



Ministerio de Educación
Universidad Federal de la Integración Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnología, Infraestructura y Territorio
Centro Interdisciplinar de Tecnología e Infraestructura
Ingeniería Civil de Infraestructura

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN MOVILIDAD URBANA. METODOLOGÍA
EXPERIMENTAL PARA LA TRIPLE FRONTERA**

JOSÉ DE MERCEDES CÁCERES HERRERA

Foz de Iguazú, PR
Mayo de 2020



Ministerio de Educación
Universidad Federal de la Integración Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnología, Infraestructura y Territorio
Centro Interdisciplinar de Tecnología e Infraestructura
Ingeniería Civil de Infraestructura

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN MOVILIDAD URBANA. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA TRIPLE FRONTERA

JOSÉ DE MERCEDES CÁCERES HERRERA

Plan de Trabajo presentado a la Banca Examinadora del
Curso de Ingeniería Civil de Infraestructura de la UNILA,
como parte de los requisitos para obtención de Grado de
Bacharel en Ingeniería Civil.

Orientador: Prof. Dr. Noé Villegas Flores

Foz de Iguazú, PR
Mayo de 2020

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, con mucho cariño, deseo y apoyo, no midieron el sacrificio para que yo llegue a esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por guiarme durante este largo camino, por la fortaleza y bendiciones recibidas.

Agradecimiento especial a mis Padres, Isabelo y Mariana, mis mayores ejemplos, a mis hermanos Gloria, Isabelino, Juliana, Osvaldo y Librado por brindarme su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, sin ellos con certeza no llegaría alcanzar mi meta.

También agradecer a la UNILA, por brindarme la oportunidad de formarme en esta profesión, como también a la UFSM por abrirme las puertas a través de la movilidad académica y así contribuir también a mi formación. A todos los profesores por los conocimientos transmitidos, por la paciencia y amistad a lo largo del curso. En especial a mi orientador, el Dr. Noé Villegas Flores por el apoyo y confianza para la realización de este trabajo en una época difícil para el mundo entero.

A mis amigos: Fernando, Luis, Mario, Ruth, Rafaella y Vicente con quienes compartí tantos años de alegrías y tristezas, considerados amigos de batalla y muchos otros amigos que me brindo las dos universidades.

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Aplicaciones del Modelo IMUS	38
Tabla 3.2 Aplicaciones MIVES	41
Tabla 3.3 Tabla de comparación propuesta por Saaty (1980)	46
Tabla 3.4 Matriz de comparación [A] (nxn)	47
Tabla 3.5 Índice de consistencia aleatoria (R.I.)	49
Tabla 3.6 Tipo de formas de la función de valor	50
Tabla 4.1 Corredores o avenidas seleccionadas para el estudio de Foz de Iguazú.....	54
Tabla 4.2 Árbol de Requerimientos	55
Tabla 4.3 Ponderaciones para el requerimiento Infraestructura Urbana	58
Tabla 4.4 Escala de medición para indicador “calidad de la calzada”	59
Tabla 4.5 Escala de medición para indicador “calidad de la superficie asfáltica”	60
Tabla 4.6 Ponderaciones para el requerimiento Accesibilidad.....	62
Tabla 4.7 Ponderaciones para el requerimiento Movilidad	63
Tabla 4.8 Niveles de servicio con respecto a la densidad de la calzada.	64
Tabla 4.9 Nivel de criterio de evaluación acústica (NCA) para Brasil.....	65
Tabla 4.10 Límites máximos permisibles de ruido para Argentina.	65
Tabla 4.11 Niveles promedios que no se consideran ruidos y sonidos molestos para Paraguay.	65
Tabla 4.12 Parámetros evaluados respecto al criterio Vehículo ligero	66
Tabla 4.13 Parámetros evaluados respecto al criterio ciclista	66
Tabla 4.14 Parámetros evaluados para el criterio transporte urbano.....	67
Tabla 4.15 Pesos de los requerimientos.....	68
Tabla 4.16 Resumen de los pesos de los requerimientos.....	69
Tabla 4.17 Parámetros de las funciones de valor	70
Tabla 5.1 Respuesta de los indicadores en la ETAPA DE CAMPO (Foz de Iguazú – Brasil)	78
Tabla 5.2 Respuesta de los indicadores en la ETAPA DE CAMPO (Ciudad del Este – Paraguay).....	79
Tabla 5.3 Respuesta de los indicadores en la ETAPA DE CAMPO (Puerto Iguazú – Argentina).....	80
Tabla 5.4 Resumen de los pesos de los requerimientos mediante AHP	82
Tabla 5.5 Respuesta de cada indicador respecto a su FUNCIÓN DE VALOR (Foz de Iguazú – Brasil)	82
Tabla 5.6 Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores (Foz de Iguazú – Brasil).....	83

Tabla 5.7 Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios (Foz de Iguazú – Brasil).....	84
Tabla 5.8 Respuesta de cada indicador respecto a su FUNCIÓN DE VALOR (Ciudad del Este – Paraguay)	85
Tabla 5.9 Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores (Ciudad del Este – Paraguay)	86
Tabla 5.10 Respuesta de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios (Ciudad del Este - Paraguay)	87
Tabla 5.11 Respuesta de cada indicador respecto a su FUNCIÓN DE VALOR (Puerto Iguazú – Argentina)	88
Tabla 5.12 Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores (Puerto Iguazú – Argentina)	89
Tabla 5.13 Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios (Puerto Iguazú – Argentina)	89
Tabla 5.14 Resumen de los resultados del índice de valor caso Foz de Iguazú	94
Tabla 5.15 Resumen de los resultados del índice de valor caso Ciudad del Este.....	98
Tabla 5.16 Resumen de los resultados del índice de valor caso Puerto Iguazú.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Triple Frontera	20
Figura 2.2 Comercio en Ciudad del Este.....	22
Figura 2.3 “Duty Free” Puerto Iguazú- Argentina.....	24
Figura 2.4 Receita Federal Brasil	25
Figura 2.5 Aduana y migración de Puerto Iguazú.....	26
Figura 2.6 Vinculación entre ciudades	28
Figura 2.7 Puente de la Amistad	28
Figura 2.8 Puente Tancredo Neves (Puente de la Fraternidad)	29
Figura 2.9 Transporte trans-fronterizo Ciudad del Este – Foz de Iguazú.....	30
Figura 2.10 Transporte trans- fronterizo Puerto Iguazú- Foz de Iguazú	30
Figura 2.11 Transporte trans- fronterizo Ciudad del Este – Foz de Iguazú – Puerto Iguazú	31
Figura 2.12 Transporte de Foz de Iguazú	32
Figura 2.13 Transporte Ciudad del Este.....	33
Figura 2.14 Transporte Puerto Iguazú.....	34
Figura 3.1 Algoritmo de la metodología MIVES.....	40
Figura 3.2 Estructura general de la toma de decisión.....	43
Figura 3.3 Requerimientos generales de un proyecto	44
Figura 3.4 Árbol de requerimientos genérico.....	45
Figura 3.5 Evaluación de alternativa del árbol de requerimientos.....	45
Figura 3.6 Diagrama del proceso de evaluación para cada alternativa	46
Figura 3.7 Valor del indicador	51
Figura 4.1 Función de valor para calidad de calzada	71
Figura 4.2 Función de valor para calidad de la superficie asfáltica.....	71
Figura 4.3 Función de valor para adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	72
Figura 4.4 Función de valor para área de circulación en calzadas	73
Figura 4.5 Función de valor para nivel de servicio de la calzada.....	73
Figura 4.6 Función de valor para nivel de calidad de movilidad	74
Figura 4.7 Función de valor para nivel de contaminación sonora.....	75
Figura 4.8 Función de valor para nivel de interferencias	75
Figura 4.9 Función de valor para calidad de trayecto y seguridad.....	76
Figura 4.10 Función de valor para calidad de infraestructura y señalización.....	76
Figura 5.1 Índices de valor para cada corredor urbano estudiado para Foz de Iguazú.....	91
Figura 5.2 Índices de valor para infraestructura urbana caso Foz de Iguazú.....	92
Figura 5.3 Índices de valor para accesibilidad caso Foz de Iguazú	93

Figura 5.4 Índices de valor para movilidad caso Foz de Iguazú	93
Figura 5.5 Índices de valor para cada corredor urbano estudiado para Ciudad del Este	95
Figura 5.6 Índices de valor para infraestructura urbana caso Ciudad del Este	96
Figura 5.7 Índices de valor para accesibilidad caso Ciudad del Este	96
Figura 5.8 Índices de valor para movilidad caso Ciudad del Este.....	97
Figura 5.9 Índices de valor para cada corredor urbano estudiado para Puerto Iguazú	99
Figura 5.10 Índices de valor para infraestructura urbana caso Puerto Iguazú	100
Figura 5.11 Índices de valor para accesibilidad caso Puerto Iguazú	100
Figura 5.12 Índices de valor para movilidad caso Puerto Iguazú.....	101
Figura 5.13 Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad caso Foz de Iguazú - Brasil	103
Figura 5.14 Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad caso Ciudad del Este- Paraguay	106
Figura 5.15 Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad caso Puerto Iguazú - Argentina	109
Figura 5.16 Porcentaje de vías en situaciones críticas en cuando a Infraestructura urbana	112
Figura 5.17 Porcentaje de vías en situaciones críticas en cuando a Accesibilidad.....	112
Figura 5.18 Porcentaje de vías en situaciones críticas en cuando a Movilidad.....	112

RESUMEN

La movilidad urbana está relacionada directamente a un conjunto de actividades o acciones dentro de la ciudad, que lleva a la ocupación de un espacio, la cual se involucran los requerimientos: la movilidad, la accesibilidad y la infraestructura urbana como eje principal del transporte viario y de las personas donde su construcción y mantenimiento es fundamental para ampliar la productividad y competitividad de los países. La mayoría de los países Latinoamericanos presentan conflictos en el desarrollo de las actividades cotidianas de una sociedad, esto debido a la expansión urbana no planificada y a la falta de infraestructuras adecuadas para el buen flujo de las actividades.

