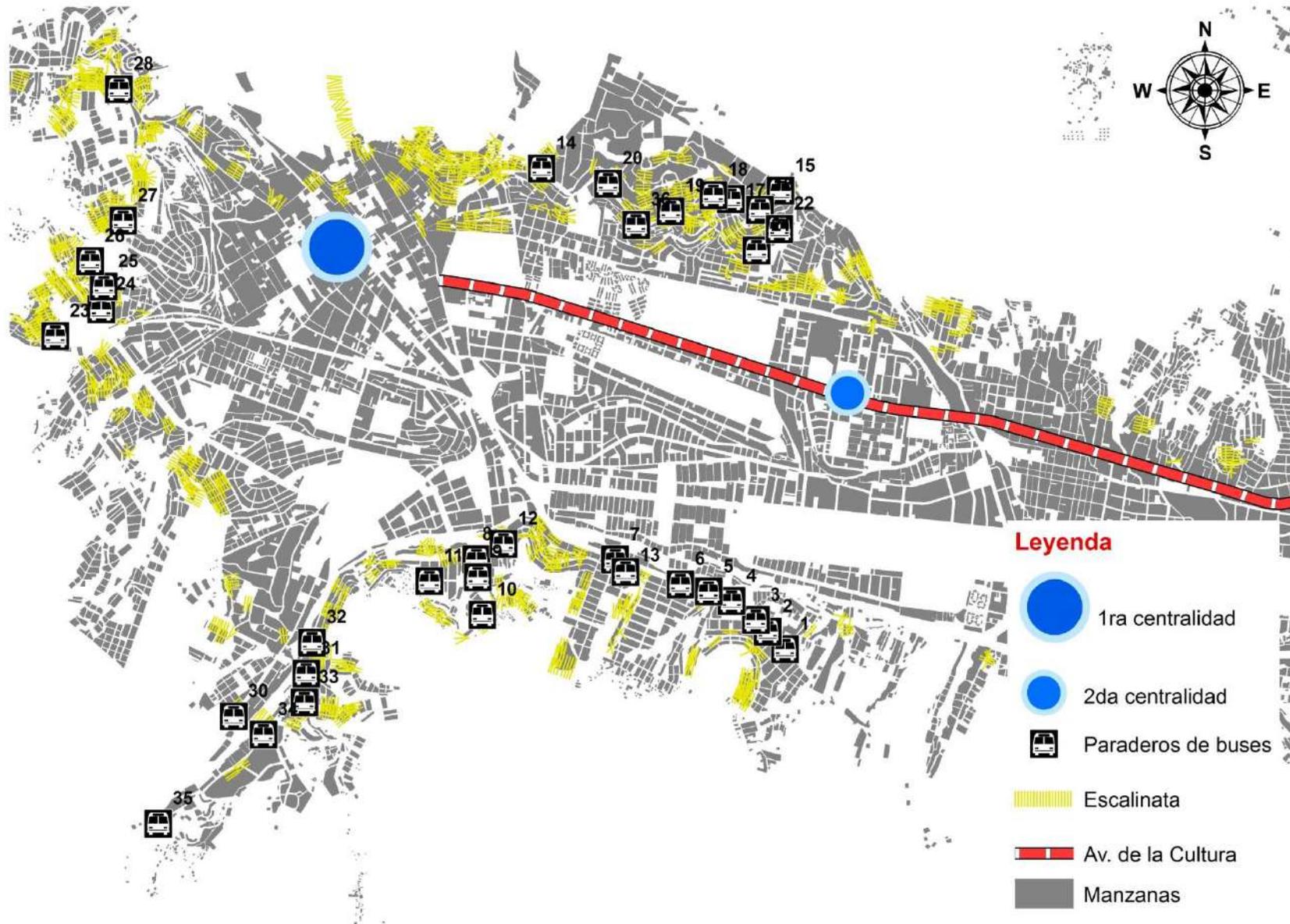


Figura N° 51. Observaciones y las variables de distancias a las centralidades y la principal vía de la ciudad, la avenida de la cultura. Fuente: Elaboración propia.

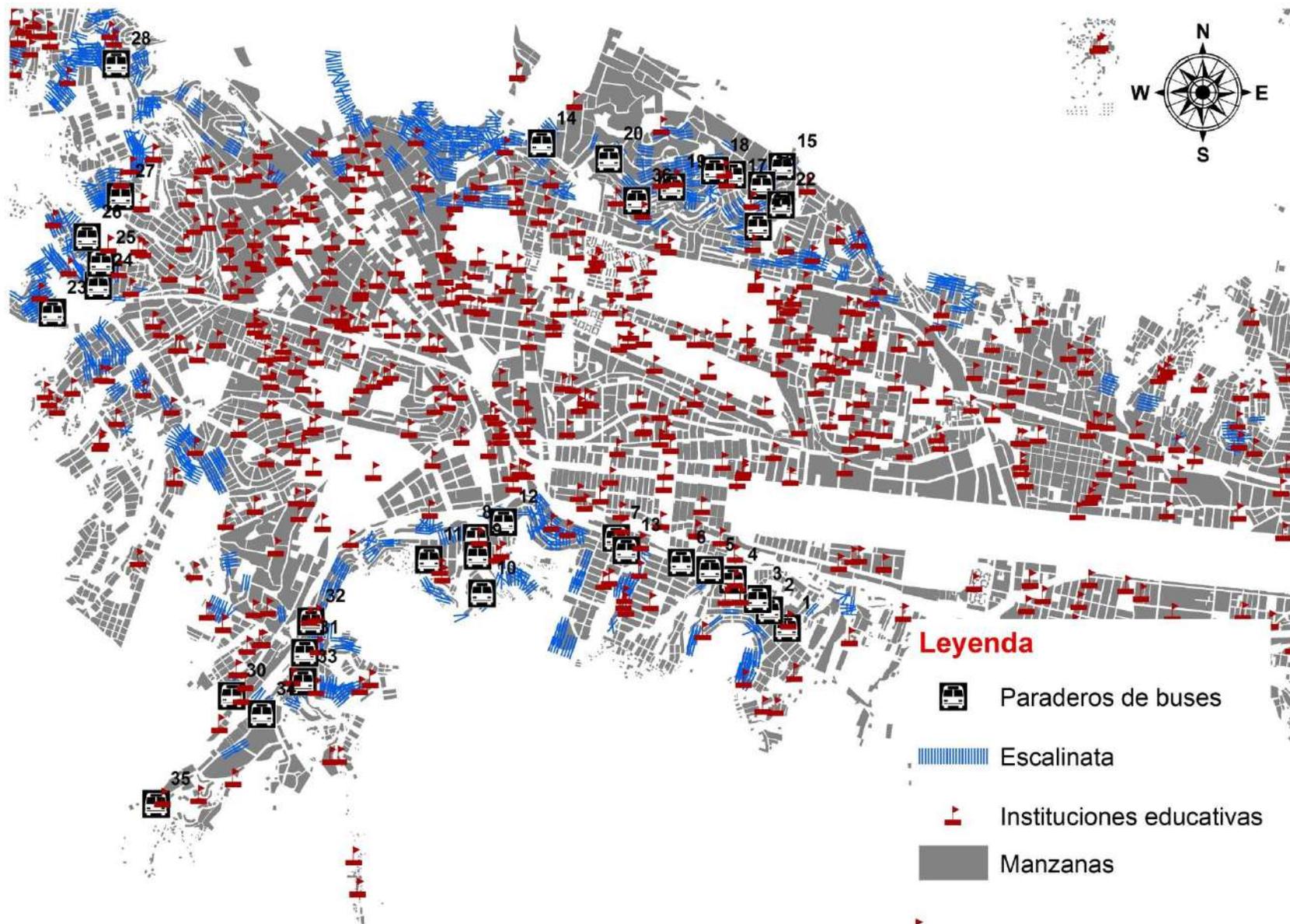


Figura N° 52.
 Observaciones
 y la variable de
 accesibilidad a
 la educación.
 Fuente:
 Elaboración
 propia.

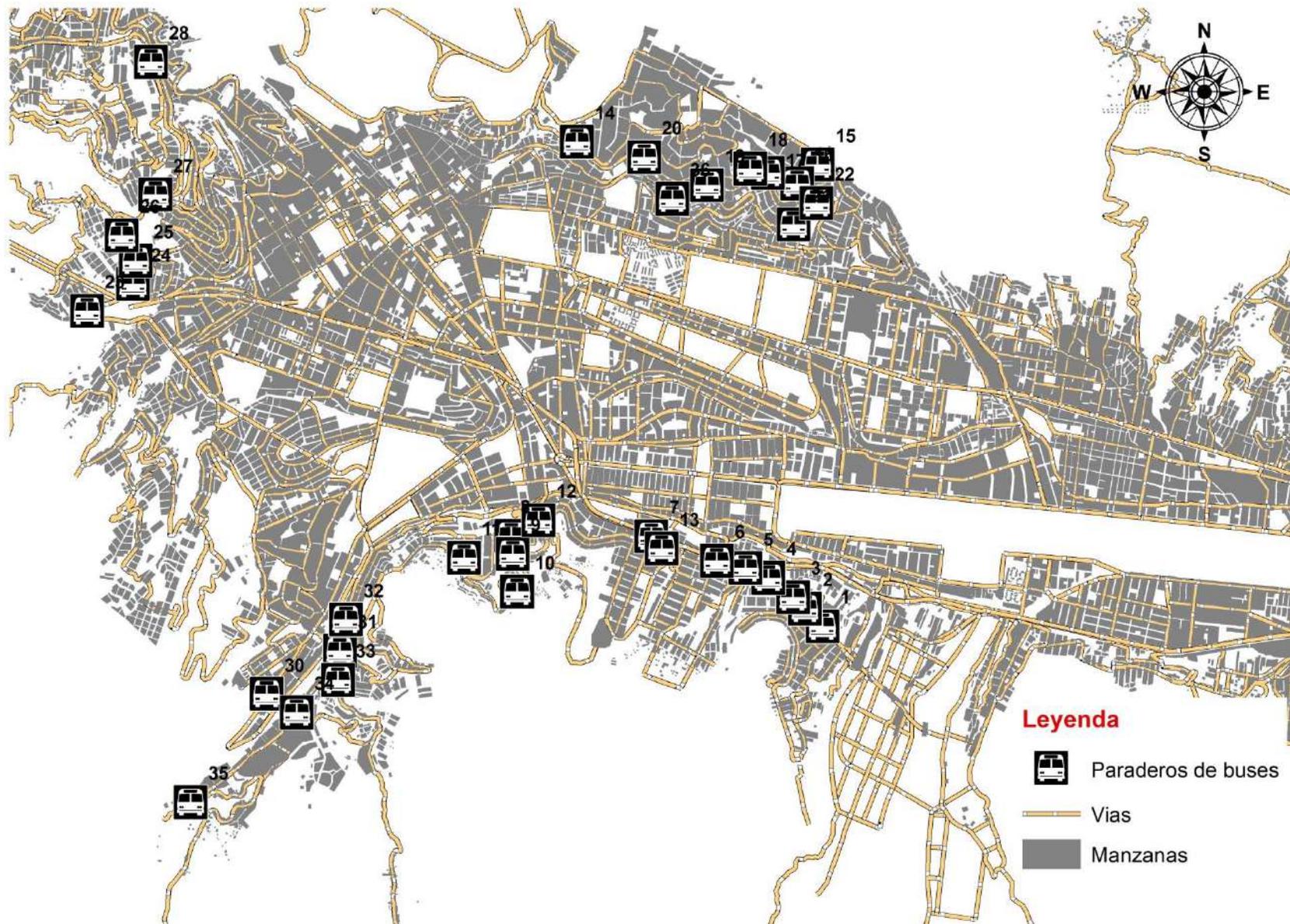


Figura N° 53.
Observaciones
y la variable
conectividad
vial. Fuente:
Elaboración
propia.

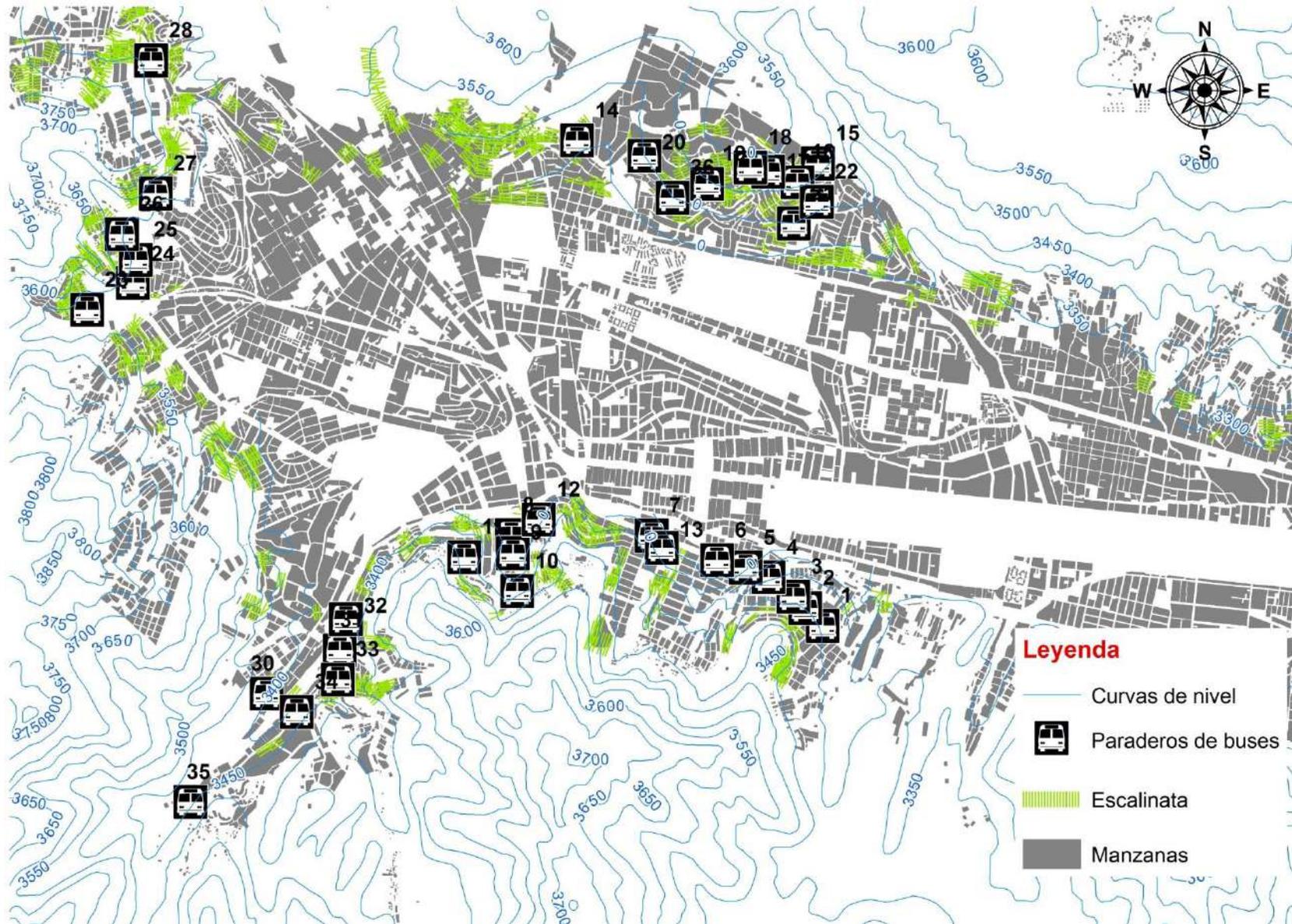


Figura N° 54. Observaciones y las variables de conectividad por escalinata y diferencia de altura. Fuente: Elaboración propia.

5.4. Síntesis y análisis del modelo de generación de viajes a pie

Para formular un modelo de generación de viajes a pie que sea representativo de la movilidad en la ciudad del Cusco se pusieron a prueba distintas variables de ambiente construido, teniendo en cuenta la factibilidad y las limitaciones para su producción. Según la bibliografía consultada -Apparicio, Abdelmajid, Riva & Shearmur, 2014; Pereira, Vale & Saraiva, 2016-, la distancia es un elemento fundamental para la elección modal de transporte y en la presente tesis está representada a través de tres variables: la distancia a la primera centralidad, la distancia a la segunda centralidad y la distancia a la avenida de la Cultura. La diversidad de usos del suelos, el acceso a la educación y el área ocupada también resultan variables influyentes (Cervero, 2009). La particularidad del estudio radica en las variables de carácter topográfico, es decir: conectividad por escalinata y diferencia de alturas. Adicionalmente, se proponen variables más cercanas a la movilidad motorizada: la conectividad vial, accesibilidad Empresas de transporte público y la frecuencia de buses, a fin de explorar si verdaderamente la inversión en infraestructura vial y el aumento de las tasas de motorización inciden positivamente en los viajes motorizados, y por consecuencia negativamente en los pedestres.

Entonces, las variables propuestas buscarán dar explicación a los viajes pedestres, que serán medidos en peatones observados por minuto. A partir de ahí, se determinará si efectivamente las variables utilizadas tienen un efecto significativo en la caminata, o por el contrario, son variables con escaso impacto. El próximo capítulo se enfocará en el análisis de la movilidad pedestre en la ciudad del Cusco, apoyado en los resultados del modelo matemático propuesto, así como en las reflexiones producto de la observación.

6. Resultados y análisis de la información producida

A lo largo del desarrollo de esta tesis se ha hecho mención a estudios sobre generación de viajes a pie en diferentes partes del mundo. Además, se ha descrito y analizado el transporte y movilidad pedestre de la ciudad del Cusco. Estos dos elementos condujeron al autor de esta tesis a proponer un modelo de generación de viajes a pie en función de variables del ambiente construido de la ciudad del Cusco.

En este capítulo se aborda inicialmente los resultados del modelo de regresión lineal propuesto y posteriormente se realiza un análisis integral, que incluirá los resultados estadísticos del modelo propuesto conjuntamente con la reflexión producto de la bibliografía estudiada y la observación del trabajo en campo.

6.1. Resultados del modelo de regresión lineal

Como se mencionó previamente, se tomaron 36 observaciones, en 36 paraderos de barrios periféricos, montañosos y muchos de ellos con presencia de escalinatas. En cada punto de observación, se realizaron conteos de personas que optaban por el modo de transporte en bus o el modo pedestre. Cada conteo en el punto de observación fue sometido a una regresión lineal junto a 11 variables independientes, cuyo diseño y justificación fueron detalladas en capítulos previos. A continuación se describe las variables usadas en el modelo. En la figura N° 55 se detalla la información recolectada a través de los conteos peatonales y de los cálculos realizados con los softwares de SIG y Excel.

- **Variable dependiente (viajes a pie):**

- *Número de peatones por minuto*

- **Variable independiente (ambiente construido) :**

- *Distancia a la primera centralidad*

- *Distancia a la segunda centralidad*

- *Distancia a la Av. de la Cultura*

- *Accesibilidad Empresas de Transporte Público*

- *Accesibilidad educación*

- *Diversidad de usos del suelo*

- *Área ocupada*

- *La frecuencia de buses*

- *Diferencia de alturas*

- *Conectividad Escalinata*

- *La conectividad vial*

Variables dependientes	Variables independientes										
Peatones / minuto	Diferencia de altura	Conectividad vial	Conectividad escalinata	Accesibilidad de empresas de transporte público	Frecuencia de buses	Distancia al centro 1	Distancia al centro 2	Distancia a la Av. de la Cultura	Accesibilidad educación	Diversidad de uso de suelos	Área Ocupada
1,00	25	3	0	3	5	3956	1720,35674	1688,08064	10	3	0,5853428
1,33	32	2	0	3	5	3795	1642,871	1613,33704	10	4	0,4692334
2,83	27	3	0	3	5	3686	1600,57724	1566,88273	9	4	0,4674076
1,50	7	3	0,33	3	5	3484	1557,86749	1497,99257	10	4	0,504826
1,40	1	4	0,25	3	5	3328	1586,42211	1485,38215	20	5	0,3230242
1,67	4	3	0,33	3	5	3160	1665,24643	1496,59726	26	6	0,5070675
3,50	10	3	1	3	5	2746	1880,11072	1474,01429	26	6	0,3002597
1,14	45	2	0	1	8	2235	2681,93571	1744,88878	10	4	0,2786354
2,50	53	4	0,33	1	8	2345	2722,75835	1853,46367	6	4	0,3739029
0,00	76	3	0,33	1	8	2583	2814,58972	2079,5222	5	3	0,3376559
0,67	91	2	0	1	8	2262	3022,77658	1948,6777	6	3	0,3929564
1,86	54	4	0,5	1	8	2226	2476,99967	1595,37987	23	5	0,4636198
2,14	19	2	1	1	8	2851	1874,62656	1530,61857	25	6	0,3691826
1,43	180	4	1	2	8	1449	2498,21461	831,010679	11	2	0,5594495
0,50	184	3	0,67	2	8	2955	1391,83421	1148,92505	5	3	0,6456173
1,20	180	1	0	2	8	2808	1330,02966	992,379331	8	4	0,8686186
0,50	171	2	0,5	2	8	2625	1481,92245	1000,40393	8	3	0,5835954
2,40	170	5	0,8	2	8	2513	1567,90298	990,851902	7	3	0,7239118
2,33	143	1	1	2	8	2220	1666,02894	804,901341	11	1	0,642148
1,00	153	2	0,5	2	8	1841	2091,94115	855,770425	10	2	0,2687126
0,80	104	3	0,67	2	8	2774	1108,89733	731,507893	14	5	0,4230453
0,60	125	3	0,67	2	8	2928	1161,542	909,862895	10	4	0,3261535
1,25	191	2	1	3	5	1949	5249,20658	2560,00786	3	3	0,4655388
1,00	194	3	0,67	4	5	1610	4964,26502	2240,08454	13	3	0,3438662
1,83	204	4	0,75	4	5	1562	4965,07738	2214,46153	12	3	0,3486845
1,22	220	3	0,67	4	5	1634	5080,41714	2308,41595	12	3	0,4003115
0,50	251	4	0,5	4	5	1422	4917,49631	2121,36197	15	3	0,5546562
1,67	281	2	1	3	5	1773	5208,71281	2455,71953	8	3	0,5333863
0,38	357	4	0,25	4	5	3102	6601,35013	3808,39312	8	1	0,4943013
0,57	82	3	0,33	1	6	3135	4572,74615	3150,20071	10	3	0,3435263
2,88	57	4	0,25	4	5	2788	4018,42525	2709,4934	17	2	0,4018999
2,75	48	1	0	4	5	2583	3894,44883	2505,40978	13	2	0,5515343
3,75	59	2	0,5	4	5	2977	4118,92689	2892,65679	16	3	0,3188171
0,80	88	2	0,5	4	5	3216	4457,61696	3181,22047	11	3	0,9766055
0,33	123	1	0	3	6	3941	5352,25417	3999,53792	2	1	1,0041822
1,33	121	4	0,5	3	8	1985	1776,69457	652,136833	12	3	0,5136217

Figura 55. Datos y variables para realizar la regresión.
Fuente: Elaboración propia.

6.1.1. Primera regresión

Se realizó una primera regresión lineal con todos los datos producidos y recolectados. Los resultados que se muestran en la figura N° 56 permiten apreciar el *coeficiente de correlación múltiple*, el cual indica el nivel de asociación entre las variables, en este caso 0,69, positiva y con tendencia lineal. Esto quiere decir que existe un 69% de probabilidad que las variables dependientes e independientes estén relacionadas. Por otro lado, el *Coeficiente de determinación R^2* describe el porcentaje de varianza explicada por las variables independientes, es decir en qué medida la variable Y está explicada por las variables Xs. Según Dubrosky, Raño, & Rapell (2012), en las ciencias sociales, donde se estudia el comportamientos de grupos, un *coeficiente de determinación R^2* de 0,4 puede ser aceptable, pues, si bien es cierto no explica todo el comportamiento, si deja claro que las variables Xs influyen en el resultado. En nuestro caso de estudio el resultado fue de 0,48. En suma, el modelo es coherente, existiendo relación entre la variable de viajes a pie y las variables de ambiente construido.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,694456616
Coeficiente de determinación R^2	0,482269992
R^2 ajustado	0,244977072
Error típico	0,802442777
Observaciones	36

Figura 56. Resultados de la primera regresión. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, otro modo de refrendar la validez del modelo se encuentra en el valor crítico de F, (también conocido como p value) que es una cifra que nos indica cual es la probabilidad que la *Variable Y*, variable dependiente, no tenga nada que ver con la *variables Xs*, independientes. Es decir, cuál es la probabilidad para rechazar la hipótesis estadística sobre la relación entre las variables dependientes e independientes. Algunos autores mencionan que la cifra tiene que ser menor a 0,1 para que la regresión sea considerada como significativa. Sin embargo por convencionalismo se acepta que el p value, o valor crítico de F, tiene que ser $< 0,05$, para ser considerado significativo. En el caso de esta primera regresión el valor crítico de F es de 0,07 (figura 57), está ligeramente por encima de los 0,05. Por lo que se hará una segunda regresión eliminando las variables menos significativas. Además, se verifico los supuestos de la regresión lineal múltiple: linealidad, independencia de los residuos, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad, sobre los cuales se puede observar de forma más precisa en el anexo N° 2 de esta tesis.

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	11	14,39548457	1,308680415	2,032382557	0,07095628
Residuos	24	15,45394584	0,64391441		
Total	35	29,84943041			

Figura 57. Análisis de la varianza y del valor crítico F, (P value). Fuente: Elaboración propia.

Para determinar cuáles son las variables significativas (dentro del modelo matemático) se aplicaron métodos estadísticos que fueron ampliados y precisados en el anexo N° 2. Del modelo de generación de viajes se desprendió que solo 4 de las 11 variables son significativas, y estas son:

- Conectividad Escalinata
- Distancia al centro 1
- Distancia al centro 2
- Distancia a la Av. De la Cultura

En suma, los resultados de la primera regresión lineal del modelo de generación de viajes a pie demuestran que es coherente, existiendo relación aceptable entre los viajes a pie y las 11 variables de ambiente construido. Sin embargo, según el mismo modelo, solo 4 variables resultaron significativas, por lo que se realizará una segunda regresión a continuación, eliminando las variables menos significativas. El análisis pormenorizado de cada variable y de los resultados en generales se desarrolla en el anexo N° 2.