Estas carencias y deficiencias de movilidad urbana se han podido ver resaltadas en la zona de la Triple Frontera: “Foz de Iguazú”, “Ciudad del Este” y “Puerto Iguazú”, zona donde presentan alto flujo de movimientos con tres escenarios diferentes la que permitió integrar aspectos de ingeniería de tránsito, movilidad urbana y componentes urbanos. Para el desarrollo del estudio fue necesario evaluar las condiciones de las vías para cada ciudad a través del método MIVES, con el auxilio del método IMUS para el levantamiento de informaciones en el campo y a través del modelo matemáticos (para la obtención de pesos de atributos) y llegar al índice de sustentabilidad, motivo general de este trabajo. Como resultado del estudio se ha concluido que los tres escenarios presentan condiciones deficientes de movilidad, con grandes y significativas deficiencias en los aspectos de accesibilidad y movilidad, sobre todo para los escenarios de Ciudad del Este y Puerto Iguazú. Además, el estudio presenta una clara estrategia de mejora en lo que se refiere al uso del espacio e infraestructuras ya existentes, promoviendo políticas de gestión pública referente a la conservación y mantenimiento de vías urbanas.

Palabras claves: Movilidad; Accesibilidad; Infraestructura urbana; MIVES, Índice de sustentabilidad.

RESUMO

A mobilidade urbana está relacionada diretamente a um conjunto de atividades ou ações dentro da cidade, que leva a ocupação de um espaço, na qual se envolvem os requisitos: a mobilidade, a acessibilidade e a infraestrutura urbana como eixo principal do transporte viário e das pessoas, onde sua construção e manutenção é fundamental para ampliar a produtividade e a competitividade dos países. A maioria dos países latino-americanos apresentam conflitos no desenvolvimento das atividades cotidianas de uma sociedade, isto devido à expansão urbana não planejada e à falta de infraestruturas adequadas para um bom fluxo as atividades.

Este problema de carências e deficiência de mobilidade urbana pode ser notado na zona da Tríplice Fronteira: “Foz do Iguaçu”, “Cidade do Leste” e “Porto Iguaçu”, zona que apresenta um alto fluxo de movimento com três cenários diferentes que permitiu integrar aspectos de engenharia de trânsito, mobilidade urbana e componentes urbanos. Para o desenvolvimento do estudo foi necessário avaliar as condições das vias para cada uma das cidades através do método MIVES, com o auxílio do método IMUS para o levantamento de informações no campo e através do modelo matemático (para a obtenção de pesos dos atributos) e chegar ao índice de sustentabilidade, motivo geral deste trabalho. Como resultado do estudo concluiu-se que os três cenários apresentam condições deficientes de mobilidade, com grandes e significativas deficiências nos aspectos de acessibilidade e mobilidade, sobre tudo para os cenários de Cidade do Leste e Porto Iguaçu. Além disso, o estudo apresenta uma clara estratégia de melhora no que se refere o uso do espaço e das infraestruturas já existentes, promovendo políticas de gestão pública no que concerne à conservação e manutenção das ruas urbanas.

Palavras-chave: Mobilidade; Acessibilidade; Infraestrutura Urbana; MIVES; Índice de sustentabilidade.

ABSTRACT

Urban mobility is directly related to a set of activities or actions within the city, which leads to the occupation of a space, which involves the requirements of: mobility, accessibility and urban infrastructure as the main axis of road transport and of people where its construction and maintenance is essential to increase the productivity and competitiveness of countries. Most Latin American countries present conflicts in the development of the daily activities of a society, this due to unplanned urban expansion and the lack of adequate infrastructures for the smooth flow of activities.

These deficiencies in urban mobility have been highlighted in the Triple Border area: “Foz de Iguazú”, “Ciudad del Este” and “Puerto Iguazú”, an area where they present a high flow of movements with three different scenarios, which allowed the integration of engineering aspects of transit, urban mobility and urban components. For the development of the study it was necessary to evaluate the conditions of the routes for each city through the MIVES method, with the help of the IMUS method for gathering information in the field and through the mathematical model (to obtain attribute weights) and arrive at the sustainability index, the general reason for this work. As a result of the study, it has been concluded that the three scenarios present poor mobility conditions, with large and significant deficiencies in the aspects of accessibility and mobility, especially for the Ciudad del Este and Puerto Iguazú scenarios. In addition, the study presents a clear improvement strategy regarding the use of existing space and infrastructure, promoting public management policies regarding the conservation and maintenance of urban roads.

Keywords: Mobility; Accessibility; Urban infrastructure; MIVES; Sustainability index.

SUMÁRIO

LISTAS DE TABLAS.....	v
LISTAS DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	13
1.1 Contexto del trabajo de conclusión de curso.....	13
1.2 Objetivo General	15
1.3 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Límites de trabajo de conclusión de curso	16
1.5 Método científico y estructura del trabajo de conclusión de curso.....	17
2 CAPITULO 2: ESTADO DE CONOCIMIENTO.....	19
2.1 Triple Frontera	19
2.2 Comercio	21
2.3 Movilidad	24
2.4 Conexiones.....	27
2.5 Transporte	29
2.6 Salud	34
3 CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA EMPLEADA	36
3.1 Caracterización metodológica	36
3.2 Límites del Sistema.....	37
3.2.1 Metodología IMUS	37
3.2.2 Fundamentos de MIVES	39
3.2.3 Concepción de la metodología MIVES.....	43
3.2.4 Fase de Evaluación según modelo MIVES.	45
3.2.4.1 Ponderación y asignación de pesos.....	46
3.2.4.2 Definición y construcción de la función de valor.	49
3.2.4.3 Cálculo de las alternativas	51
4 CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE CASO TRIPLE FRONTERA.....	52
4.1 Etapa de Campo.....	53
4.2 Árbol de Requerimiento	55
4.2.1 Desdoblamiento de indicadores	57
Indicadores del requerimiento “Infraestructura urbana”	57
Indicadores del requerimiento “Accesibilidad”	61
Indicadores del requerimiento “Movilidad”	63
	xii

4.3 Pesos de Atributos obtenidos (ponderaciones)	68
4.4 Configuración de las funciones de valores	69
4.4.1 Función de valor “Calidad de la calzada”	70
4.4.2 Función de valor “Calidad de la superficie asfáltica”	71
4.4.3 Función de valor “Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas”	72
4.4.4 Función de valor “Áreas de circulación en calzadas”	73
4.4.5 Función de valor “Nivel de servicio de la calzada”	73
4.4.6 Función de valor “Calidad de movilidad”	74
4.4.7 Función de valor “Contaminación sonora”	74
4.4.8 Función de valor “Interferencias”	75
4.4.9 Función de valor “Calidad del trayecto y seguridad”	76
4.4.10 Función de valor “Calidad de infraestructura y señalización”	76
5 CAPÍTULO 5: ANALISIS DE RESULTADOS	77
5.1 Levantamiento de información	77
5.1.1 Cuantificación de los indicadores (Etapas de campo)	78
5.1.2 Pesos de atributos a través de AHP	82
5.1.3 Respuesta de la función de valor	82
5.2 Índice de sostenibilidad (o de valor) de los corredores	90
6 CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	113
7 CAPÍTULO 7: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
8 ANEXO 1	123

1 CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto del trabajo de conclusión de curso

En la última década, se ha podido observar el desarrollo de fenómenos de acelerada y de una creciente urbanización en los espacios públicos, es un 54% de la población mundial aproximadamente la cifra que indica que se vive en un mundo esencialmente urbano. Al inicio del siglo XX, esa tasa indicaba apenas 10 % de las personas. Se estima que, para mitad del siglo XXI, 66 % de las personas estarán viviendo en ambientes urbanos (UNITED NATIONS, 2014).

La gran mayoría de los países que componen Latinoamérica son países en vías de desarrollo y que por ende tienen muchas necesidades y escaso presupuesto para cubrir cuestiones económicas, de salud, educación, infraestructura urbana, entre otros.

Perspectivas como las del Banco Interamericano de Desarrollo BID señalan que es esencial invertir en capital humano más que en obras, pero en este sentido es importante mencionar que el desarrollo del capital humano viene de la mano del capital físico, ya que sin este las personas no tendrían los recursos, ya que es estos la que necesitan de hospitales para tener salud, de casas para tener vivienda, de colegios para tener educación y de carreteras esenciales para la integración no solo de zonas sino de ciudades y países.

Las personas circulan por las ciudades con el objetivo de realizar una serie de actividades de su interés como trabajo, estudios, turismo, compras, actividades recreativas, entre otras. Este traslado puede llevarse a cabo a través de diversas formas ya sea caminando (peatón) o utilizando vehículos motorizados o no motorizados (bicicletas). Dicha circulación, reflejada en el consumo de espacio, tiempo, energía y recursos financieros, también puede traer consecuencias negativas como accidentes, contaminación atmosférica, acústica y congestión vehicular (ALCÁNTARA, 2010).

Así el transporte es un tema de problemática en todo el mundo, ya que el transporte individual (*ej. automóvil*) causa una circulación viaria no adecuada en las ciudades, por ende, es necesario que exista una fuerte inversión en temas de transporte colectivo, pero que estas sean de calidad y de una cantidad tal que abastezca la demanda de los usuarios. Para eso es fundamental la movilidad urbana, misma que permite que exista una circulación de manera eficiente, segura y rápida (GOV-BR; BRASI ESCOLA 2018).

La Comisión de Economía para América Latina, -CEPAL en lo que respecta al documento *“Marcos conceptuales y análisis de enfoques metodológicos para el desarrollo de infraestructura urbana”*, reflexiona en torno a los principios de la sustentabilidad y metodologías de relevancia que puedan ser un aporte para el desarrollo de una infraestructura urbana más sustentable (BARTON, 2009).

Datos presentados por la CEPAL señalan que la inversión de los países latinoamericanos en infraestructura es una: “inversión a medio plazo del 6,2 % del PIB por año para cubrir las necesidades tanto de las empresas como los consumidores del sector privado, en comparación a las tasas menores al 3 % en los últimos años”.

Bajo ese contexto, la Comisión manifiesta como eje directriz la necesidad de una buena gestión/inversión en infraestructura y un mantenimiento constante de la misma a través de variables de diversos sectores, en tiempo y de grande escala. Enfatizando así, en medidas y acciones para generar diferentes metodologías que ayuda al desarrollo y mejoras de los otros sectores que son parte del progreso del país, bajo el régimen de sostenibilidad como solución de problemas de movilidad urbana.

Por otro lado, las deficiencias de la movilidad urbana, señalan la necesidad de resolver problemas en el tiempo de desplazamiento que es causado no solamente por el congestionamiento de los vehículos en el tránsito, sino que también por el crecimiento desordenado del centro urbano (BRASIL ESCOLA, 2018).

Según Alcántara (2010) el intenso proceso de urbanización de las sociedades en las últimas décadas deja en evidencia la necesidad de cuidar las ciudades, esto con el objetivo de que en sus espacios se logre una buena calidad de vida, lo cual incluye el adecuado desarrollo de condiciones de movilidad, ya sea el de personas o el de mercancías. Esta necesidad se intensifica en las grandes metrópolis que ya se registran graves problemas sociales, económicos y ambientales relacionados principalmente con el desplazamiento de sus habitantes.