6.1.2. Segunda regresión

En la primera regresión los resultados fueron confrontados con mecanismos de control a fin de determinar su grado de influencia y pertinencia en el análisis, de esa manera se halló que ciertas variables no influían de forma importante en la generación de viajes a pie, es decir no eran significativas. En consecuencia, para esta segunda regresión se decidió eliminar las variables: *diferencia de Altura, conectividad Vial, accesibilidad educación y área Ocupada* con el objetivo de mejorar el modelo e incrementar el grado de correlación y significatividad entre las variables. La nueva tabla de datos de ingreso se detalla en la figura N° 58.

Variable dependiente	Variables independientes						
Peatones /minuto	Conectividad escalinata	Accesibilidad empresas de transporte publico	Frecuencia de buses	Distancia al centro 1	Distancia al centro 2	Distancia a la Av. de la Cultura	Diversidad de uso de suelos
1,00	0	3	5	3956	1720,35674	1688,08064	3
1,33	0	3	5	3795	1642,871	1613,33704	4
2,83	0	3	5	3686	1600,57724	1566,88273	4
1,50	0,33	3	5	3484	1557,86749	1497,99257	4
1,40	0,25	3	5	3328	1586,42211	1485,38215	5
1,67	0,33	3	5	3160	1665,24643	1496,59726	6
3,17	1	3	5	2746	1880,11072	1474,01429	6
1,14	0	1	8	2235	2681,93571	1744,88878	4
2,50	0,33	1	8	2345	2722,75835	1853,46367	4
0,00	0,33	1	8	2583	2814,58972	2079,5222	3
0,67	0	1	8	2262	3022,77658	1948,6777	3
1,86	0,5	1	8	2226	2476,99967	1595,37987	5
2,14	1	1	8	2851	1874,62656	1530,61857	6
1,29	1	2	8	1449	2498,21461	831,010679	2
0,50	0,67	2	8	2955	1391,83421	1148,92505	3
1,20	0	2	8	2808	1330,02966	992,379331	4
0,50	0,5	2	8	2625	1481,92245	1000,40393	3
2,40	0,8	2	8	2513	1567,90298	990,851902	3
2,33	1	2	8	2220	1666,02894	804,901341	1
1,00	0,5	2	8	1841	2091,94115	855,770425	2
0,60	0,67	2	8	2774	1108,89733	731,507893	5
0,60	0,67	2	8	2928	1161,542	909,862895	4
1,25	1	3	5	1949	5249,20658	2560,00786	3
1,00	0,67	4	5	1610	4964,26502	2240,08454	3
1,83	0,75	4	5	1562	4965,07738	2214,46153	3
1,22	0,67	4	5	1634	5080,41714	2308,41595	3
0,50	0,5	4	5	1422	4917,49631	2121,36197	3
1,50	1	3	5	1773	5208,71281	2455,71953	3
0,38	0,25	4	5	3102	6601,35013	3808,39312	1
0,57	0,33	1	6	3135	4572,74615	3150,20071	3
2,88	0,25	4	5	2788	4018,42525	2709,4934	2
2,75	0	4	5	2583	3894,44883	2505,40978	2
3,75	0,5	4	5	2977	4118,92689	2892,65679	3
0,80	0,5	4	5	3216	4457,61696	3181,22047	3
0,33	0	3	6	3941	5352,25417	3999,53792	1
1,33	0,5	3	8	1985	1776,69457	652,136833	3

Figura 58. Datos y variables para realizar la segunda regresión, se ha eliminado las 4 variables menos significativas, a fin de mejorar el modelo de generación de viajes a pie. Fuente: Elaboración propia.

Para esta segunda regresión, el coeficiente de correlación múltiple, que nos indica el nivel de asociación entre las variables fue de 0,66, positiva y con tendencia lineal, ver figura N° 59, lo que significa un buen grado de correlación. Por otro lado el Coeficiente de determinación R^2 , que nos describe en qué medida la variable dependiente esta explicada por las variables independientes, en nuestro caso de estudio es de 0,44. Además, se verifico los supuestos de la regresión lineal múltiple: linealidad, independencia de los residuos, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad, sobre los cuales se puede observar de forma más precisa en el anexo N° 2 de esta tesis.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,659535
Coeficiente de determinación R^2	0,43498642
R^2 ajustado	0,29373303
Error típico	0,76330623
Observaciones	36

Figura 59. Resultados de la segunda regresión, con solo 7 variables.

Como se indicó antes, para este modelo se eliminó variables poco incidentes, y el valor crítico de F, (también conocido como p value), produjo una cifra de 0,016, que según los convencionalismos es adecuada, pues es menor a $< 0,05$. Entonces, el modelo es considerado como significativo y se rechaza la hipótesis nula. Lo que quiere decir que si existe relación entre los viajes a pie (variable dependiente) y el ambiente construido (las 7 variables independientes), ver figura N° 60.

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	7	12,5595032	1,794214742	3,079475873	0,015503831
Residuos	28	16,31381925	0,582636402		
Total	35	28,87332245			

Figura N° 60. Análisis de la varianza y del valor crítico F, (P value). Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de esta segunda regresión, las variables significativas son 5, (el método estadístico para determinar su significancia se precisa en el anexo N° 2) y se enumera a continuación:

- Conectividad Escalinata
- Frecuencia a buses
- Distancia al centro 1
- Distancia al centro 2
- Distancia a la Av. De la Cultura

En esta segunda regresión se logra un mejor coeficiente de correlación, así como un mejor valor crítico F (p value), por lo cual se puede decir que al eliminar las variables menos significativas se desarrolló un modelo con mejor desempeño. Además, de la comparación de los resultados de las variables significativas entre las 2 regresiones se confirma que las variables de tipo distancia son las más importantes, así como la variable de *conectividad escalinata*. Esto fue analizado en el capítulo 6.2 de esta tesis.

Las dos regresiones realizadas hasta esta parte, corresponden a modelos de viajes a pie. Sin embargo, también se recogió datos sobre el número de personas que optan por el modo de transporte por bus. Esta información fue sometida a un modelo de generación de viajes por bus. Lo anterior, con el fin de determinar cuáles son las variables que la influyen en que una persona opte por el bus antes que la caminata. Los resultados matemáticos se expresan y detallan en la segunda parte del anexo N°2, y señalan que las variables significativas son: la conectividad vial y la accesibilidad empresas de transporte público. Estos resultados son coherentes: a mayor inversión en infraestructura y operación vehicular, mayor será el número de personas que opten por este modo de transporte, en desmedro de otros modos de desplazamientos, como por ejemplo la caminata.

También, se realizó una regresión teniendo en cuenta solo los datos del número de estudiantes que optan por el transporte pedestre. En este caso los resultados no revelaron una clara relación. Entonces se asume que la condición de estudiante de un peatón no es significativa en la generación de viajes a pie en la ciudad del Cusco, a diferencia de otros estudios realizados en otras ciudades del mundo. Este resultado será analizado de forma más amplia en el subcapítulo a continuación.

6.2. Análisis integral de los resultados

Para un análisis adecuado sobre la movilidad pedestre en la ciudad del Cusco, se tomaron los productos matemáticos de las regresiones lineales ejecutadas en párrafos previos, junto a una interpretación reflexiva, proveniente de la bibliografía revisada y la lectura de los entornos estudiados. En las próximas líneas se procederá a presentar los principales resultados de esta tesis:

La ciudad del Cusco tiene potencial para que la caminata sea el principal modo de transporte

El Cusco es una ciudad relativamente densa, con aproximadamente 10.000 hab/km², es decir, existe un importante número de ciudadanos viviendo en un espacio relativamente reducido. Esta característica es producto de diversos factores, como por ejemplo: el efecto muralla que producen los sitios arqueológicos que rodean a la ciudad, también, las dimensiones, la diversidad y las distancias. En general, la ciudad del Cusco posee el potencial para que la caminata se constituya en el modo de transporte principal de desplazamiento, es necesario revalorarla y que el gobierno le preste mayor atención.

La ciudad del Cusco puede ser considerada como una ciudad lineal

En efecto, la ciudad mantiene una forma alargada, ello es producto de la ubicación geográfica de la ciudad, los sitios arqueológicos que la rodean y también de la infraestructura vial, que hace más de 100 años dejó el trazo del ferrocarril. La avenida de la cultura, actualmente la vía más transitada, es paralela al trazo del tren, conecta las dos centralidades, atraviesa casi todos los distritos y es el destino de muchos viajes, sean estos motorizados o no. Además, sobre esta vía se ubican diversos equipamientos y fuentes de empleo. Los resultados del modelo matemático confirman la importancia para la movilidad pedestre de la cercanía a la avenida de la cultura, y la reconocen como *significativa* y con el *signo positivo* esperado, pues a menor distancia de la avenida de la cultura, mayor la probabilidad que una persona opte por la caminata como modo de transporte para desplazarse (figura N° 61).

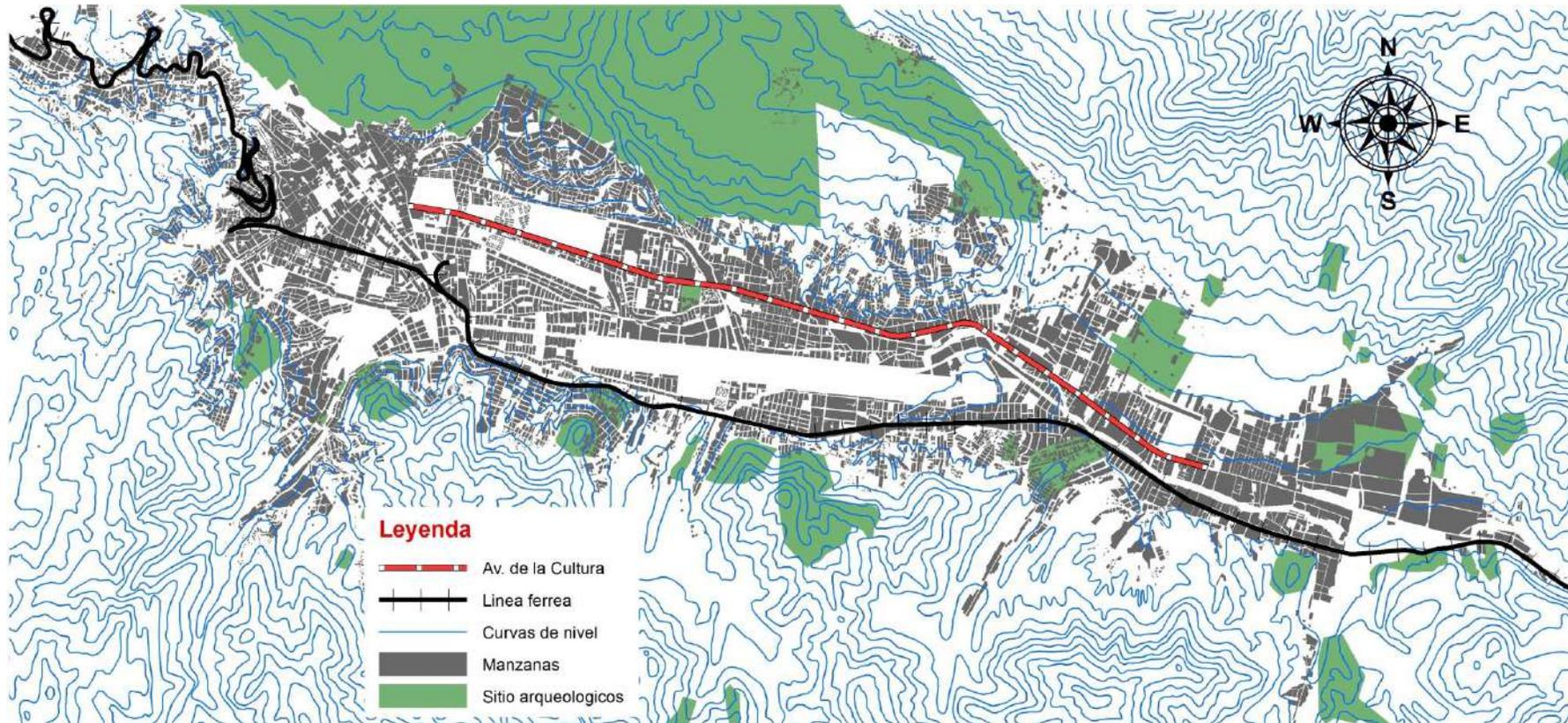


Figura N° 61. La ciudad lineal del Cusco. Fuente: Elaboración propia.

Las distancias y la concentración de equipamiento permiten optar por la caminata a una parte importante de los ciudadanos

La primera centralidad de la ciudad del Cusco concentra la mayoría y los principales equipamientos urbanos. Además, existe una segunda centralidad que también alberga, aunque en menor medida, importantes equipamientos urbanos. Estas dos centralidades, son el destino final de la mayoría de viajes realizados por razones utilitarias en un día hábil (Corporación Peruana de Ingenieros del Transporte, 2012). Diversos estudios exponen a la distancia como el principal factor de aliciente o disuasión para elegir a la caminata como modo de transporte por razones utilitarias y esa premisa fue confirmada a través del modelo de generación de viajes propuesto, pues la variables *Distancia al centro 1* y *distancia al centro 2* resultaron significativas (según los métodos de control estadístico) y sobretodo con el signo negativo esperado. Esto

último, nos señala que a mayor distancia a las centralidades, menor será la probabilidad que una persona opte por la caminata como modo de desplazamiento, es decir, a mayor distancia, mayores las probabilidades para que una persona elija del modo de transporte motorizado. En efecto, un peatón posee una velocidad promedio en entornos urbanos de 5 km/hora, y si una persona se encuentra a un radio de 2,5km y está dispuesto a caminar durante un tiempo estimado de 30 minutos, es muy probable que la persona opte por la caminata para alcanzar el destino anhelado, que en esta tesis es representada por las centralidades y el equipamiento urbano (figura N° 62).