Por otra parte, el concepto de accesibilidad se vuelve fundamental a la hora de comprender correctamente lo que es la movilidad urbana. La accesibilidad toma un papel estratégico en los objetivos y estrategias que se emplean para mejorar la movilidad urbana (GONZÁLEZ, 2010).

El artículo 20 de la Ley Nacional Argentina N° 24314 afirma que *“La accesibilidad es la posibilidad de las personas de gozar de las adecuadas situaciones de autonomía como condición primordial para el desarrollo de las actividades de la vida diaria, sin restricciones derivadas de la inadecuación del medio físico para su integración social y equiparación de oportunidades”*

Un gran ejemplo de movilidad tanto de personas como de recursos es la zona de la triple frontera, específicamente las tres ciudades de cada país: Puerto Iguazú (Argentina), Foz de Iguazú (Brasil) y Ciudad del Este (Paraguay). Por su dinamismo la zona ha presentado en los últimos años una dificultad de movilidad ya que dentro de sus principales actividades se encuentra el turismo y el comercio.

Es así que, en relación a este problema, el estudio de conclusión de curso se centra en la interacción de los sistemas de transporte y la falta de infraestructura urbana, han creado una sinopsis de conflicto entre ellos, promoviendo el deterioro de los componentes urbanos (carpeta asfáltica, bordillos, etc.) y la reducción de seguridad vial en esta zona.

De esta forma, y bajo ese contexto, este trabajo ha buscado la construcción de estrategias y medidas a través de un modelo multi-criterio, que permita otorgar información a los diversos factores de la zona de conflicto (entidades de decisión pública, consejos de ingeniería, etc.). El desarrollo de una metodología, inicialmente definida como una herramienta de diagnóstico para espacios urbanos, aporta una fuerte componente de innovación metodológica, respondiendo a problemas sociales actuales.

El desarrollo de este trabajo de conclusión de curso, se entiende como el análisis y evaluación de diversas características de movilidad asociadas a la calidad de infraestructura, nivel de servicio, comodidad, consumo de tiempo, energía, seguridad en tránsito y de impactos al medio ambiente.

1.2 Objetivo General

El objetivo central del trabajo de conclusión de curso se centra en obtener un “índice de movilidad” en vías urbanas que permita evaluar la calidad de infraestructura bajo el criterio de sostenibilidad. El trabajo se apoya en la aplicación del modelo multicriterio MIVES, el cual analiza distintas variables en áreas específicas de la ingeniería civil como son: ingeniería de tránsito, movilidad urbana y patología de componentes urbanos.

1.3 Objetivos Específicos

Para alcanzar el éxito del objetivo general, se han definido os objetivos específicos para este trabajo de conclusión de curso:

- Identificar las distintas experiencias y aplicaciones metodológicas asociadas al modelo multicriterio MIVES en el contexto de transporte. Se identifican los avances metodológicos asociados al área de ingeniería civil desarrollados bajo este modelo de análisis.
- Definir, configurar y caracterizar la estructura metodológica considerada en sus tres componentes principales: requerimientos, criterios e indicadores.
- Seleccionar los 10 corredores viales con atributos asociados al impacto comercial, turístico y de movilidad urbana en tres escenarios distintos (Brasil, Paraguay y Argentina).
- Definir una metodología de levantamiento de campo que admita recoger información con rigor técnico y relativa facilidad, integrando a los diversos modos de transporte (peatón, ciclista, transporte público, motociclista, vehículo particular).
- Validar y calibrar la metodología utilizada a través de 3 casos experimentales, prácticos, empleando el modelo multicriterio MIVES.
- Analizar y correlacionar los resultados obtenidos tanto en la etapa de campo como en la calibración del modelo para cada uno de los países estudiados.
- Realizar las conclusiones generales y específicas del estudio desarrollado.
- Proponer una estrategia de mejora en lo que se refiere el uso del espacio e infraestructuras ya existentes, promoviendo políticas de gestión pública referente a la conservación y mantenimiento de las mismas.

1.4 Límites de trabajo de conclusión de curso

El presente trabajo de conclusión de curso se centra esencialmente en la evaluación de índice de movilidad mediante metodología experimental en la zona de la triple frontera.

Con respecto a *las limitaciones geográficas y espaciales*, el trabajo de conclusión de curso ha considerado 10 vías principales para los casos de Foz de Iguazú y Puerto Iguazú, siendo que para Ciudad del Este son 7 vías principales.

Con respecto a *los alcances metodológicos*, se han tomado tres requerimientos principales como son: infraestructura urbana, accesibilidad y movilidad.

De la misma forma, el Modelo MIVES presenta el empleo de herramientas metodológicas que dan apoyo al momento de caracterizar y medir los atributos (indicadores) como son: el proceso de jerarquía analítica (AHP) y la función de utilidad.

1.5 Método científico y estructura del trabajo de conclusión de curso

Los apartados anteriores, han servido de introducción y justificativa del problema que se pretende abordar en el trabajo, la cual se estructura de la siguiente manera:

En el **capítulo 1**, se presentan la parte introductoria, donde involucra el contexto del trabajo de conclusión de curso, justificando la necesidad del desarrollo del mismo, presentando los objetivos generales y específicos con sus limitaciones para la línea de investigación, finalizando así con el método científico y estructura del trabajo.

En el **capítulo 2**, se presentan el contexto histórico (estado del arte) o de conocimiento sobre la triple frontera, el comercio, la movilidad en dicha zona, sus conexiones de las tres ciudades analizadas, transporte y salud. La representación de tales características ha permitido contextualizar el análisis de resultados de forma transversal ante escenarios de gestión pública distintos.

En el **capítulo 3**, se define la metodología de evaluación definida para este estudio. En primer lugar, se han abordado los dos métodos utilizados: IMUS y MIVES, presentando sus aplicaciones en cada uno de ellos.

Enseguida, este capítulo explica la fase de evaluación a través del modelo matemático que permita obtener el índice de movilidad de cada una de las vías urbanas analizadas en los tres países.

En el **capítulo 4**, se presenta el estudio de caso “Triple Frontera” donde se analizan y caracterizan las etapas de campo desarrolladas, así como también los indicadores, criterios y requerimientos adoptados para el caso de movilidad urbana. Enseguida, este capítulo presenta los resultados parciales en lo que se refiere a los pesos y así como también las tendencias de las funciones de valor de los indicadores

En el **capítulo 5**, se presentan los análisis de resultados finales del estudio para los tres países (y sus vías urbanas). Este capítulo representa la propia calibración del modelo MIVES para el caso de la Triple Frontera indicando los índices de valor en todos sus indicadores, pesos de atributos (a través de AHP), la expresión de la función de valor obteniendo así, el índice de movilidad para cada vía urbana.

En el **capítulo 6**, se presentan las conclusiones y futuras líneas de investigación asociadas a este trabajo de conclusión de curso. Se realizan algunas recomendaciones y propuestas de mejora y limitaciones del estudio desarrollado.

En el **capítulo 7**, se presentan las referencias bibliográficas que apoyó para el desarrollo de este trabajo de conclusión de curso.

Finalmente, en el **anexo 1**, se presenta la planilla utilizada para el levantamiento de informaciones en el campo en las tres ciudades, donde constan los tres requerimientos: infraestructura urbana, accesibilidad y movilidad; con todos los criterios e indicadores.

2 CAPITULO 2: ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1 Triple Frontera

La Triple Frontera tiene una extensión aproximada de 2500 Km² siendo la unión de tres países, Brasil, Paraguay y Argentina. La región es nominada así desde el principio de la década de los 90, después de la firma del tratado “*Plan de seguridad para la triple frontera*” en 1998 a partir de que se dieran indicios de terrorismo islámico (MONTENEGRO, 2007).

En esta unión de tres países se encuentra las ciudades de Foz de Iguazú fundada en 1914 perteneciente al estado de Paraná, Brasil; tiene una población de 301.409 habitantes según la información presentada el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE) a partir del censo realizado el año 2000 (MONTENEGRO, 2007).

Del lado paraguayo esta Ciudad del Este fundada en 1957 bajo el nombre de Puerto Flor de Lis, es la capital del departamento de Alto Paraná, es la segunda ciudad más importante y poblada del país, con 170.000 habitantes según los datos presentados por el censo realizado el año 2004 por la institución Anuario Estadístico del Paraguay (MONTENEGRO, 2007).

Por último, del lado de Argentina se encuentra la ciudad de Puerto Iguazú, fundada en el año 1901; cuenta con una población estimada de 32.038 habitantes según el censo realizado el año 2001 por el Instituto de Estadística y Censo (INDEC) (MONTENEGRO, 2007), es la ciudad más pequeña de la triple frontera, pero la más antigua, gracias a su encanto turístico es una de las ciudades más importantes de Misiones.

Las ciudades están divididas por fronteras naturales que en este caso sería el río Iguazú y el río Paraná, como se puede observar en la **figura 2.1**; pero al mismo tiempo son inter-conectadas por los puentes internacionales de la amistad (Brasil- Paraguay) y el puente Tancredo Neves o puente de la Fraternidad (Argentina- Brasil); los cuales permiten el tránsito de miles y miles de personas cada día entre las tres ciudades, tanto de pobladores como de turistas, lo que ha permitido el desarrollo de sistemas de integración tanto en temas de transporte, como económicos e incluso de salud; convirtiendo a la triple frontera en una zona estratégica para los tres países.

Figura 2.1 Triple Frontera

Fuente: Misiones online

<https://misionesonline.net/2017/03/03/el-desarrollo-de-las-ciudades-de-la-triple-frontera-y-su-adaptacion-conjunta-al-cambio-climatico-sera-tema-de-estudio-de-un-proyecto-internacional/>

Por todas sus características la triple frontera tiene una importancia geopolítica, la cantidad de recursos no solo sociales y económicos sino naturales que abarca lo vuelve un foco de las industrias internacionales como lo es una de las mayores reservas de agua potable en el mundo; en términos geográficos la región se encuentra sobre el sistema del acuífero guaraní lo que significa un control importante sobre todo el continente (FOGEL, 2008)

Hoy la región en su conjunto tiene una población que ultrapasa los 700 mil habitantes, dentro de los cuales se puede encontrar una convergencia de culturas y nacionalidades, desde el brasilero, paraguayos y argentinos pasando por los guaraníes y otras comunidades indígenas hasta chinos, árabes, alemanes, entre otros; en este sentido es importante señalar que la población emigrante en la región es equivalente al 40% (PAGINA 16, 2018.).

Así, los “habitantes extranjeros” se han venido convirtiendo en actores fundamentales de la triple frontera, aportando a la región un conjunto de valores que se presentan a partir de sus costumbres, culturas y creencias, que incentivan activamente una parte del turismo que se desenvuelve entre las tres ciudades.

Se puede decir así, que el turismo en la triple frontera es clave para el desarrollo de la región en su conjunto. Gracias a este, los estados tanto brasilero, paraguayo y argentino trabajan en conjunto con los sectores privados para que se puedan promover políticas que

permiten la conexión e integración de las tres ciudades no solo en cuestiones de movilidad y transporte, sino en comercio, política, seguridad y salud.

2.2 Comercio

La triple frontera se constituye como un espacio transnacional que sufre cambios constantemente al ser una zona de dinamismo económico, político y social; donde el comercio se vuelve un negocio fructífero. Que genera que se desenvuelvan sinergias para un el crecimiento de la región ya que el comercio significa una inyección de dinero en las economías que puede permitir la creación de trabajos, lo que se traduce en un efecto multiplicador positivo (PAGINA 16, 2018).

En ese sentido, es importante resaltar que, si bien el comercio es una de las actividades principales de la zona, por su historia, las diferentes culturas, (*incluso la política*) y las asimetrías que existen entre las tres ciudades, muchas de estas actividades económicas que se desarrollan son actividades de carácter ilegal que en vez de aportar al desarrollo y a la integración, provocan que las fronteras sean cada vez más controladas, además que socialmente se generen choques de culturales.

Cuando se habla de comercio en la triple frontera, nos referimos principalmente al que toma lugar en las aduanas compuestas por Brasil y Paraguay; que desde la década de los 80 crece exponencialmente, el comercio entre los dos países mediante la frontera creando un fenómeno del comercio mayorista al cual se le llamo “turismo de compras” (MONTENEGRO, 2007).

Ciudad del este cuenta con una población creciente y se encuentra en el sur- este del Paraguay (ECURED, 2016); como se mencionó anteriormente es una de las ciudades más grandes del Paraguay y la segunda más importante, gracias a que presenta un índice de crecimiento constante y el mayor del departamento, teniendo un crecimiento del 10% al año (ABC, 2012).

La economía de esta ciudad se ve altamente diversificada a pesar de que dentro de sus características no posee zonas rurales; a pesar de eso dentro de las empresas que se encuentran establecidas están las empresas agrícolas más grandes del país (ALTO PARANA, 2012).

Constituida como un gran mercado de abasto la ciudad paraguaya posee más de 800 comercios (ALTO PARANA, 2012); (ver **figura 2.2**). Por lo mismo, la mayoría de su población se dedica al comercio que se genera por casi 16 mil personas que cruzan el puente de la amistad al día, generalmente en búsqueda de electrónicos (ABC, 2012), esto significa que la mayoría de empleos en esta ciudad no son parte del mercado formal, creando una asimetría con la ciudad vecina de Foz de Iguazú (FOGEL, 2008).

Figura 2.2 Comercio en Ciudad del Este



Fuente: Paraguay ñane reta

<https://www.paraguaymipais.com.ar/paraguay/crisis-en-la-triple-frontera-cierran-300-comercios-en-ciudad-del-este/>

El comercio que se desarrolla en esta zona han permitido que Ciudad del Este se conforme como la tercera zona franca más importante del mundo (ABC, 2012). En este sentido es importante mencionar la gran influencia china y Taiwanesa que existe en la ciudad, debido a que los principales proveedores de productos son asiáticos lo que significa en términos de PIB que los países asiáticos son prácticamente todas las importaciones; echo que también se puede culturalmente debido al gran asentamiento de esta población en Ciudad del Este.

Además de la compra y venta de mercaderías dentro de esta gran ciudad comercial, también es un gran mercado de divisas ya que cada día se cambia millones de dólares, convirtiendo a Ciudad del Este en un verdadero paraíso fiscal (DEBATE, 2017).

Por otra parte, un gran porcentaje de todo el comercio que se da en Ciudad del este se debe a las actividades comerciales ilícitas y de contrabando. Dentro de estos se puede encontrar la venta de armas y drogas, al igual que el contrabando de productos como el cigarrillo y el whisky, mercado que se ve incentivado ya que en Paraguay se les otorga una menor tasa de impuestos a estos productos (FOGEL, 2008).

A este hecho se tiene que sumar el gran número de inmigrantes árabes se asocia altamente la zona con el terrorismo. Según cálculos del Instituto Brasileño de Ética Cooperativa (ETCO), un promedio anual de 43.000 millones de dólares serían los ingresos de las organizaciones narco criminales que se desarrollan en la región triple fronteriza. Tomando en cuenta que un 70% de las actividades económicas se manejan en efectivo y no pagan ningún tipo de impuesto (INFOBAE, 2019).

Dentro de lo que es el narcotráfico la inteligencia brasileña destaca el papel del grupo Primeiro Comando da Capital (PCC), grupo que lograría más de 100 millones de dólares a través del narcotráfico y el lavado de dinero.

Por otra parte, entre los negocios más lucrativos como se mencionó anteriormente en esta región está el contrabando, principalmente el de cigarrillos. Esto según el juez federal de Eldorado (Misiones), Miguel Ángel Guerrero se debe a que:

"Esto tiene una explicación muy sencilla: la asimetría de los valores entre el producto legal que circula en la República Argentina y en la República Federativa de Brasil y el que tiene en la República del Paraguay" (INFOBAE, 2019)

Ahora estudios presentan las simetrías entre las tres ciudades, mientras que Foz do Iguazú (Brasil) se presenta con un crecimiento sostenido y un gran mercado centrado en el turismo que permite el crecimiento de la industria hotelera. Ciudad del este se caracteriza por un gran multiculturalismo y como se presentó totalmente enfocada en el comercio. Puerto Iguazú (Argentina) se encuentra movi- mentada alrededor de las cataratas y levemente en el comercio con el "Duty free shop puerto Iguazú" (PAEZ, 2012).

Como se puede ver en la **figura 2.3**, el "Duty Free Shop" se ha establecido como la empresa privada mayor generadora de puestos de trabajo de la ciudad y una de las más importantes de Misiones, generando un aproximado de 900 empleos (CVInoticias, s/a; s/p).

Figura 2.3 “Duty Free” Puerto Iguazú- Argentina



Fuente: CVInoticias.com <http://www.cvinoticias.com/v2/?p=11987>

Puerto Iguazú cuenta con una población menor a comparación de las otras ciudades, como se mencionó anteriormente tiene un aproximado de 32.038 habitantes; al ser geográficamente y poblacionalmente más pequeña presenta menos desarrollo que las otras ciudades y por lo mismo es la menos activa (MONTENEGRO, 2007).

2.3 Movilidad

Se busca la integración de la región de la triple frontera con el objetivo de que las diferencias en cuestiones de desarrollo, entre las ciudades que la componen disminuyan y además exista un cuidado/ protección de la región y sus recursos, de igual manera se busca lograr una movilidad tanto de los recursos humanos como los recursos materiales.

En este sentido la construcción de la represa de Itaipú entre Brasil y Paraguay han ayudado a varios programas que buscan la integración de las tres ciudades y así de los tres países, aportando a la sociedad y a sus necesidades; además que en su momento fomento al crecimiento de la población y al desarrollo debido a la cuantiosa cantidad de puestos de trabajo que generó durante su construcción.

Así, desde la construcción de la represa y otros factores como el comercio han logrado que la región de la triple frontera se haya visto en vuelta en un crecimiento que consecuentemente permite un gran movimiento de recursos humanos.

En conjunto del traslado de las personas por la triple frontera, se puede ver problematizado la combinación de culturas, creando un nuevo ciudadano que se movimiento por las tres ciudades ya sea para vivir, trabajar y realizar sus compras; ciudadano que a además ha desarrollado un lenguaje combinado, entre español, portugués y guaraní (RENOLDI, 2013).

La necesidad de trabajo y de adquisición de mercaderías, sumado a las diferentes actividades que se desarrollan en la triple frontera permite una sinergia entre las personas que se trasladan entre las tres ciudades cada día. Así el turismo y el comercio permiten que la frontera sea dinámica en cuestiones de movilidad a pesar de que las políticas aduaneras y migratorias han cambiado durante los años.

Debido a las actividades ilícitas que se fueron acrecentándose en la región las fronteras tanto Brasil- Paraguay y Argentina- Brasil han incrementado los controles migratorios y aduaneros, a pesar de eso la movilidad de la población fronteriza no se ha visto afectada; igual es importante mencionar en este sentido que los controles que cada país realizan no son los mismo, siendo Argentina el país con más restricciones y control, mientras que Paraguay es el que menos control aduanero y migratorio ejerce.

Figura 2.4 Receita Federal Brasil



Fuente: VOA

<https://www.voanoticias.com/a/triple-frontera-paraguay-brasil-argentina-hezbollah-terrorismo-congresistas-estados-unidos-ciudad-este-foz-iguazu/1475588.html>

En la **figura 2.4** se puede observar la migración brasileña, que se encuentra en uno de los extremos del Puente de la Amistad; su función es el control de ingreso de pasajeros, turismo de comercio e importaciones (SICRA, 2013).

Los primeros años cuando se instauró el puente de la amistad el comercio entre las ciudades de Foz de Iguazú y Ciudad del Este era totalmente libre, hoy en día se fueron creando barreras aduaneras que provocan algunos roces políticos entre ambos países. Aunque el paso de personas sigue siendo casi en su totalidad libre, donde Brasil genera más control que Paraguay, principalmente en temas aduaneros ya que el brasilero se encuentra obligado a pagar un impuesto a las compras al extender el monto de 1000 reales (250 dólares americanos), en tema migratorios no es necesario presentar alguna documentación cada vez que se cruza la frontera si este es por un tiempo reducido o igual a un día, en otro caso será necesario presentar un documento de identificación según el tiempo de permanencia y la nacionalidad de la persona.

Situación que no sucede en la frontera Brasil- Argentina por el puente de la fraternidad; donde el control aduanero como migratorio pasa por más controles y muchas más restricciones, aunque el flujo de personas sigue siendo alto por el turismo.