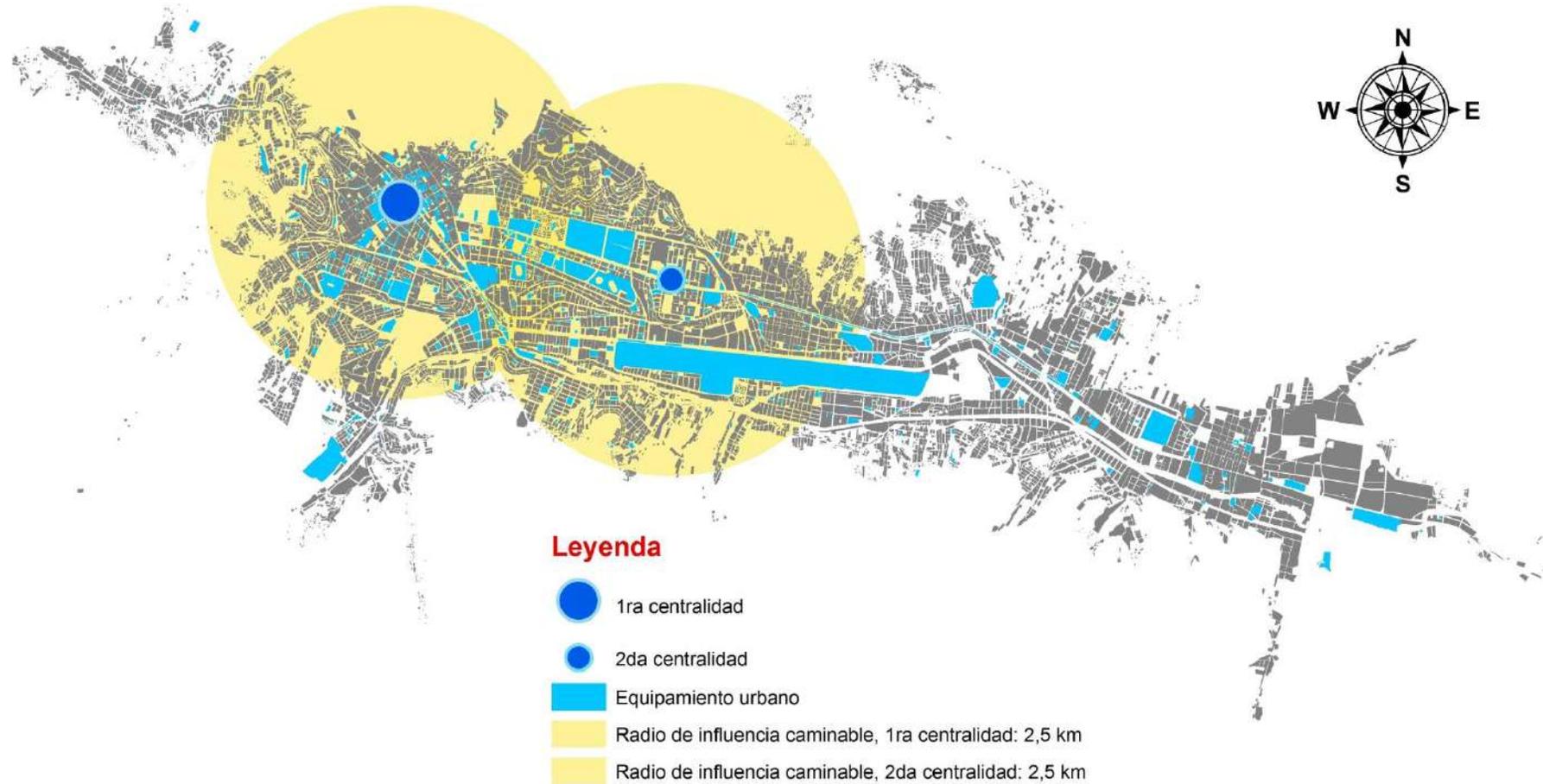


Figura N° 62. La ciudad del Cusco. Centralidades, concentración de equipamiento urbano y radios de 2,5km caminables. Fuente: Elaboración propia.

Las escalinatas son elementos fundamentales en la movilidad pedestre en la ciudad del Cusco

Sobre la movilidad pedestre, la ciudad del Cusco comparte una particularidad con otras ciudades asentadas en sectores de pendiente elevada, y esta es: la escalinata. Que es un dispositivo de desplazamiento a pie, el cual posee gran importancia y significancia en los barrios donde suele ser construido este tipo de infraestructuras. Por un lado, las escalinatas poseen un alto grado de simbolismo, pues estas se constituyen también en espacio público, libre del automotor, donde los vecinos interactúan. Adicionalmente, de acuerdo, al diseño, tamaño o importancia, la escalinata forma parte de la identidad del barrio. Sin embargo, también es síntoma de que una población o barrio es cautiva del modo de transporte pedestre, pues este tipo de infraestructura no admite el transporte motorizado o ciclable. El modelo matemático evaluó la importancia de este elemento a través de la modelización de la variable *conectividad escalinata*. Los resultados del modelo indicaron que su presencia es fundamental, el signo positivo fue el esperado, ya que a mayor número de escalinatas que concurren en un lugar determinado, mayor será la probabilidad de que una persona opte por la caminata.

La condición de estudiante no es determinante para optar por viajes pedestres

La bibliografía visitada sobre estudios de la movilidad pedestre en otros países incide en el hecho de que los estudiantes optan mayoritariamente por el modo de transporte pedestre. A pesar de ello, los resultados del modelo propuesto fueron inesperados, pues la variable de *accesibilidad a la educación* fue no significativa. La explicación podemos encontrarla en la particularidad del Perú y su sistema educativo público, el cual a pesar de tener amplia cobertura, se ha visto muy deteriorado las últimas décadas, propiciando que muchos padres y madres elijan para sus hijos e hijas a la escuela privada, muchas de ellas lo suficientemente alejadas para que la única forma de acceso desde las periferias sea a través del automotor.

La priorización de la movilidad motorizada incide negativamente en la pedestre

De la investigación empírica realizada a través del modelo de generación de viajes por bus, se constata que las variables *conectividad vial* y *accesibilidad empresas de transporte público* resultaron significativas y con el signo positivo esperado, lo cual quiere decir que: mientras mayor sea la inversión en vías vehiculares y automotores, mayor será el número de personas que elijan el modo de transporte motorizado. Los gobiernos locales y nacionales han enfocado la casi totalidad de su atención en el transporte motorizado, priorizando la construcción de infraestructura vehicular, alentando al mejoramiento de la operación vehicular y optimizando su desempeño. Todo ello, en detrimento de otras formas de transporte, como la caminata.

7. Conclusiones

Las conclusiones de esta tesis fueron organizadas en tres secciones. En la primera sección se presentan las limitaciones y dificultades encontradas en el desarrollo de esta tesis. En la segunda sección se comentan los principales hallazgos de la investigación. Finalmente, en la tercera, se describen y exploran las posibles futuras líneas de investigación.

7.1. Limitaciones y dificultades encontradas en el desarrollo de la investigación

La primera gran limitación a la cual se enfrentó la investigación, fue la recolección de información. En el Perú no existe una política de datos libres, por lo cual se tuvo que ir directamente a los gobiernos locales, ministerios y otras instituciones a fin de solicitar por escrito dicha información. Muchas de estas diligencias fueron estériles, pues los gobiernos locales, nunca proveyeron la información solicitada o si lo hicieron era la incorrecta.

Además, la autogeneración de información se tornó en un proceso largo y desgastante, por lo cual finalmente se tuvo que acotar la investigación a las zonas más pobladas y montañosas, es decir el sector occidental. Se georeferenció con especial cuidado las escalinatas y la presencia de equipamiento urbano en este sector. La falta de relevamiento de información sobre el sector oriental representa un debilitamiento en la investigación, no obstante, esta decisión se justifica a razón de que este sector, es el menos poblado, con menos elevaciones y muy pocas escalinatas.

Los estudios sobre la movilidad pedestre y el ambiente construido son escasos y exploratorios. Además, las pocas existentes se concentran en las variables socioeconómicas. Aún más escasos e inexistentes, hasta donde se puede revisar, son los estudios sobre las escalinatas como dispositivos de desplazamiento urbano. En ese sentido, se debió construir específicamente la variable *conectividad escalinatas* para la investigación presentada.

Por último, hay que señalar que los conteos son una herramienta simple y eficaz de recolección de información, sin embargo, la cobertura de conteos en 36 puntos de la ciudad resultó una tarea abrumadora. Por ello, los conteos se realizaron en periodos cortos de tiempo, durante la hora pico. Es así, que se realizó varios conteos en un mismo punto, para después promediarlos y convertirlos en una cifra de fácil entendimiento, el cual fue: peatones por minuto.

7.2. Hallazgos

Se confirma parcialmente la hipótesis planteada en la tesis. Efectivamente, muchas de las variables de ambiente construido propuestas por la literatura científica tienen incidencia en la generación de viajes a pie, como quedó demostrado en el modelo de regresión lineal. Sin embargo, hay otro grupo de variables cuya influencia no es significativa. En efecto, la revisión bibliográfica señala que no hay consenso en cuanto a la influencia de variables de ambiente construido sobre la movilidad pedestre. Por esa razón, la presente investigación exploró 11 variables y determinó cuáles fueron significativas y cuáles no, para el caso de la ciudad de montaña del Cusco.

Un objetivo de la tesis fue identificar las variables incidentes en la movilidad pedestre y para ello se propusieron 11. Los resultados de la regresión lineal permitieron llevar adelante esa tarea, pudiendo identificar cuatro variables significativas. Por un lado, *La distancia a la primera centralidad, distancia a la segunda centralidad y distancia a la avenida de la cultura* confirmaron que *la distancia* es un elemento fundamental al momento de la elección modal de transporte, alentando o disuadiendo los viajes a pie. Por otra parte, *conectividad escalinata*, variable que representa la movilidad en topografía urbana montañosa, también resultó significativa. Sobre lo último, se debe enfatizar que corresponde a uno de los principales hallazgos de la tesis, pues la escalinata ha sido sistemáticamente menospreciada como dispositivo de desplazamiento urbano. Prueba de ello, es que no existe en el Perú una normativa técnica a nivel nacional o local que guíe su diseño o proceso constructivo. La consecuencia ha sido la escasa calidad y la frecuente peligrosidad de muchas escalinatas.

Con respecto de las variables que resultaron no significativas para la generación de viajes a pie, se debe mencionar que contrariamente a lo esperado, la variable de *diversidad de uso de suelo* resultó no significativa, a pesar de que la bibliografía, especialmente de Norteamérica, suele identificarla como incidente en la movilidad pedestre. La explicación radicaría en que muchas de las ciudades latinoamericanas se construyeron de manera no planificada, pero con una alta diversidad de suelos. La ciudad del Cusco, en particular, tiene como constante la diversidad del suelo, como se demostró a través de figuras en capítulos previos.

También, el resultado no significativo de *la diferencia de alturas* fue inesperado, pues se partía de la hipótesis de que a mayor altura con respecto a las centralidades, menor sería el número de personas que opten por la caminata. Una explicación para el resultado de la regresión sería que la mayor altura no representa dificultad al caminante sobre pendiente descendiente, contrariamente al caminante que tiene que ascender sobre una topografía montañosa. Las observaciones fueron tomadas en el horario de 7AM a 8AM, cuando las personas de las periferias bajan desde las partes más altas de la ciudad hacia las más bajas, dirigiéndose hacia las centralidades la montaña, y descienden hacia las centralidades por razones utilitarias, como trabajo o estudio.

Se confirma que la priorización de inversiones en infraestructura vehicular tiene un impacto positivo sobre los modos de transporte motorizado. Primero, a través de la tendencia ascendente de la tasa de motorización, que como se mencionó se ha más que triplicado en la última década en la ciudad del Cusco. En efecto, las variables *conectividad vial*, *accesibilidad*, *empresas de transporte público* y *frecuencia de buses* resultaron significativas en la regresión donde la variable dependiente fue el número de pasajeros que toman el bus por minuto. Al respecto, los resultados de la variable *conectividad vial*, fueron elocuentes, pues al ser sometido a la regresión de *peatones por minuto* como variable dependiente, su signo fue negativo, lo que indica que a mayor conectividad vial, menor número de viajes a pie. Por el contrario, cuando la variable *conectividad vial* fue corrida en el modelo con *pasajeros de bus por minuto* como variable dependiente, esta resultó significativa y positiva. De lo anterior, se puede concluir que a mayor infraestructura vial, mayor será el número de personas que opten por este modo de transporte. El mayor número de empresas de transporte público así como su mayor frecuencia son consecuencias de una mayor inversión en conectividad vial vehicular. Las vías son muy importantes para una ciudad con déficit de infraestructura, sin embargo su priorización deja de lado otros modos de transporte igual de importantes como es la caminata.