Figura 2.5 Aduana y migración de Puerto Iguazú



Fuente: Misiones online

<https://misionesonline.net/2018/01/30/alrededor-40-000-personas-dia-cruzan-puerto-iguazu-foz/>

Según Jorge Lacour, delegado de migraciones de Puerto Iguazú, al día un aproximado de 40.000 personas cruzan el puente que une la ciudad argentina con Foz de Iguazú (MISIONES ONLINE, 2018):

“El movimiento es intenso y es de ida y vuelta. Hay muchísimos brasileiros ingresando, lo que le da a la zona turística una relevancia mayor a la que tiene porque el turismo brasileiro también está viniendo a Misiones”
(MISIONES ONLINE, 2018)

Tanto para ingresar a Puerto Iguazú como a su salida es necesario presentar el documento de identidad correspondiente a la nacionalidad de la persona y su tiempo de permanencia en uno de los países (Brasil- Argentina) en caso de que este necesite una visa.

Además, dentro de este tema es necesario mencionar que el paso a los tres países por personas de nacionalidades miembros del MERCOSUR (Brasil, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Venezuela) y Estados de Sur América (Chile, Colombia, Ecuador y Perú) puede ser realizado con el DNI correspondiente al país o pasaporte, no necesitan ningún tipo de VISA en cuanto la persona tenga una permanencia máxima de 60 días (3 meses).

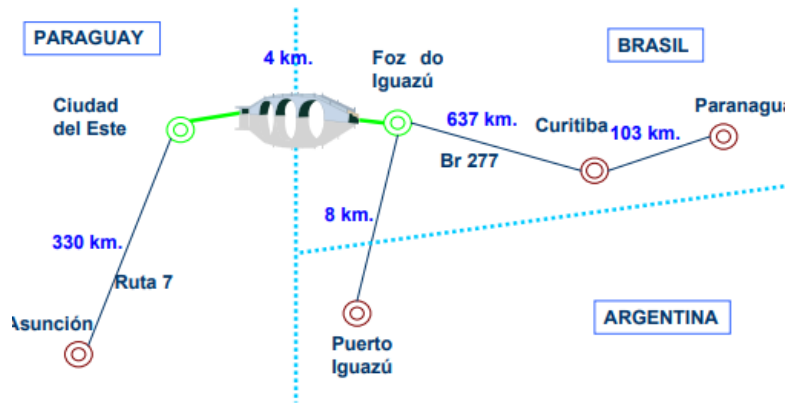
Ahora también en búsqueda de facilitar la movilidad de las personas de la frontera y la integración de la misma, los residentes de estas tres ciudades además del DNI correspondiente a cada país pueden tramitar el documento de identidad fronterizo que lo habilita a trabajar y movilizarse con mayor libertad entre la triple frontera. Además, según acuerdos del MERCOSUR, se aprueba la placa única para todos los países miembros que garantiza la movilidad libre de vehículos, facilitando las actividades productivas (MAYOR, 2014).

2.4 Conexiones

Como se puede observar en la **figura 2.6** Foz do Iguazú funciona geográficamente como el centro y conexión entre los tres países, conexión que se da a través de los dos puentes que integran la triple frontera. Ahora debido a su nivel de integración las tres

ciudades se ven afectadas por todas las decisiones y acciones que cada ciudad toma por individualmente. Aunque el nivel de vinculación es mayor entre Ciudad del Este y Foz de Iguazú, ya que incluso la distancia entre las dos ciudades es menor (SICRA, 2013).

Figura 2.6 Vinculación entre ciudades



Fuente: I.I.R.S.A.- Ricardo Sicra

El desarrollo de la región se debe principalmente a los dos puentes que conectan las ciudades; el Puente de la Amistad, como se observa en la **figura 2.7**, es la conexión entre Brasil y Paraguay que fue inaugurado en marzo del año 1965. Este ayudó a impulsar la economía facilitando el intercambio entre las dos ciudades, crecimiento que aumentó con la construcción de Itaipú (SICRA, 2013).

Figura 2.7 Puente de la Amistad



Fuente: AMIGOCAMIONERO.COM

<https://amigocamionero.com.py/paraguay-propondra-a-brasil-construccion-de-un-tercer-puente-sobre-el-rio-parana/>

El puente que conecta la ciudad de Puerto Iguazú- Argentina con Foz de Iguazú- Brasil; fue inaugurado el año 1985 con el nombre de Puente Tancredo Neves, pero es igual

conocido como Puente de la Fraternidad (**figura 2.8**). El objetivo de este puente fue crear una conexión entre los parques nacionales Iguazú, donde se encuentran las cataratas; así con el puente se logra fomentar el turismo que permita el crecimiento de sectores como el hotelero y el que ofrece tours entre las tres ciudades (SICRA, 2013).

Figura 2.8 Puente Tancredo Neves (Puente de la Fraternidad)



Fuente: <https://www.flickr.com/photos/maxtdf/4766774706>

2.5 Transporte

Ahora para la integración y movilidad de los pobladores y turistas entre las tres ciudades, los estados han desarrollado un servicio interurbano que cruza por las avenidas principales de las tres ciudades; en este sentido existe varias empresas que realizan el transporte transfronterizo; cómo se puede observar en las **figuras 2.9, 2.10 y 2.11**; ya sea Argentina- Brasil, Brasil- Paraguay o Argentina-Brasil- Paraguay; a pesar de la existencia de varias empresas los precios mantienen un precio único correspondiente a la ruta sin importar la dirección o la parada. Existiendo tanto empresas públicas como del sector privado que ofrecen diferentes buses, permitiendo el transporte continuo entre las tres ciudades.

A parte de estas líneas de buses en la triple frontera se puede encontrar otras alternativas como lo son moto taxis, taxis y mini buses, al igual que varios aplicativos de transporte urbano como es el UBER, Garupa y 69.

Figura 2.9 Transporte trans-fronterizo Ciudad del Este – Foz de Iguazú



Fuente: http://www.atodobuschile.cl/galeria/details.php?image_id=33410

La **figura 2.9** presenta un bus de la empresa Risa que realiza la ruta Ciudad del Este- Foz de Iguazú y viceversa. La **figura 2.10** es un bus de empresa argentina que realiza la ruta Puerto Iguazú- Foz de Iguazú y su inversa. Por último, la **figura 2.11** presenta un bus de compañía privada que realiza tanto la ruta Ciudad del Este- Foz de Iguazú como la ruta Puerto Iguazú- Foz de Iguazú.

Figura 2.10 Transporte trans- fronterizo Puerto Iguazú- Foz de Iguazú



Fuente: http://www.atodobuschile.cl/galeria/details.php?image_id=33410

Figura 2.11 Transporte trans- fronterizo Ciudad del Este – Foz de Iguazú – Puerto Iguazú



Fuente: <https://www.argentinaenviaje.com/como-ir-desde-foz-iguazu-a-puerto-iguazu-en-transporte-publico/>

Como se mencionó anteriormente para el ingreso a Paraguay no es necesario ninguna documentación por lo que se utiliza un solo bus de Foz do Iguazú hasta Ciudad del este, mientras que para movilizarse entre Foz do Iguazú – Puerto Iguazú es necesario de dos buses ya que en la zona fronteriza realizan un control migratorio y el recorrido se realiza en dos tramos (MONTENEGRO, 2007).

La triple frontera al ser un espacio transnacional que permite la interacción continua de todos sus actores, recursos y energías. Es un “núcleo urbano” creciente, aunque con notorias desigualdades y diferencias. A pesar de eso las tres partes cuentan con un sin número de recursos naturales, hídricos, energéticos y de mano de obra (MONTENEGRO, 2007).

Debido al movimiento comercial y la beneficiosa posición geográfica, la infraestructura vial de los puentes y rutas se ve beneficiado; ya que todo el comercio que surge de Ciudad del este funciona como un motor para la región, el comercio legal como el ilegal es importado hacia las capitales y principales ciudades de los tres países.

Figura 2.12 Transporte de Foz de Iguazú



Fuente: H2O FOZ

<https://www.h2foz.com.br/noticia/movimento-contra-o-aumento-da-passagem-de-onibus-sera-lancado-nesta-sexta-no-ttu>

En torno a la ciudad brasilera de Foz de Iguazú, esta se divide en 12 regiones de importancia sociopolítica, Brasil, durante la segunda mitad del siglo XX su economía se vio beneficiada gracias a su crecimiento demográfico que se traduce en un aumento de la fuerza de trabajo, que influye positivamente al ingreso per- cápita.

San Francisco es conocida como la región de los ex obreros de Itaipú que en la actualidad se dedica al comercio transfronterizo, la región de Porto Meira es el área de integración con Argentina y significa el 13% de la población, el centro que es el 12% de la población es un área de grandes avenidas y principal zona financiera, comercial y administrativa (MONTENEGRO, 2007). En temas de transporte está organizada a partir de la estación de ómnibus urbano (transporte público) que permite conectar todas las zonas y barrios de la ciudad con el centro (ver **figura 2.12**).

Figura 2.13 Transporte Ciudad del Este



Fuente: CONECTADAS

<https://www.connectas.org/empresa-ciudad-jardin-esta-suspendida-ante-set-pero-buses-igual-circulan/>

Ciudad del Este cuenta con una terminal de buses que conectan buses provenientes de la capital con las ciudades del interior, debido a que conecta varias rutas principales como la ruta N7 (Dr. Gaspar Rodríguez de Francia) que conecta con Coronel Oviedo, la ruta N° 2 que permite el paso con Asunción (capital) y la ruta N° 6 (Juan León Mallorquín) que une Ciudad del Este con Encarnación (ALTO PARANA, 2012).

Respecto al transporte urbano, la ciudad paraguaya cuenta con un retraso ya que los buses que existen no se encuentran acorde al desarrollo de una de las ciudades más importantes del país y de la región. Además, el transporte de la ciudad se encuentra coordinado por los propios transportistas quienes deciden su frecuencia y en cierta medida sus rutas, significando un atraso en todas las actividades de la ciudad metropolitana y por ende un retraso en el desarrollo del todo el país (ADN PARAGUAY, 2018).

Figura 2.14 Transporte Puerto Iguazú

Fuente: EL IDEPENDIENTE Iguazú <https://elindependienteiguazu.com/?page=51&paged=244>

2.6 Salud

Respecto al tema de la salud, en el caso de la triple frontera es un tema de cooperación, si bien está bajo la responsabilidad de cada estado promover políticas para mejorar y permitir el acceso a este derecho, lo globalización y dinamismo de la región exige que las políticas sanitarias locales trabajen en conjunto con la cooperación internacional y transnacional con el objetivo principal de evitar enfermedades que trasciendan fronteras (FATIN, 2015).

La salud es un objetivo que tiene que ser encarado por los tres países ya que es un tema que los afecta tanto interna como externamente. Por eso, los tratados que refieren a la salud en la triple frontera son basados en normas y ámbitos del MERCOSUR que coloca a la salud como principal objeto de trabajo (FATIN, 2015). Con ese objetivo se creó en la XXIV reunión del mercado común (GMC) el Subgrupo de Trabajo N°11- salud (SGT N°11) (FATIN, 2015).