Asimismo, mientras unos estudios confirman la influencia positiva de ciertas variables del ambiente construido sobre la movilidad pedestre, otros estudios las niegan. La investigación presentada en esta tesis, logró corroborar que las variables de distancia y la presencia de escalinatas tienen incidencia positiva en la generación de viajes a pie en la ciudad de montaña del Cusco. No obstante, refutó a las variables de diversidad de uso de suelos y al área ocupada. Por lo cual se concluye, que cada ciudad posee características de ambiente construido muy particulares que se entrelazan con la idiosincrasia de su sociedad, resultando en una forma única de desplazarse a través de la ciudad construida. En el caso del Cusco, las escalinatas y las calles estrechas le han conferido una forma de movilizarse al peatón que no existe en muchas otras ciudades latinoamericanas.

Adicionalmente, la traza de muchos barrios periféricos es de un elevado grado de densidad vial, es decir, las manzanas poseen dimensiones irregulares y reducidas. Muchos de estos barrios son producto de la autoconstrucción de sus habitantes, muchos de ellos migrantes rurales. Bajo la premisa que, una persona construye la idea que tiene de ciudad. En efecto, estos sectores fueron desarrollados bajo una visión rural y ausente del automóvil. Es posible que esa sea la razón de la estrechez de sus calles y el reducido tamaño de sus manzanas.

Finalmente, se confirmó a las escalinatas y las distancias como elementos gravitantes en la movilidad pedestre en ciudades de montaña. Sobre el primero, es menester impulsar la generación de normas técnicas para su mejor diseño y ejecución. La escalinata tiene a ser construida en el Cusco como una vía vertical, para conectar vías horizontales por donde pasan los ómnibus. Sin embargo, la evidencia empírica también demuestra que son más que eso: son espacios de encuentro vecinal, objetos de estética urbana y piezas de la identidad de esta ciudad de montaña.

7.3. Futuras de investigación

Durante el proceso de investigación de la presente tesis, se pudo observar que la función de la escalinata excede a la de solamente conectar con las vías principales, pues se pudo percibir que las escalinatas se articulan con otras escalinatas a través de senderos y caminos informales, creando una red pedestre, donde las escalinatas son una suerte de nodo. La investigación sobre esta red pedestre vertical escapó a los objetivos de esta tesis, sin embargo, su estudio ayudaría a interpretar de mejor manera la movilidad pedestre en circuitos con pendiente elevada, pues desentrañaría la presencia de variables hasta ahora no consideradas.

Inicialmente, se pensó considerar una variable que refleje la calidad y la presencia de obstáculos en las veredas de los barrios observados. No obstante, en el proceso de investigación fue evidente que las malas condiciones o inexistencia de veredas era una constante. Por esa razón, un futuro análisis comparativo con otras zonas de la ciudad mejor servidas de veredas, generaría información acerca de su impacto sobre la movilidad pedestre.

Existen diversos diseños de escalinatas en la ciudad del Cusco, algunas son rectas, angostas y lineales. También están las que poseen mejor estética e incorporan áreas verdes en su recorrido. Igualmente, pueden variar según su material de construcción. Sin embargo, no se sabe cuál de estas características influyen en mayor o menor medida en la generación de viajes. Una futura de investigación podría plantearse como objetivo determinar si un tipo de diseño constructivo alienta o no a la caminata.

En la investigación presentada, se realizó los conteos durante las mañanas, en la hora pico. Los caminantes de las periferias se encuentran a una altura mayor que las centralidades a donde se dirigen, por lo que las personas que optan por viajar a pie, descienden, y no es lo mismo subir una montaña que bajarla. Una futura investigación debería hacerse durante el retorno de las personas a sus casas, los cuales tendrán que subir escalinatas y ascender por senderos. Este tipo de observación no se pudo realizar en la tesis presentada debido a diversas limitaciones. A lo que se suma la dificultad de medir la mayor parte de la movilidad pedestre en la tarde, pues mientras los alumnos y alumnas de colegios regresan a sus casas, en promedio a las 13 horas, los trabajadores lo suelen hacer a las 17 o 18 horas. Adicionalmente, la informalidad laboral en el Perú alcanza al 75% de la población, por lo que muchas veces las jornadas laborales se extienden o son erráticas.

Finalmente, esta tesis optó por un enfoque cuantitativo, basado en la recolección de datos y producción de un modelo de generación de viajes a pie que pudiera explicar la movilidad pedestre en la ciudad del Cusco. A pesar de que la mayor parte de los resultados fueron los esperados, también se hizo evidente los límites y desventajas de este enfoque. Determinados comportamientos de los peatones registrados y observados, no pudieron ser explicados por el modelo matemático. De hecho, se tuvo que recurrir a un análisis cualitativo de la sociedad peruana, y

cusqueña en particular, para poder interpretar de mejor manera al peatón. Esto último, fue patente en el análisis de los estudiantes cusqueños que optan por el modo de transporte por bus antes que pedestre, contradiciendo todos los estudios revisados. En consecuencia, es opinión del autor de esta tesis, que los estudios acerca de la movilidad y transporte pedestre requieren una doble mirada, que puede ser alcanzada a través de un enfoque cuali-cuantitativo.

8. Anexos

Anexo N° 1: Distribución modal de los viajes en ciudades del Mundo y Sudamérica

País	Ciudad	Transporte público	Vehículo privado	Caminata	Bicicleta y otros	Año de encuesta	Fuente
EEUU	San Francisco	25%	48%	23%	4%	2014	http://sf.streetsblog.org/2015/02/03/new-data-shows-most-trips-in-sf-are-made-without-a-private-automobile/
EEUU	Oregón	5%	79%	10%	6%	2011	http://www.oregonmetro.gov/news/you-are-here-snapshot-how-portland-region-gets-around
China	Chongqing	28%	8%	63%	1%	2002	http://www.its.berkeley.edu/sites/default/files/volvocenter/VREF/N1_CUSTReC.pdf
Nepal	Katmandú	28%	31%	40%	2%	2011	https://es.slideshare.net/bpdevkota/urban-transport-in-kathmandu-valley-problems-and-mitigating-measures
China	Hong Kong	48%	6%	45%	1%	2011	https://lsecities.net/media/objects/articles/urban-age-cities-compared/en-gb/

Figura N° 63. Distribución modal de los viajes diarios en ciudades del Mundo. Fuente: Elaboración propia.

País	Ciudad	Transporte público	Vehículo privado	Caminata	Bicicleta y otros	Año de la encuesta	Fuente
Chile	Valparaíso	40%	33%	26%	1%	2014	http://www.sectra.gob.cl/encuestas_movilidad/encuestas_movilidad.htm
Colombia	Medellín	48%	12%	36%	4%	2005	http://www.bdigital.unal.edu.co/3419/7/43157692.2009_4.pdf
Ecuador	Quito	61%	23%	15%	0%	2011	http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf
Ecuador	Cuenca	31%	32%	31%	6%	2016	http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24199/1/Tesis.pdf
Bolivia	La paz	75%	15%	10%	0%	2001	http://www.madrid.org/cs/BlobServer?blobcol=urldata&blobtable=MungoBlobs&blobheadervalue1=filename%3D06-GVF_LaPaz.pdf&blobkey=id&blobheadername1=Content-Disposition&blobwhere=1181214735797&blobheader=application%2Fpdf

Figura N° 64. Distribución modal de los viajes diarios Sudamérica. Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 2: Modelo de generación de viajes

Para el modelo matemático de generación de viajes a pie se tomaron 36 observaciones, en 36 paraderos de barrios periféricos, montañosos y muchos de ellos con presencia de escalinatas. En cada punto de observación se realizaron conteos de personas que optaban por el modo de transporte en bus o elegían caminar. Cada conteo en el punto de observación fue sometido a una regresión lineal junto a 11 variables independientes, detalladas en capítulos previos. Posteriormente se verificó los supuestos de la regresión lineal múltiple: linealidad, independencia de los residuos, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad. Inicialmente se procede a la primera regresión con los conteos peatonales como variable dependiente (Y), con las 11 variables propuestas (Xs), teniendo como resultado el grado de correlación y el esclarecimiento de cuáles son las variables significativas y cuáles no.

Posteriormente, se realizó una segunda regresión más, en la cual se eliminó las variables que resultaron menos significativas según la primera regresión. Finalmente se hizo una tercera regresión en la que la variable dependiente (y) fue el número de personas que optan por el Bus como modo de transporte pedestre, y (Xs) las 11 variables independientes.

Entonces, el anexo N°2, cuenta con dos partes, una primera parte incluye las dos regresiones con los viajes a pie como variables dependientes y la segunda parte aborda a la regresión de los viajes hechos en bus.

1. Resultados de las variables que influyen en los viajes pedestres

1.1 Primera regresión, con todas las variables propuestas

La primera regresión lineal simple se realizó con los datos de la figura N° 65, y con la siguiente distribución de variables:

- **Variable dependiente:** Numero de peatones por minuto
- **Variable independiente :**

-Distancia a la primera centralidad

-Distancia a la segunda centralidad

-Distancia a la Av. De la Cultura

-Conectividad Escalinata

-Accesibilidad Empresas de Transporte Público

-Accesibilidad educación

-Diversidad de usos del suelo

-Área ocupada

-La conectividad vial

-La frecuencia de buses

-Diferencia de alturas

Variables dependientes	Variables independientes										
	Diferencia de altura	Conectividad vial	Conectividad escalinata	Accesibilidad de empresas de transporte público	Frecuencia de buses	Distancia al centro 1	Distancia al centro 2	Distancia a la Av. de la Cultura	Accesibilidad educación	Diversidad de uso de suelos	Área Ocupada
1,00	25	3	0	3	5	3956	1720,35674	1688,08064	10	3	0,5853428
1,33	32	2	0	3	5	3795	1642,871	1613,33704	10	4	0,4692334
2,83	27	3	0	3	5	3686	1600,57724	1566,88273	9	4	0,4674076
1,50	7	3	0,33	3	5	3484	1557,86749	1497,99257	10	4	0,504826
1,40	1	4	0,25	3	5	3328	1586,42211	1485,38215	20	5	0,3230242
1,67	4	3	0,33	3	5	3160	1665,24643	1496,59726	26	6	0,5070675
3,50	10	3	1	3	5	2746	1880,11072	1474,01429	26	6	0,3002597
1,14	45	2	0	1	8	2235	2681,93571	1744,88878	10	4	0,2786354
2,50	53	4	0,33	1	8	2345	2722,75835	1853,46367	6	4	0,3739029
0,00	76	3	0,33	1	8	2583	2814,58972	2079,5222	5	3	0,3376559
0,67	91	2	0	1	8	2262	3022,77658	1948,6777	6	3	0,3929564
1,86	54	4	0,5	1	8	2226	2476,99967	1595,37987	23	5	0,4636198
2,14	19	2	1	1	8	2851	1874,62656	1530,61857	25	6	0,3691826
1,43	180	4	1	2	8	1449	2498,21461	831,010679	11	2	0,5594495
0,50	184	3	0,67	2	8	2955	1391,83421	1148,92505	5	3	0,6456173
1,20	180	1	0	2	8	2808	1330,02966	992,379331	8	4	0,8686186
0,50	171	2	0,5	2	8	2625	1481,92245	1000,40393	8	3	0,5835954
2,40	170	5	0,8	2	8	2513	1567,90298	990,851902	7	3	0,7239118
2,33	143	1	1	2	8	2220	1666,02894	804,901341	11	1	0,642148
1,00	153	2	0,5	2	8	1841	2091,94115	855,770425	10	2	0,2687126
0,80	104	3	0,67	2	8	2774	1108,89733	731,507893	14	5	0,4230453
0,60	125	3	0,67	2	8	2928	1161,542	909,862895	10	4	0,3261535
1,25	191	2	1	3	5	1949	5249,20658	2560,00786	3	3	0,4655388
1,00	194	3	0,67	4	5	1610	4964,26502	2240,08454	13	3	0,3438662
1,83	204	4	0,75	4	5	1562	4965,07738	2214,46153	12	3	0,3486845
1,22	220	3	0,67	4	5	1634	5080,41714	2308,41595	12	3	0,4003115
0,50	251	4	0,5	4	5	1422	4917,49631	2121,36197	15	3	0,5546562
1,67	281	2	1	3	5	1773	5208,71281	2455,71953	8	3	0,5333863
0,38	357	4	0,25	4	5	3102	6601,35013	3808,39312	8	1	0,4943013
0,57	82	3	0,33	1	6	3135	4572,74615	3150,20071	10	3	0,3435263
2,88	57	4	0,25	4	5	2788	4018,42525	2709,4934	17	2	0,4018999
2,75	48	1	0	4	5	2583	3894,44883	2505,40978	13	2	0,5515343
3,75	59	2	0,5	4	5	2977	4118,92689	2892,65679	16	3	0,3188171
0,80	88	2	0,5	4	5	3216	4457,61696	3181,22047	11	3	0,9766055
0,33	123	1	0	3	6	3941	5352,25417	3999,53792	2	1	1,0041822
1,33	121	4	0,5	3	8	1985	1776,69457	652,136833	12	3	0,5136217

Figura N° 65.
 Datos y variables para realizar la regresión.
 Fuente:
 Elaboración propia.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,694456616
Coefficiente de determinación R ²	0,482269992
R ² ajustado	0,244977072
Error típico	0,802442777
Observaciones	36

Figura N° 66. Resultados de la primera regresión. Fuente: Elaboración propia.

El Coeficiente de correlación múltiple nos indica el nivel de asociación entre las variables, en este caso 0,69, es positiva y con tendencia lineal, ver figura N° 66. Por otro lado el Coeficiente de determinación R² nos describe el porcentaje de varianza explicada por las variables independientes, en nuestro caso de estudio es de 0,48, es un valor mediano, sin embargo en las ciencias sociales es una cifra que es aceptable.

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	11	14,39548457	1,308680415	2,032382557	0,07095628
Residuos	24	15,45394584	0,64391441		
Total	35	29,84943041			

Figura N° 67. Análisis de la varianza y del P value. Fuente: Elaboración propia.

Valor crítico de F, también conocido como p value, que es una cifra que nos indica cual es la probabilidad que la Variable Y, variable dependiente, no tenga nada q ver con la variables Xs, independientes. Es decir cuál es la probabilidad para rechazar la hipótesis. Algunos autores mencionan que la cifra tiene que ser menor a 0.1 para que la regresión sea considerada como significativa. Sin embargo por convencionalismo se acepta que el p value, o valor crítico de F, tiene que ser < 0,05, para ser considerado significativo. En el caso de esta primera regresión el p value, está ligeramente por encima de los 0,05 (figura N°67). Por lo que se hará una segunda regresión eliminando las variables menos significativas.

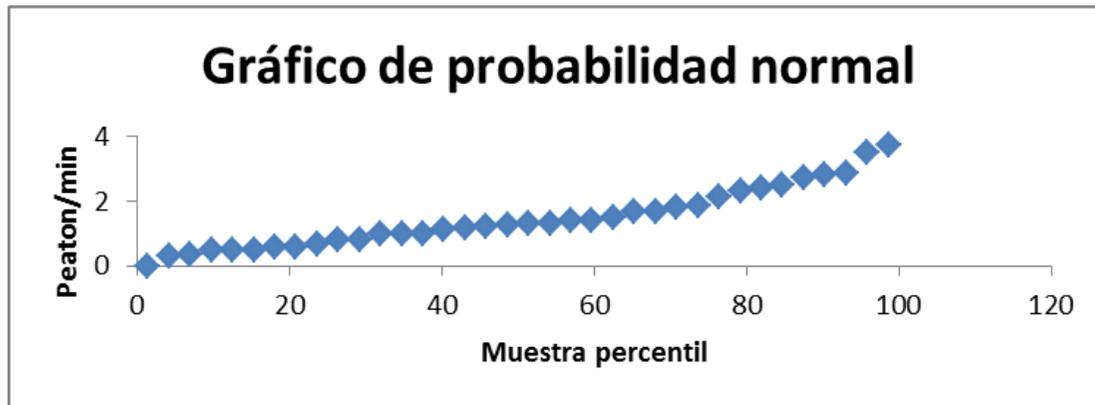


Figura N° 68. Gráfico de probabilidad normal. Fuente: Elaboración propia.

La figura N° 68, la probabilidad normal nos muestra si los datos siguen una distribución normal o no. En nuestro caso los puntos siguen una tendencia lineal por lo que efectivamente la variable sigue una distribución normal.

1.1.1 Resultados y variables significativas

Para la distribución de T de student o el estadístico T, se consideró un nivel de confianza de 90% y se posee 11 grados de libertad por lo que según el cuadro de distribución T, los valores que se encuentren fuera del intervalo de -1,372 y +1,372, son considerados como significativos .

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 90.0%	Superior 90.0%
Intercepción	6,555092518	4,225880339	1,551177978	0,133946997	-2,166695835	15,27688087	-0,674890426	13,78507546
Diferencia de Altura	-0,002227159	0,004276888	-0,520742887	0,607317414	-0,011054222	0,006599904	-0,00954441	0,005090092
Conectividad Vial	-0,006075576	0,143305293	-0,042396036	0,966533738	-0,301843164	0,289692011	-0,251254033	0,239102881
Conectividad Escalinata□	0,905374736	0,531420562	1,703687816	0,101355664	-0,191423397	2,002172868	-0,00382318	1,814572651
Accesibilidad Empresas de transporte publico	0,288297417	0,318722179	0,904541436	0,374699245	-0,369512829	0,946107663	-0,256998647	0,833593481
Frecuencia de Buses	-0,210238593	0,28515082	-0,737289106	0,46809397	-0,79876096	0,378283774	-0,698098021	0,277620835
Distancia al centro 1	-0,001406601	0,000865073	-1,62599201	0,117012027	-0,003192023	0,000378821	-0,002886639	7,34361E-05
Distancia al centro 2	-0,001526484	0,001012803	-1,507188143	0,144813485	-0,003616806	0,000563838	-0,00325927	0,000206302
Distancia a la Av. De la Cultura	0,00225504	0,001537228	1,466951949	0,155371629	-0,000917643	0,005427723	-0,000374976	0,004885056
Accesibilidad educacion	0,023194644	0,037174714	0,623936053	0,538555459	-0,053530194	0,099919482	-0,040406907	0,086796195
Diversidad de uso de suelos□	-0,188119143	0,189421879	-0,99312257	0,330558218	-0,579066687	0,2028284	-0,512197642	0,135959355
Area Ocupada	-0,525897239	1,004077205	-0,523761755	0,605247676	-2,598210737	1,546416259	-2,243754935	1,191960457

Figura N° 69. Significatividad de las 11 variables independientes. Fuente: Elaboración propia.

Del resultado de análisis y la confrontación con los datos de la columna "estadístico T" en Figura N° 69, se expone que existe 4 variables significativas que explican a la variable dependiente de personas que optan por el modo de transporte pedestre antes que el motorizado, las cuales están resaltadas. Estas variables son: Conectividad Escalinata, Distancia al centro 1, Distancia al centro 2, Distancia a la Av. De la Cultura. Analicemos cada una de ellas a continuación:

Distancia al centro 1, distancia al centro 2; Es coherente y con el signo esperado, pues al aumentar la distancia entre el punto de observación y el centro 1 o centro 2, produce la disminución del número de peatones y que por el contrario, alienta a que opten por modos de transporte motorizado. La distancia siempre ha sido un factor de impedimento para los peatones.

Es coherente y con el signo esperado. Si la distancia entre el punto de observación y las centralidades se incrementa se produce la disminución en el número de personas dispuestas a caminar, alentando a optar modos de transporte motorizado. La distancia siempre ha sido un factor de impedimento para los peatones.

Distancia a la Av. De la Cultura; Es coherente y con el signo esperado, la avenida de la cultura, que es la principal vía, y es además la que conecta los 2 centros. Su cercanía es un elemento de atracción de viajes pedestres.

Conectividad Escalinata; Coherente y con el signo esperado, es una cifra resultado de la división del número escalinatas sobre el número total de vías que concurren en un punto de observación. Esta variable es exhibe como significativa, demostrando la importancia de las escalinatas en la movilidad pedestre en ciudades de montaña. Este tipo de estructura tiene el efecto de acortar distancias y su producción es masiva en la ciudad.

1.2 Segunda regresión, con variables seleccionadas

En la primera regresión los resultados fueron confrontados con mecanismos de control a fin de determinar su grado de influencia y pertinencia en el análisis, de esa manera se halló que ciertas variables no influían de forma importante en la generación de viajes a pie, es decir no eran significativas. En consecuencia, para esta regresión se decidió eliminar las variables: diferencia de Altura, conectividad Vial, accesibilidad educación, área Ocupada, con el objetivo de mejorar el modelo e incrementar el grado de correlación y significatividad entre las variables. Los datos quedaron como se detallan en la Figura N° 70.

- **Variable dependiente:** Numero de peatones por minuto
- **Variables independientes seleccionadas :**

-Distancia a la primera centralidad

-Distancia a la segunda centralidad

-Distancia a la Av. De la Cultura

-Conectividad Escalinata

-Accesibilidad Empresas de Transporte Público

-La frecuencia de buses

-Diversidad de usos del suelo

Variable dependiente	Variables independientes						
Peatones /minuto	Conectividad escalinata	Accesibilidad empresas de transporte publico	Frecuencia de buses	Distancia al centro 1	Distancia al centro 2	Distancia a la Av. de la Cultura	Diversidad de uso de suelos
1,00	0	3	5	3956	1720,35674	1688,08064	3
1,33	0	3	5	3795	1642,871	1613,33704	4
2,83	0	3	5	3686	1600,57724	1566,88273	4
1,50	0,33	3	5	3484	1557,86749	1497,99257	4
1,40	0,25	3	5	3328	1586,42211	1485,38215	5
1,67	0,33	3	5	3160	1665,24643	1496,59726	6
3,17	1	3	5	2746	1880,11072	1474,01429	6
1,14	0	1	8	2235	2681,93571	1744,88878	4
2,50	0,33	1	8	2345	2722,75835	1853,46367	4
0,00	0,33	1	8	2583	2814,58972	2079,5222	3
0,67	0	1	8	2262	3022,77658	1948,6777	3
1,86	0,5	1	8	2226	2476,99967	1595,37987	5
2,14	1	1	8	2851	1874,62656	1530,61857	6
1,29	1	2	8	1449	2498,21461	831,010679	2
0,50	0,67	2	8	2955	1391,83421	1148,92505	3
1,20	0	2	8	2808	1330,02966	992,379331	4
0,50	0,5	2	8	2625	1481,92245	1000,40393	3
2,40	0,8	2	8	2513	1567,90298	990,851902	3
2,33	1	2	8	2220	1666,02894	804,901341	1
1,00	0,5	2	8	1841	2091,94115	855,770425	2
0,60	0,67	2	8	2774	1108,89733	731,507893	5
0,60	0,67	2	8	2928	1161,542	909,862895	4
1,25	1	3	5	1949	5249,20658	2560,00786	3
1,00	0,67	4	5	1610	4964,26502	2240,08454	3
1,83	0,75	4	5	1562	4965,07738	2214,46153	3
1,22	0,67	4	5	1634	5080,41714	2308,41595	3
0,50	0,5	4	5	1422	4917,49631	2121,36197	3
1,50	1	3	5	1773	5208,71281	2455,71953	3
0,38	0,25	4	5	3102	6601,35013	3808,39312	1
0,57	0,33	1	6	3135	4572,74615	3150,20071	3
2,88	0,25	4	5	2788	4018,42525	2709,4934	2
2,75	0	4	5	2583	3894,44883	2505,40978	2
3,75	0,5	4	5	2977	4118,92689	2892,65679	3
0,80	0,5	4	5	3216	4457,61696	3181,22047	3
0,33	0	3	6	3941	5352,25417	3999,53792	1
1,33	0,5	3	8	1985	1776,69457	652,136833	3

Figura N° 70. Datos y variables para realizar la regresión, se ha eliminado 4 variables, las menos significativas, a fin de mejorar el modelo. Fuente: Elaboración propia.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,659535
Coefficiente de determinación R ²	0,43498642
R ² ajustado	0,29373303
Error típico	0,76330623
Observaciones	36

Figura N° 71. Resultados de la segunda regresión, con solo siete variables. Fuente: Elaboración propia.

El Coeficiente de correlación múltiple, que nos indica el nivel de asociación entre las variables es de 0,66, positiva y con tendencia lineal, ver Figura N° 71, lo que significa un buen grado de correlación. Por otro lado el Coeficiente de determinación R², que nos describe el porcentaje de varianza explicada por las variables independientes, en nuestro caso de estudio es de 0,44.

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	7	12,5595032	1,794214742	3,079475873	0,015503831
Residuos	28	16,31381925	0,582636402		
Total	35	28,87332245			

Figura N° 72. Análisis de la varianza y del P value. Fuente: Elaboración propia.

Para este modelo se eliminó variables poco incidentes, y el Valor crítico de F, también conocido como p value, produjo una cifra de 0,016 (figura N° 72), que según los convencionalismos es aceptable, pues es menor a $< 0,05$, sobretodo en investigaciones en ciencias sociales. Entonces el modelo es considerado como significativo y se rechaza la hipótesis nula.

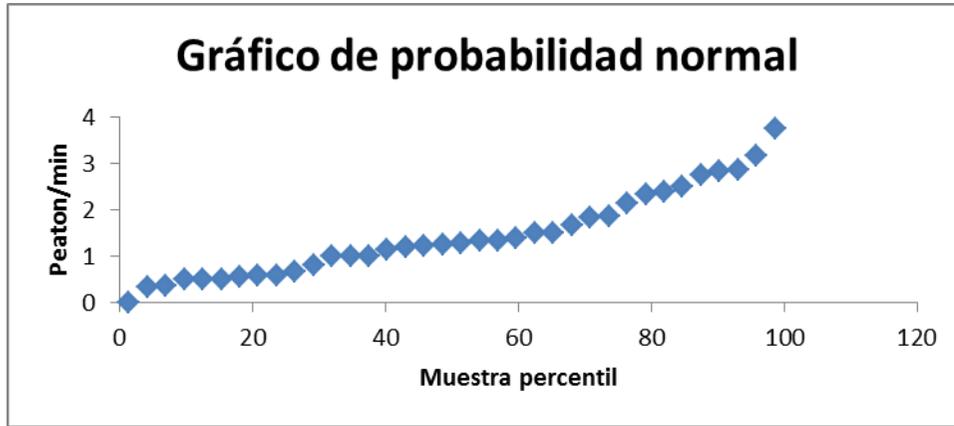


Figura N° 73. Gráfico de probabilidad normal. Fuente: Elaboración propia.