El SGT N°11 fue creado con el objetivo de ser un órgano de carácter deliberativo que trate sobre cuestiones y problemáticas en torno a la armonización de las legislaciones nacionales para regular temas de salud y la compatibilización de los sistemas de control sanitario (FATIN, 2015).; este crea la resolución que indica que:

“las pautas de trabajo de dicho Subgrupo, y las Reuniones de Ministros de Salud creada en el año 1995, a través de la Decisión del

Consejo del Mercado Común N° 03/95; ambos foros formalizan propuestas que son elevadas a los Órganos Decisorios del MERCOSUR.” (FATIN, 2015).

Además, el SGT N°11, tiene una reunión de ministros de salud que se dividen en 4 grupos llamados “núcleos de articulación”, que son: sistema de información y comunicaciones salud, salud frontera, atención médica y uso racional de la tecnología y cooperación internacional en salud.

Atendiendo entonces a las interrelaciones, es posible caracterizar a la TF por una serie de particularidades que la convierten en un espacio transnacional. Se trata de núcleos urbanos relativamente recientes con un crecimiento acelerado, aunque desigual en los últimos 40 años; en conjunto, forman un ámbito geopolítico central en el Mercosur, siendo también una zona especialmente rica en recursos naturales, hídricos y energéticos. Por su posicionamiento geográfico, su actividad comercial y la facilidad de la infraestructura vial de los puentes y rutas constituyen un paso obligado para los intercambios entre los tres países. El polo comercial, representado por Ciudad del Este motoriza la economía de la región concentrando actividades de intercambio legales e ilegales. La ruta de artículos que se importan desde la ciudad paraguaya, además de ser comercializados localmente, se irradian hacia las capitales de los tres países. Un elemento que, sin dudas, otorga particularidad a la TF es su diversidad cultural (MONTENEGRO, 2007).

3 CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Caracterización metodológica

En el capítulo 2, se ha representado el marco geográfico del estudio desarrollado en la triple frontera entre Brasil, Paraguay y Argentina. La representación poblacional, comercial y de conectividad en dicho capítulo refleja un grado importante de movilidad entre las tres ciudades.

En ese contexto, la llamada Triple frontera representa un espacio de movilidad e interacción muy importante entre las ciudades con perfiles plenamente distintos entre ellos: Comercial (Ciudad del Este), turismo (Foz de Iguazú) y gastronómico (Puerto Iguazú).

Bajo un escenario complejo de movilidad urbana, este capítulo 3, pretende representar la herramienta metodológica utilizada en este trabajo de conclusión de curso. Este capítulo aporta directrices de la herramienta metodológica en aras de orientar y aportar trazabilidad en otros escenarios distintos al de la triple frontera.

Bajo este contexto, el capítulo ha sido organizado de tal forma que permita revisar las principales ventajas, herramientas metodológicas y conceptos principales de los modelos que han sido tomados de base para este proyecto.

En primer lugar, se ha utilizado la metodología "*Índice de movilidad urbana sustentável*" (IMUS), que ha sido utilizada inicialmente, para caracterizar el modelo de levantamiento de información de campo en los diversos indicadores analizados (pistas, ciclo vías, aforos, iluminación, etc.). En segundo lugar, se ha promovido la utilización del modelo MIVES como eje principal del estudio y la propia caracterización para el caso de la triple frontera.

Este trabajo de conclusión de curso representa un desafío con respecto a otros modelos de evaluación urbana al tener indicadores de diferente naturaleza y de medición: patologías en la pista (cualitativo), calidad de la calzada (cualitativo), contaminación acústica (decibeles, cuantitativo), etc.

Si bien, las entidades de administración pública han orientado sus políticas para optimizar las modalidades de transporte a través de la calidad en sus elementos (asfalto, señalizaciones, etc.) dejando de lado la integración entre ambos componentes (GONZÁLEZ, 2010).

La complejidad para integrar los modos de transporte y mejorar la calidad de los componentes urbanos, se desarrolló a través de políticas públicas poco eficientes y de baja integración que fueron empleadas por los organismos de gestión a lo largo de la última década (peatones, vehículos ligeros, ciclovías, etc.) con esta gran carencia de “conectividad”, se presenta la necesidad de un cambio con otras perspectivas en el momento de enfrentar los problemas y fortalecer el impacto de decisiones por las administraciones públicas (GONZÁLEZ, 2010).

3.2 Límites del Sistema

La metodología empleada en este trabajo de conclusión de curso debe entenderse como la aplicación de dos modelos que son aplicados en diferentes etapas del estudio. Por un lado, se ha utilizado el modelo IMUS (Costa, 2008), con el objeto de revisar y levantar las variables (indicadores) en campo con el claro objetivo de integrar una base de información de indicadores al estudio.

Asimismo, se ha utilizado la metodología denominada MIVES (Modelo Integrado de Cuantificación de Valor para Evaluaciones Sostenibles) con el objetivo de integrar y evaluar indicadores de distinta naturaleza y obtener un grado de movilidad en las ciudades estudiadas. La integración de ambas metodologías supone una yuxtaposición de fortalezas metodológicas que suponen una orientación a la entidad de administración pública al momento de tomar una decisión en gestión pública.

3.2.1 Metodología IMUS

Para obtener la correcta agrupación de variables o indicadores en lo que se refiere a la caracterización de infraestructura urbana y sus modos de transporte se ha tomado como base la metodología IMUS (índice de movilidad urbana sustentable).

La metodología IMUS, desarrollada por Costa (2008), consta de 9 áreas, que incluyen 37 temas y 87 indicadores, relacionados con los aspectos tradicionales de la movilidad urbana y su sostenibilidad.

Con el objetivo de reflejar la pertinencia del modelo IMUS utilizado en el trabajo de conclusión de curso, en la **tabla 3.1** se muestra una síntesis sobre diversas aplicaciones del modelo IMUS, representados por su campo de aplicación y el propósito de cada uno de ellos (MOTOS, 2019).

Tabla 3.1 Aplicaciones del Modelo IMUS

Autor	Índice	Propósito de Índice
Camagni y Gibelli (2002)	Índice de impacto de movilidad (MII)	Analiza el impacto ambiental de la movilidad y caracteriza las variables con el suelo
Miranda y Correia (2007)	Tasas de movilidad sostenible	Evalúa la distribución espacial basada en el índice de movilidad sostenible
Costa (2008)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Frei (2009)	Índice de Muestra de Movilidad (SMI)	Introducir un índice puede sintetizar un conjunto de indicadores de movilidad para las ciudades medianas de los centros urbanos
Travisi et al (2010)	Índice de impacto de movilidad (MII)	Analiza empíricamente la compleja relación entre la expansión urbana y el desplazamiento
Bernhardt (2010)	Índice de movilidad para efectos ambientales (MOXE)	Cuantifica la movilidad urbana sostenible
Miranda (2010)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Pontes (2010)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
D'Amico, Di Martino and Sessa (2011)	Índice de Movilidad urbana sostenible	Evalúa las acciones planificadas hacia la movilidad sostenible
Machado (2010)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMS)	Representar los principales impactos de la movilidad en la sostenibilidad y calidad de vida urbana
Assunção (2012)	Índice de Movilidad Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Morais (2012)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Felix (2012)	Índice de Movilidad Sostenible	Apoyar la toma de decisiones en el

	(IMUS)	contexto de la planificación urbana
Seabra (2013)	Índice de estrategias de movilidad urbana sostenible (IGEMUS)	Ofrecer tarifas a los tomadores de decisiones estratégicas en el proceso de toma de decisiones
Abdala (2013)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Maia (2013)	Índice de Movilidad Urbana Sostenible (IMUS)	Apoyar la toma de decisiones en el contexto de la planificación urbana
Moeinaddini, Shekari y Shah (2014)	Índice de Movilidad Urbana	Identificar los problemas y proponer soluciones para reducir uso de automóvil
Patterson et al. (2014)	Índice de núcleos urbanos	Analiza la movilidad residencial, involucrando a los ancianos en las áreas metropolitanas canadienses
Mendiola, González, Cebollada (2015)	Índice de impacto de movilidad (MII)	Establecer los diferentes tipos de desarrollo urbano, y la relación entre diferentes patrones de movilidad

Fuente: Motos (2019), modificado por el autor basada en Costa et al. (2017)

Es importante señalar que la metodología IMUS ha sido personalizada para el estudio de caso de la triple frontera por medio de la selección de indicadores pertinentes a la sección transversal de las vías en cada país. De la misma forma, los indicadores han sido levantados bajo las mismas condiciones de tráfico y clima, considerando los mismos indicadores para los tres países analizados.

3.2.2 Fundamentos de MIVES

La metodología MIVES ha nacido en el seno de la comunidad universitaria, a través de un proyecto de investigación entre la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y Labein-Tecnalia (VILLEGAS, 2009). Inicialmente, la metodología ha sido concebida para el subsector de ingeniería industrial y civil con aplicaciones directas en obras de infraestructura.

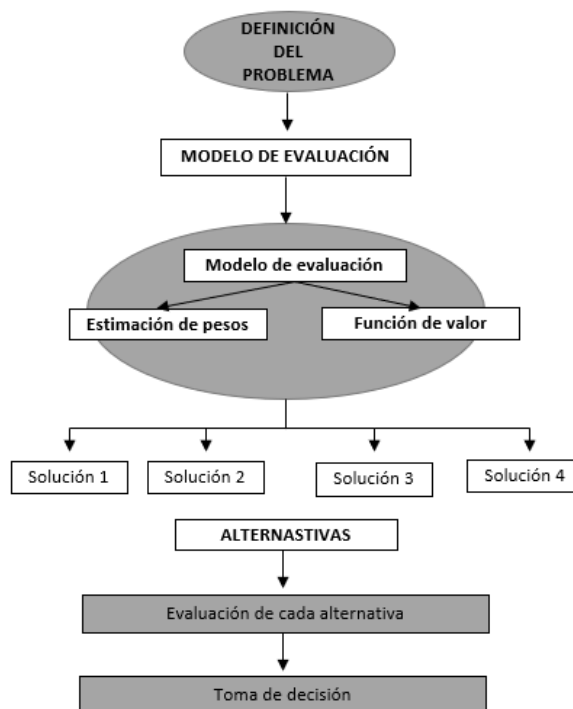
Villegas (2009) afirma también que el método MIVES es una herramienta que permite evaluar alternativas para una toma de decisión específica en diferentes escenarios.

Donde considera estudio de valor, aplicación de modelos matemáticos y el análisis de ciclo de vida para llegar a la elección de la mejor alternativa propuesta.