La figura N° 73, expone la probabilidad normal, es decir si los datos siguen una distribución normal o no. En el caso de estudio, los puntos siguen una tendencia lineal por lo que efectivamente la variable sigue una distribución normal.

1.1.2 Resultados y variables significativas

Para la distribución de T de student o el estadístico T, se consideró un nivel de confianza de 90% y se posee 7 grados de libertad por lo que según la tabla de distribución T, los valores que se encuentren fuera del intervalo de -1,4398 y +1,4398, son considerados como significativos, resaltados en la Figura N° 74.

Del resultado de análisis se expone que existe 5 variables significativas que explican a la variable dependiente de personas que optan por el modo de transporte pedestre antes que el motorizado. Estas variables son: Conectividad Escalinata, frecuencia a buses, distancia al centro 1, distancia al centro 2, distancia a la Av. De la Cultura. Analicemos cada una de ellas.

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 90.0%	Superior 90.0%
Intercepción	8,576873406	3,262811089	2,628676062	0,013760448	1,893307868	15,26043894	3,026404529	14,12734228
Conectividad escalinata	0,826469749	0,480510582	1,71998241	0,096472098	-0,157811559	1,810751057	0,009058334	1,643881164
Accesibilidad Empresas de transporte publico	0,270694906	0,261024642	1,037047321	0,308587326	-0,263989836	0,805379648	-0,173342188	0,714732
Frecuencia de buses	-0,337051119	0,222099693	-1,517566791	0,140334454	-0,792001716	0,117899479	-0,714871777	0,04076954
Distancia al centro 1	-0,001983456	0,000587108	-3,378347733	0,00215972	-0,003186093	-0,000780819	-0,002982204	-0,000984708
Distancia al centro 2	-0,002135496	0,000566623	-3,768810811	0,000778269	-0,003296171	-0,000974821	-0,003099396	-0,001171595
Distancia a la Av. De la Cultura	0,00315418	0,000913808	3,45168922	0,001787076	0,00128233	0,005026031	0,001599674	0,004708687
Diversidad de uso de suelos	-0,115070619	0,15026468	-0,765786208	0,450211177	-0,422873863	0,192732624	-0,370690515	0,140549276

Figura N° 74. Significatividad de las 7 variables independientes seleccionadas. Fuente: Elaboración propia.

Distancia al centro 1, distancia al centro 2, distancia a la Av. De la Cultura; Es coherente y con el signo esperado, pues al aumentar la distancia entre el punto de observación y el centro 1 se produzca la disminución del número de peatones y que por el contrario, opten por modos de transporte motorizado. La distancia siempre ha sido un factor de impedimento para los peatones.

Frecuencia de Buses; Es coherente y con el signo esperado El resultado de la cifra es también coherente, pues al existir una mayor frecuencia de buses, este servicio se muestra como más atractivo y es una competencia al momento de elegir el modo de transporte para desplazarse.

Conectividad Escalinata; Es coherente y con el signo esperado La variable se vuelve a mostrar como pertinente y significativa, al igual que en a primer regresión. Esta cifra es el resultado de la división del número escalinatas sobre el número total de vías que concurren en un punto de observación. Se demuestra una vez más la importancia de las escalinatas en la movilidad pedestre en ciudades de montaña. Este tipo de estructura tiene el efecto de acortar distancias y su producción es masiva en la ciudad.

2. Resultados de las variables que influyen en los viajes hechos en bus

2.1 Regresión con todas las variables propuestas

La regresión lineal simple se realizó con los datos de la Figura N° 75, y con la siguiente distribución de variables:

- **Variable dependiente:** Número de pasajeros que toman el bus por minuto.
- **Variable independiente :**

-Distancia a la primera centralidad

-Distancia a la segunda centralidad

-Distancia a la Av. De la Cultura

-Conectividad Escalinata

-Accesibilidad Empresas de Transporte Público

-Diferencia de alturas

-Accesibilidad educación

-Diversidad de usos del suelo

-Área ocupada

-La conectividad vial

-La frecuencia de buses

Variables Dependientes	Variables independientes										
Pasajeros Bus/ minuto	Diferencia de altura	Conectividad vial	Conectividad Escalinata	Accesibilidad empresas de transporte publico	Frecuencia de Buses	Distancia al centro 1	Distancia al centro 2	Distancia a la Av. de la Cultura	Accesibilidad educación	Diversidad de uso de suelos	Area ocupada
2,29	25	3	0	3	5	3956	1720,35674	1688,08064	10	3	0,5853428
3,44	32	2	0	3	5	3795	1642,871	1613,33704	10	4	0,4692334
2,83	27	3	0	3	5	3686	1600,57724	1566,88273	9	4	0,4674076
1,83	7	3	0,33	3	5	3484	1557,86749	1497,99257	10	4	0,504826
1,60	1	4	0,25	3	5	3328	1586,42211	1485,38215	20	5	0,3230242
2,00	4	3	0,33	3	5	3160	1665,24643	1496,59726	26	6	0,5070675
2,67	10	3	1	3	5	2746	1880,11072	1474,01429	26	6	0,3002597
1,00	45	2	0	1	8	2235	2681,93571	1744,88878	10	4	0,2786354
2,25	53	4	0,33	1	8	2345	2722,75835	1853,46367	6	4	0,3739029
1,67	76	3	0,33	1	8	2583	2814,58972	2079,5222	5	3	0,3376559
3,33	91	2	0	1	8	2262	3022,77658	1948,6777	6	3	0,3929564
1,00	54	4	0,5	1	8	2226	2476,99967	1595,37987	23	5	0,4636198
1,29	19	2	1	1	8	2851	1874,62656	1530,61857	25	6	0,3691826
1,86	180	4	1	2	8	1449	2498,21461	831,010679	11	2	0,5594495
1,50	184	3	0,67	2	8	2955	1391,83421	1148,92505	5	3	0,6456173
1,40	180	1	0	2	8	2808	1330,02966	992,379331	8	4	0,8686186
0,17	171	2	0,5	2	8	2625	1481,92245	1000,40393	8	3	0,5835954
1,60	170	5	0,8	2	8	2513	1567,90298	990,851902	7	3	0,7239118
0,00	143	1	1	2	8	2220	1666,02894	804,901341	11	1	0,642148
1,33	153	2	0,5	2	8	1841	2091,94115	855,770425	10	2	0,2687126
1,20	104	3	0,67	2	8	2774	1108,89733	731,507893	14	5	0,4230453
1,20	125	3	0,67	2	8	2928	1161,542	909,862895	10	4	0,3261535
2,38	191	2	1	3	5	1949	5249,20658	2560,00786	3	3	0,4655388
1,20	194	3	0,67	4	5	1610	4964,26502	2240,08454	13	3	0,3438662
3,17	204	4	0,75	4	5	1562	4965,07738	2214,46153	12	3	0,3486845
7,44	220	3	0,67	4	5	1634	5080,41714	2308,41595	12	3	0,4003115
4,38	251	4	0,5	4	5	1422	4917,49631	2121,36197	15	3	0,5546562
1,17	281	2	1	3	5	1773	5208,71281	2455,71953	8	3	0,5333863
5,75	357	4	0,25	4	5	3102	6601,35013	3808,39312	8	1	0,4943013
3,14	82	3	0,33	1	6	3135	4572,74615	3150,20071	10	3	0,3435263
4,75	57	4	0,25	4	5	2788	4018,42525	2709,4934	17	2	0,4018999
1,75	48	1	0	4	5	2583	3894,44883	2505,40978	13	2	0,5515343
4,25	59	2	0,5	4	5	2977	4118,92689	2892,65679	16	3	0,3188171
5,20	88	2	0,5	4	5	3216	4457,61696	3181,22047	11	3	0,9766055
2,17	123	1	0	3	6	3941	5352,25417	3999,53792	2	1	1,0041822
1,13	121	4	0,5	3	8	1985	1776,69457	652,136833	12	3	0,5136217

Figura N° 75.
 Datos y variables
 para realizar la
 regresión.
 Fuente:
 Elaboración
 propia.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,74700538
Coefficiente de determinación R ²	0,55801703
R ² ajustado	0,35544151
Error típico	1,28807592
Observaciones	36

Figura N° 76. Resultados de la regresión. Fuente: Elaboración propia.

El Coeficiente de correlación múltiple, Figura N° 76, que nos indica el nivel de asociación entre las variables es de 0,74, positiva y con tendencia lineal. Por otro lado el Coeficiente de determinación R², que nos describe el porcentaje de varianza explicada por las variables independientes, en nuestro caso de estudio es de 0,56.

Análisis de la varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	11	50,27314862	4,570286238	2,754612279	0,018369665
Residuos	24	39,81934974	1,659139572		
Total	35	90,09249836			

Figura N° 77. Análisis de la varianza y del P value. Fuente: Elaboración propia.

El Valor crítico de F, también conocido como p value, produjo una cifra de 0,018, que según los convencionalismos es aceptable, pues es menor a $< 0,05$, ver figura N° 77. Entonces, se afirma que el modelo significativo y se rechaza la hipótesis nula.

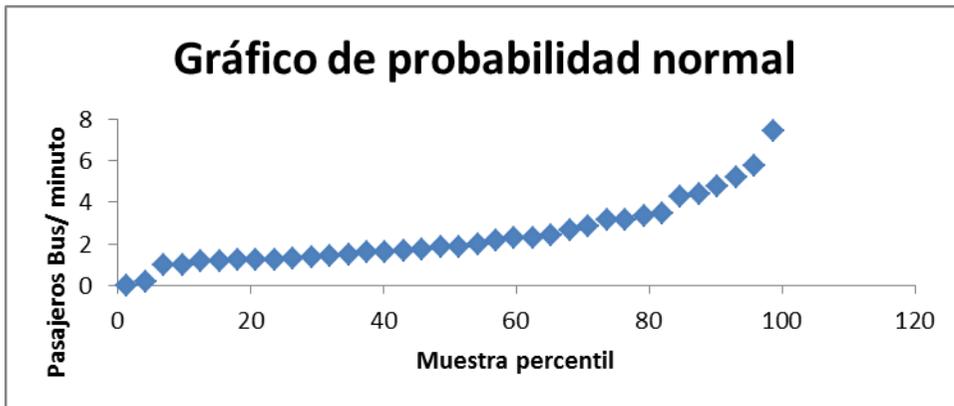


Figura N° 78. Gráfico de probabilidad normal. Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 78, expone la probabilidad normal, es decir si los datos siguen una distribución normal o no. En el caso de estudio, los puntos siguen una tendencia lineal por lo que efectivamente la variable sigue una distribución normal.

2.1.1 Resultados y variables significativas

Para la distribución de T de student o el estadístico T, se consideró un nivel de confianza de 90% y se posee 11 grados de libertad por lo que según el cuadro de distribución T, los valores que se encuentren fuera del intervalo de -1,372 y +1,372, son considerados como significativos, resaltados en la Figura N° 79.

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 90.0%	Superior 90.0%
Intercepción	-0,251211647	6,783355596	-0,037033537	0,970764585	-14,2513695	13,74894621	-11,85673318	11,35430988
Diferencia de Altura	0,00450237	0,006865233	0,655821861	0,518177003	-0,009666775	0,018671514	-0,007243234	0,016247974
Conectividad Vial	0,331336855	0,230032722	1,440390098	0,162676088	-0,143427349	0,80610106	-0,062222007	0,724895718
Conectividad Escalinata	-0,596428277	0,853032824	-0,699185611	0,491157246	-2,357001495	1,164144942	-2,055866849	0,863010296
Accesibilidad Empresas de transporte publico	0,629541236	0,511610765	1,230508188	0,230431416	-0,426371487	1,685453958	-0,245764455	1,504846926
Frecuencia de Buses	-0,005843195	0,457722239	-0,012765809	0,989920163	-0,950535464	0,938849075	-0,78895197	0,777265581
Distancia al centro 1	-0,000662085	0,001388609	-0,476797343	0,63781918	-0,003528033	0,002203863	-0,003037831	0,001713661
Distancia al centro 2	-0,000795704	0,001625744	-0,48944008	0,628973797	-0,004151076	0,002559667	-0,003577161	0,001985752
Distancia a la Av. De la Cultura	0,002167775	0,002467549	0,878513814	0,388375856	-0,002924994	0,007260545	-0,002053909	0,00638946
Accesibilidad educación	-0,004825879	0,059672608	-0,080872608	0,936213901	-0,127984089	0,118332331	-0,106918675	0,097266916
Diversidad de uso de suelos	0,135678067	0,304058766	0,446223171	0,659436095	-0,491868384	0,763224518	-0,384530628	0,655886762
Área Ocupada	-0,948447155	1,611738189	-0,588462296	0,561719758	-4,274911285	2,378016975	-3,70594114	1,80904683

Figura N° 79. Significatividad de las variables independientes. Fuente: Elaboración propia.