Por tanto, esta metodología presenta un algoritmo básico de cuantificación de valor ilustrado en la **figura 3.1** (donde es definido el problema a resolver - *primera etapa*), seguidamente se define el árbol de requerimientos (*agrupar y ordenar aspectos a ser evaluados como serian requerimientos, criterios e indicadores*). A partir de ahí se asigna los pesos a cada aspecto a través de “Analytical Hierarchy Process” (SAATY, 1980) en conjunto de la función de valor calculado paralelamente a través del modelo matemático.

Finalmente, con los aspectos y los pesos ya definidos se obtienen las respuestas de cada uno de estos en cada alternativa, para así poder llevar a cabo la evaluación de cada alternativa y tomar la mejor decisión. Es importante resaltar que la valoración se realiza en tres niveles: indicadores, criterios y requerimientos.

Figura 3.1 Algoritmo de la metodología MIVES



Fuente: Autor (2020).

El índice de sostenibilidad se ha planteado a través del modelo de cuantificación de valor denominado **MIVES** “Modelo Integrado de Cuantificación de Valor para Evaluaciones Sostenibles” (Alarcón, 2006 & Villegas, 2009). Dicha herramienta caracteriza el valor de un elemento constructivo y define por medio de las respuestas de cada uno de ellos.

Para este caso de estudio la metodología se ha utilizado para cuantificar y obtener un índice de valor (para este caso de movilidad), ha sido el modelo MIVES, la cual ha sido empleada en la última década con avances significativos en varias aplicaciones. Este modelo propone la idea de comparar alternativas, procesos, componentes durante la vida útil del proyecto.

En la **tabla 3.2** se muestra las diversas aplicaciones encontradas en la literatura asociadas al concepto del modelo multi-criterio MIVES (KORHONEN et al ,1992). Cada una de estas metodologías presenta atributos de aplicación con dichos avances metodológicos para cada caso en particular.

Tabla 3.2 Aplicaciones MIVES

Metodología	Atributos de la aplicación	Área de aplicación	Avances metodológicos
Alarcón (2008)	Concepción del Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles.	Edificio industrial	Concepción metodológica
Ormazábal (2008)	Diseño de sistema subterráneo en Barcelona.	infraestructura	Fase de conservación
San José & Garcia (2008)	Incorpora aspectos de sostenibilidad en obras de proyecto de concreto estructural	Cemento y concreto	Análisis en elementos estructurales
Roca et a (2009)	Evaluación de departamentos universitarios	Educación	Fortalecimiento institucional.
Viñolas et al	Evaluación integral del profesorado universitario	Educación	Fortalecimiento institucional.
Viñolas, et al. (2009)	Herramienta informática carácter sostenible.	Interdisciplinar	Tecno. Información
Villegas (2009)	Sistemas constructivos en carreteras	Carreteras	nuevo sistema
Aguado et al. (2011)	Procedimientos para evaluar sostenibilidad en estructuras de concreto estructural. Código Español.	Legislación concreto estructural	concreto estructural
Del Caño (2012)	Obras de concreto durante todo ciclo de vida	Estructuras	Ciclo de vida
Pons&Aguado (2012)	Tecnología en estructuras educativas.	Construcción	conceptos innovación
Enrica (2012)	Índice de Calidad Acústica de	Arquitectura	Modelos de

	la Arquitectura		evaluación
Pons & De la Fuente (2013)	Elementos de concreto armado, condiciones mecánicas, geometría y sus procesos.	Estructuras	Funcional - estructura
Jato et al. (2014)	Pavimentos permeables	Pavimentos	Nuevos materiales
Casanovas (2014)	Comparar de forma objetiva y sistematizada distintos procedimientos constructivos	Construcción civil	Evalúa proyecto en fase de licitación
Reyes et al. (2014)	Proyectos de construcción integrando temas de salud y seguridad.	Seguridad laboral	Impacto social
Hosseini, et al. (2015)	Turbinas eólicas: requisitos medioambientales, económicos y sociales.	Energías renovables	Soluciones de energía renovable
De la Fuente (2016)	Tuberías de alcantarillado.	Sistemas de alcantarillado	Saneamiento y nuevos materiales.
Hosseini, et al. (2016)	Viviendas provisionales, reduciendo impactos negativos ambientales y económicos.	Construcción civil	Bienestar social
Pons & De la Fuente (2016)	Ventajas, dificultades y limitaciones, para un conjunto de medidas sostenibles.	Interdisciplinar	Arquitectura-ingeniería
Golshid, et al. (2017)	Fachadas en vivienda.	Construcción civil	Criterios arquitectura
Pujadas, et al. (2017)	Distribución de gasto público.	Planificación urbana	Políticas públicas.
Pujadas, et al. (2018)	Pavimentos urbanos a través de la condición de la estructura, capacidad de servicio y daño.	Pavimentos urbanos	Creación de metodología de evaluación urbana

Fuente: Autor (2019).

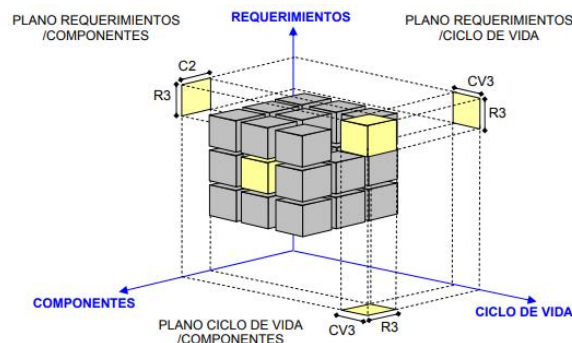
De la misma forma, el modelo MIVES, permite organizar de forma adecuada y evaluar alternativas con indicadores que tengan tanto diferentes orígenes como diferentes unidades de medición. Además, otra ventaja del modelo es que permite comparar, jerarquizar y evaluar cualquier tipo de proyecto que considere indicadores de nivel cualitativo y cuantitativo. (VILLEGAS, 2009).

3.2.3 Concepción de la metodología MIVES

La estructura general de la metodología MIVES es tridimensional, la cual responde a 3 ejes de fácil aplicación y visualización. Estos ejes constan de: requerimiento, componentes y ciclo de vida. En la **figura 3.2** se muestran los ejes propuestos por la metodología donde se observa un conjunto de descomposición estructural en los tres sentidos, la que ayuda a definir de forma muy precisa cuál es la toma de decisión (AGUADO et al, 2009).

Prácticamente en cualquier decisión es posible y útil estructurarla o dividirla en componentes parciales y en fases temporales, evitando así el riesgo de olvidarse algún requerimiento, componente o etapa de ciclo de vida obteniendo valoraciones comparables y homogéneas (CORTES; JOSA; MARQUES, 2011).

Figura 3.2 Estructura general de la toma de decisión



Fuente: Aguado et al (2009).

Las condiciones de cada parte (o cubos) mostrado en la **figura 3.2**, pueden ser diferentes, ya que la valoración global del proyecto no es necesariamente la misma que la suma de las valoraciones de los cubos (VILLEGAS, 2009).

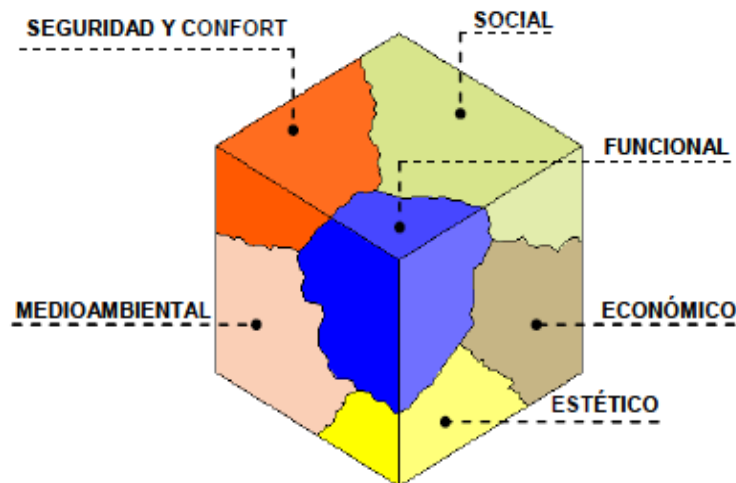
Aguado et al (2009) explican la estructura afirmando que “para identificar la toma de decisión, las líneas que separan los diferentes cubos con color más claro son los límites del sistema, siendo estos cubos los que serán estudiados en la toma de decisión”.

En uno de los ejes, la toma de decisión se descompone en todo su ciclo de vida. En otro eje, la toma de decisión se divide en todos sus componentes, es decir, en los que se puede dividir el problema, en las partes que componen las diferentes alternativas.

Finalmente, en el último eje figuran todos aquellos requerimientos o aspectos que son del primer nivel del árbol en los que se quieren valorar las diferentes alternativas que constan de criterios e indicadores.

Por tanto, los requerimientos han de servir como base, o punto de partida para el análisis, siendo estos establecidos por las propias necesidades del proyecto. Estas necesidades están representadas en la **figura 3.3** la cual contempla un carácter integral sin la separación entre ellas (VILLEGAS, 2009).

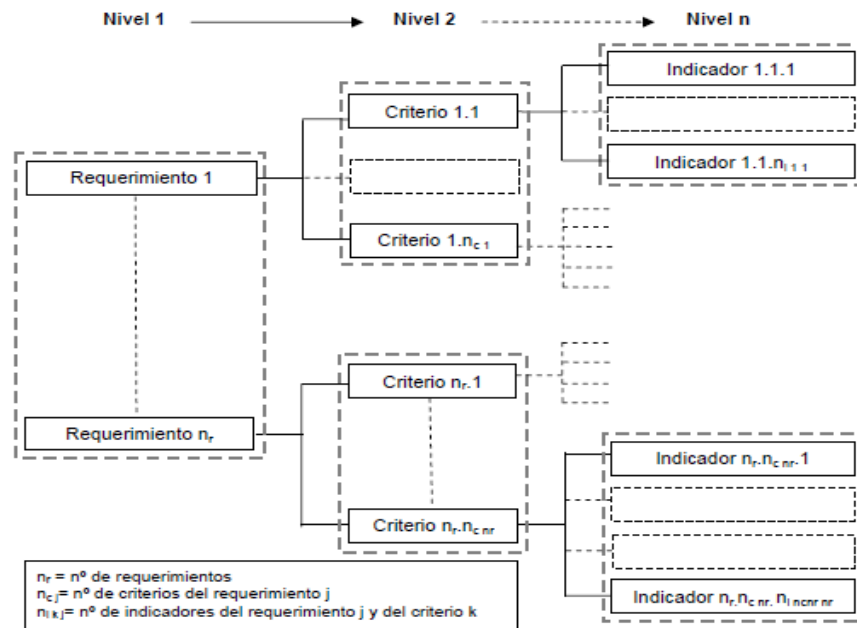
Figura 3.3 Requerimientos generales de un proyecto



Fuente: Villegas (2009).