Del resultado de análisis se expone que existe solo 1 variable significativa que explica a la variable dependiente de personas que optan por el modo de transporte en bus antes que el pedestre. Esta variable es: *Conectividad Vial*. Adicionalmente se debe mencionar que si bien es cierto la variable *Accesibilidad Empresas de transporte público* no es estrictamente una variable significaba, su valor en el estadístico T, estuvo cerca de serlo, así que también se analizará esta variable.

Conectividad Vial; Es coherente y con el signo esperado, pues al aumentar el número de vías que concurren en una observación también aumenta el número de modos de transporte motorizados que se utilizan en ellas. Es decir, las inversiones en infraestructura vial y la articulación entre ellas incrementen los viajes motorizados.

Accesibilidad Empresas de transporte público; Es coherente y con el signo esperado. Esta variable está definida por el número de empresas de transporte público que transitan en un área de observación. A mayor oferta de empresas de transporte motorizado mayor será el desplazamiento por este modo.

9. Bibliografía

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN (2013) *¿Cómo vamos en Movilidad y Transporte? - Lima Cómo Vamos. Recuperado el julio de 2017*, de <http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2013/10/movilidad.pdf>

AINSTEIN, L. (coord.), (2012) *Estructuración urbana, institucionalidad y sustentabilidad de ciudades metropolitanas y regiones difusas: miradas comparadas sobre Buenos Aires, Londres, Los Ángeles, Paris, Tokio y Toronto*. Buenos Aires: Eudeba.

ALEMIAN, C., GREENWOOD, J., OLIVERI, M. & SHADDOCK, C. (2010) *A Research Proposal to Study Pedestrian Mobility in Newton, MA. Massachusetts: Final Project Proposal, Worcester Polytechnic Institute. Disponible en: <http://lwvnewton.org/documents/PedestrianMobilityFinalProposal.pdf>*, última consulta: 14/02/2018.

ALTHOFF, T., SOSIČ, R., HICKS, J., KING, A., DELP, S., & LESKOVEC, J. (2017) *Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality. Nature 547*, pp. <336–339. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28693034>>

AMOROSO, S., CASTELLUCCIO, F. & MARITANO, L. (2012). Indicators for sustainable pedestrian mobility. *Urban Transport XVIII*, pp. 173-185. <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/UT12/UT12016FU1.pdf>

APPARICIO, P., ABDELMAJID, M., RIVA, M., & SHEARMUR, R. (2014) Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues. *International Journal of Health Geographics*, pp. 1-14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2265683/pdf/1476-072X-7-7.pdf>

AZEVEDO, P. O. (2009) *Cusco: continuidad y cambio*. Cusco: PEISA.

BANCO MUNDIAL (2016) *Población rural (% de la población total)*. Recuperado el 31 de mayo de 2017. El banco mundial: <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL.ZS>

BOCAREJO, J. & OVIEDO, D. (2012) Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography* volumen 24, pp. 142-154
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692311002286>

CENTRO DE NOTICIAS ONU (2014) *Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo*. Naciones Unidas. (10 de julio de 2014) Recuperado el 10 de 12 de 2016, de Naciones Unidas: <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

CERVERO, R. (2009) Influences of Built Environments on walking and cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, pp. 203-226. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15568310802178314>

CERVERO, R. & KOCKELMAN, K. (1997) Travel demand and the 3 Ds: density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, pp. 199-219. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920997000096>

CHAVEZ, P. (2014) Cusco tuvo crecimiento más alto del mundo en últimos 5 años. *Diario el comercio*. Publicado: 5 de mayo de 2014. <https://elcomercio.pe/peru/cusco/cusco-tuvo-crecimiento-alto-mundo-ultimos-5-anos-316633>

CHO, Y. (2012) *Urban Stairs*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/70374>

CORPORACIÓN PERUANA DE INGENIEROS DEL TRANSPORTE (2012) *Plan regulador del transporte público urbano de pasajeros ciudad del Cusco*. Cusco.

CORTI, M. (2015) *La ciudad posible*. Buenos Aires: Café de las ciudades.

DAVIS, M. (2006) *Planeta de ciudades miseria*. Madrid: Akal.

DEMOGRAPHIA (2016) *Demographia World Urban Areas*. Edición 13°. < <http://cdn.plataformaurbana.cl/wp-content/uploads/2016/05/demographia-world-urban-areas.pdf>>

DUBROSKY, RAÑO & RAPELL (2012) *Guía de estudio para el curso de métodos cuantitativos*. Buenos Aires: UNSAM.

ESPINOSA, F. (2017) *La densidad urbana: Concepto y metodología*. Madrid: Universidad politécnica de Madrid.

ESPINOZA, K. (2012) *FINDEARQ BLOG*. Recuperado el 2017, de FINDEARQ BLOG: <https://findearq.wordpress.com/>

FLORES GALINDO, A. (1977) *Arequipa y el sur andino. Ensayo de historia regional*. Lima: SUR.

GEHL, J. & SVARRE, B. (2013) *How to study public life*. Washington: Island press.

GREENWALD, M. & BOARNET, M. (2001) *Built Environment as Determinant of Walking Behavior: Analyzing Non-work Pedestrian Travel in Portland*. Portland: Transportation Research Record.

GUEVARA, M. (2017) *Movilidad peatonal en ciudades latinoamericanas intermedias: estudio de las características personales y de viaje*. Tesis de Maestría en Transporte Urbano. Universidad Simón Bolívar

GUTIÉRREZ, A. (2012) ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. Bitácora 21 Vol. 21. Bogotá, Universidad nacional de Colombia, pp. 61-74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74826255011>

HANDY, S., BOARNET, M., EWING, R., & KILLINGSWORTH, R. (2002) How the Built Environment Affects Physical Activity Views from Urban Planning. *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 23, pp. 64-73. [http://www.ajpmonline.org/article/S0749-3797\(02\)00475-0/fulltext](http://www.ajpmonline.org/article/S0749-3797(02)00475-0/fulltext)

HARVEY, D. (2013) *Ciudades Rebeldes, del derecho de la ciudad a la revolución urbana*. Madrid: Akal.

HEALTH INITIATIVE OF THE AMERICAS (2009) *Building a Transborder Observatory for Health at the U.S.-Mexico Border: A Case Study of Access to Health Services*. University of Arizona. Final Report Submitted to: Programa de Investigación de Migración y Salud.

HELMER, M. (1950) Documents por l'histoire economique de la amerique du sud. *Revista de Indias* Vol. 10. Madrid. < <https://search.proquest.com/openview/4a15d019d647e9c4590f5a0ed385638a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1817830>

HERCE VALLEJOS, M. & MAGRINYA, F. (2013) *El espacio de la movilidad urbana*. Buenos Aires: Café de las ciudades.

HOBSBAWN, E. (1989) *Impero e industria*. Barcelona: Ariel.

HOOK, W. & REPLOGLE, M. (1996) Motorization and non-motorized transport in Asia. *Land Use Policy*, pp. 69-84.

INEI (2007) *Censos de población y vivienda 2007*. Lima. <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados>

INEI (2016) *El Perú tiene una población de 31 millones 488 mil 625 habitantes*. Lima. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/el-peru-tiene-una-poblacion-de-31-millones-488-mil-625-habitantes-9196/>

INEI (2016) *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/cerca-de-10-millones-de-personas-viven-en-lima-metropolitana-8818>

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO & INSTITUTO METROPOLITANO DE PLANIFICACIÓN (2012) *Proyecto Ciudades Focales*. Lima: <http://ciga.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2017/03/Art%C3%ADculo-Dr.-C%C3%B3rdova.pdf>

KOCKELMAN, K. (1996) Travel Behavior as Function of Accessibility, Land Use Mixing, and Land Use Balance: Evidence from San Francisco Bay Area. *The National Academy of Science, Engineering, Medicine*, vol. 1607, pp. 106-125.

KRALICH, S. (2016) *Transporte Urbano y Regional. Transporte Urbano y Regional*. Maestría en planificación urbana regional, Universidad de buenos aires. Argentina.

KRALICH, S. (2012) *Sobre aglomerados en expansión: algunas precisiones conceptuales*. Buenos aires: EUDEBA.

METZ, B., DAVIDSON, O., BOSCH, P., DAVE, R. & MEYER, L. (2007) *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm

MINISTERIO DE LA MUJER Y POBLACIONES VULNERABLES (2015) *Cusco: Población de pam por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2015* <https://www.mimp.gob.pe/adultomayor/regiones/archivo/cusco2015.pdf>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006) NORMA E.010. Recuperado el Agosto de 2017, de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/49%20E.010%20MADERA%20DS%20N%C2%B0%20005-2014.pdf>

MONTEZUMA, R. (2003) La ciudad inclusiva. *Cuadernos de la CEPAL* N° 88, Santiago.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CUSCO (2013) *Plan de desarrollo provincial concertado Cusco 2021*. Cusco.

OHNARI, K. (2011) *Componentes de una escalera*. Recuperado el 2017, de scribd.com: <https://es.scribd.com/presentation/365179978/Diseno-de-Escaleras>

ORGANISATION INTERNATIONALE DES CONSTRUCTEURS D'AUTOMOBILES (2015) *Motorization rate*.
<http://www.oica.net/category/production-statistics/2015-statistics/>

ORTEGA, M. & CERDÀ, LI. (2005) *Gestión local de la movilidad sostenible i segura*. Barcelona: Fundació Carles Pi i Sunyer d'Estudis Autònoms i Locals, Barcelona.

ORTUZAR, J. (2016). *Modelos de demanda de transporte*. Mexico: Alfaomerga grupo editor.

PEREIRA, M., VALE, D., & SARAIVA, M. (2016). Active accessibility: A review of operational measures of walking and cycling accessibility. *The Journal of Transport and Land Use*, pp. 209-235. <http://www.jstor.org/stable/26203215>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE (2018) *Introducción modelos de demanda de transporte*. Curso de demanda de transporte: Santiago, Chile.

RAJAMANI, J., BHAT, C., HANDY, S., KNAAP, G. & SONG, Y. (2002) Assessing the impact of urban form measures in nonwork trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects. *The National Academies of Sciences, Engineering, Medicine*, vol. 1831, pp. 158-165.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2014) *Real Academia Española* Obtenido de <http://dle.rae.es>: <http://dle.rae.es>

RED IBEROAMERICANA DE ESTUDIO EN POLOS GENERADORES DE VIAJES (2010) *Cuadernos de polos generadores de viajes orientado a la calidad de vida y el ambiente*. <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/cuadernos>

REDACCIÓN Peru.com. (2015) *Peru.com*. Recuperado el 2017, de <https://peru.com/viajes/conozca-peru/visita-cerro-san-cristobal-lima-desde-alturas-noticia-371453>

RIERA, A., & GALARRAGA, J. (2011) Modelos de generación de viajes a pie, a nivel hogar, en ciudades argentinas, a nivel de hogar. Rio de Janeiro: *IX Rio de transportes*.

RIERA, A. (2012) *Estudio de las perspectivas del transporte no motorizado en ciudades argentinas aplicando modelos de generación de viajes*. Tesis en maestría en ciencias de ingeniería, Universidad Nacional de Córdoba.

SOCIAL EXCLUSION UNIT (2003) *Making the Connections: Final Report on Transport and Social Exclusion*. Londres: Office of the deputy prime minister.

SCOTT, D., ELLIS, K., & ROBERTSON, D. (1988) Predicting Pedestrian Crosswalk Volumes. *Transportation Research Record*, pp. 25-30.

SEMINARIO G1 SOBRE MOVILIDAD Y TRANSPORTE SOSTENIBLE (2010) *La ciudad paseable*. País vasco. España.
<https://es.scribd.com/document/108313640/La-Ciudad-Paseable>

SUSTAINABLE URBAN TRANSPORT PROJECT (2014) *How to plan and develop a pedestrian and cycling network*. Berlín.
[http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A_Sourcebook/SB3_Transit-Walking-and-Cycling/GIZ_SUTP_NMT-Pedestrian-cycling-network-Windhoek_2016%20\(2\).pdf](http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A_Sourcebook/SB3_Transit-Walking-and-Cycling/GIZ_SUTP_NMT-Pedestrian-cycling-network-Windhoek_2016%20(2).pdf)

TAMAYO, J. (1978) *Historia social del Cusco republicano*. Lima: Industrial.

TARGA, F. & CLIFTON, K. (2005) Built environment and trip generation for non-motorized travel. *Journal of Transportation and Statistics*, vol. 8(3): University of Maryland-College Park, pp. 55-10.

THE SOUTHERN CALIFORNIA ASSOCIATION OF GOVERNMENTS (2013) *Conducting bicycle and pedestrian counts*. Los Ángeles: A Manual for Jurisdictions in Los Angeles County and Beyond.
http://media.metro.net/projects_studies/call_projects/images/metroscag_bikepedcounttrainingmanual.pdf

VALLEJO, M. H. (2016) *¿Calle o carreteras?* Buenos Aires: Café de las ciudades.

VASCONCELLOS, E. (2010) *Análisis de la movilidad urbana Espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá: CAF.
https://www.caf.com/media/3155/An%C3%A1lisis_movilidad_urbana.pdf

VASCONCELLOS, E. (2015) *Transporte urbano y movilidad*. Buenos Aires: UNSAM Edita.