Siendo así, el “árbol de requerimientos” o “árbol de toma de decisión” como una agrupación y ordenación de forma ramificada de todos aquellos aspectos que serán estudiados y estructurado en la primera etapa (**figura 3.4**). Es aquí donde se definen los requerimientos y que componentes y fases del ciclo de vida se van a tener en cuenta (MANUAL MIVES, 2009)

Figura 3.4 Árbol de requerimientos genérico.

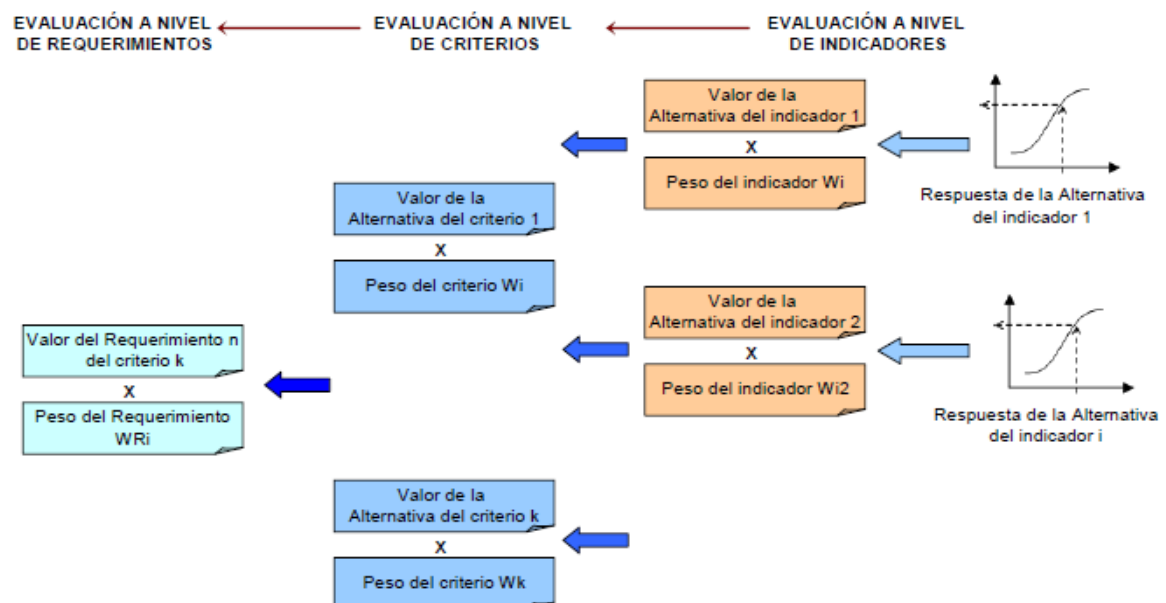


Fuente: Manual MIVES (2009).

3.2.4 Fase de Evaluación según modelo MIVES.

En la fase de evaluación es donde comienza las etapas de cuantificación y evaluación de las alternativas existentes en el árbol de requerimientos (inverso a su planteamiento inicial), siendo así la partida de evaluación a nivel de indicadores, hasta llegar a los requerimientos como se muestra en la **figura 3.5**.

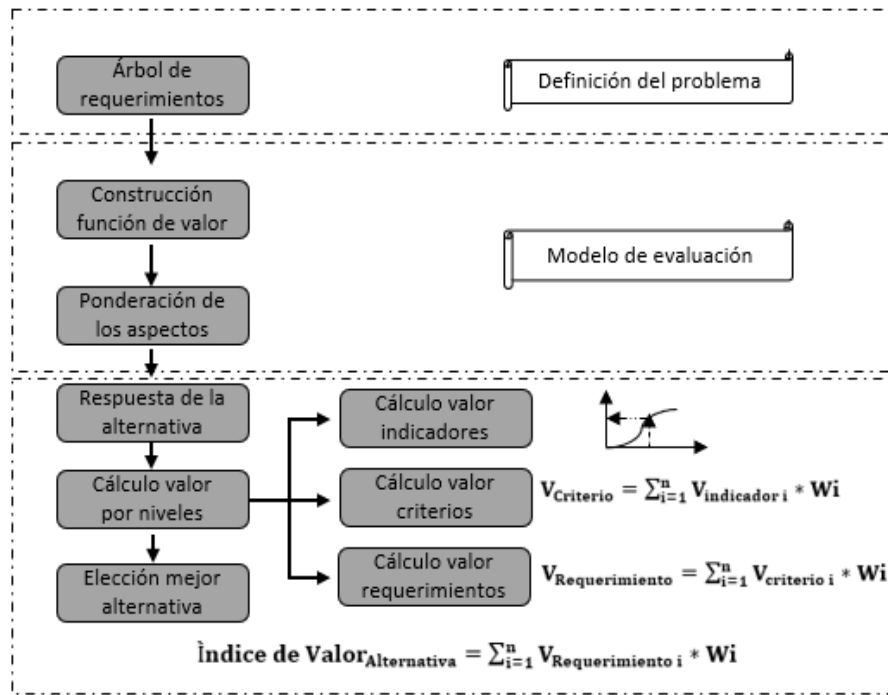
Figura 3.5 Evaluación de alternativa del árbol de requerimientos



Fuente: Villegas (2009).

Finalmente, la evaluación consiste fundamentalmente en seis etapas según el diagrama de la **figura 3.6** mostrada a continuación:

Figura 3.6 Diagrama del proceso de evaluación para cada alternativa



Fuente: Autor (2020).

3.2.4.1 Ponderación y asignación de pesos

La teoría de la utilidad “multiatributo” y el análisis de valor proporcionan un marco de referencia riguroso mediante un proceso de jerarquización, evaluación, valoración, ponderación y agregación (CORTES; JOSA; MARQUES, 2011).

Siendo el análisis multi-criterio, la metodología a ser utilizado para la ponderación de las variables es Proceso analítico jerárquico (Analytic Hierarchy Process - A.H.P) (Saaty, 1980), perteneciente a la familia de los métodos de agregación con técnica infinito discreto, donde se basa en una comparación por pares de todos los elementos entre ellos. Esta comparación se hace a través de una escala propuesta por Saaty (1980), en la que se toman las situaciones intermedias y los inversos, mostrada en la **tabla 3.3**.

Tabla 3.3 Tabla de comparación propuesta por Saaty (1980)

Importancia del aspecto i respecto j (a_{ij})	Importancia del aspecto j respecto i (a_{ji})
1: Igual importancia	1: Igual importancia
3: Ligeramente más importante o preferido	$\frac{1}{3}$: Ligeramente más importante o preferido
5: Más importante o preferido	$\frac{1}{5}$: Más importante o preferido
7: Mucho más importante o preferido	$\frac{1}{7}$: Mucho más importante o preferido
9: Absolutamente o extremadamente más preferido	$\frac{1}{9}$: Absolutamente o extremadamente más preferido

Fuente: Elaborado por el autor (2020), adaptado al Manual MIVES (2009).

Terminando la comparación de todos los aspectos de un mismo grupo entre ellos se obtiene una matriz [A] de comparación (Manual MIVES, 2009) como se muestra en la **tabla 3.4**, cuyas características son:

- Matriz diagonal unitaria, ya que cuando se compara la importancia de un elemento consigo mismo, es de igual importancia (la matriz debe ser siempre cuadrada)
- El elemento simétrico de la matriz es el número inverso, lo que significa que la parte inferior de la diagonal es inversa a la parte superior.

Tabla 3.4 Matriz de comparación [A] (nxn)

Criterio "i"	C1	C2	.....	Ci	.....	Cn
C1	1	a_{12}	.....	a_{1i}	.....	a_{1n}
C2	$\frac{1}{a_{21}}$	1	.....	a_{2i}	.....	a_{2n}
.....	.....	.....	1	.....	.....	.....
Ci	$\frac{1}{a_{i1}}$	$\frac{1}{a_{i2}}$	.....	1	.....	a_{in}
.....	.....	.....	.....		1	
Cn	$\frac{1}{a_{n1}}$	$\frac{1}{a_{n2}}$	.....	$\frac{1}{a_{ni}}$	.....	1

Fuente: Autor (2020).

Basado en procedimiento matemático propuesto por A.H.P., la siguiente fase se encuadra con la obtención de prioridades. Para eso se calcula el vector propio que es realizado a través de la normalización de los elementos de la matriz [A] por medio de la

ecuación (1), obteniendo así una matriz [B]. Donde cada elemento de la matriz [B] debe corresponder al elemento de la matriz [A] dividido por la sumatoria de los elementos de la columna donde se encuentra dicho elemento de la matriz.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Si bien con los componentes de la matriz [B] ya definidos, se calcula el vector de pesos de los atributos [Wi] mediante la **ecuación (2)**. Cada elemento de este vector está compuesto por la sumatoria de los elementos de cada columna de la matriz [B] dividido entre el número (n) de requerimiento, criterios o indicadores. El peso adquirido para cada uno de ellos, dependerá del orden en que hayan sido colocados en la matriz [A] (VILLEGAS, 2009 & MANUAL MIVES, 2009).

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Consistencia de la matriz de comparación o de decisión

Finalmente, se debe calcular la consistencia (o no) de las comparaciones realizada en la matriz [A]. Para ilustrarlo, se consideró C1, C2, C3,... Cn como los componentes del requerimiento, criterios e indicadores. Donde sí C1 es el doble de importante que C2 y C2 el doble de importante que C3, de lo que resulta que C1 debe ser cuatro veces más importante que C3. Si la comparación entre C1 y C3 se aleja de 4, significa que los juicios no son muy consistentes (MANUAL MIVES, 2009).

Para evaluar la consistencia, Saaty propone calcularla mediante la relación de consistencia (C.R., consistency ratio), definida por el índice de consistencia (C.I) y el índice de consistencia aleatoria (**ecuación 3**).

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \leq 0,1 \quad (3)$$

Donde se parte del cálculo del índice de consistencia (C.I) definido a través de la **ecuación 4**.

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Donde λ_{max} es el valor propio máximo.

Para obtener ese valor propio máximo se consigue mediante el producto de la suma de las columnas de la matriz a_{ij} , por la componente del vector de prioridades W_j (ver ecuación 5).

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^n a_{ij}) * W_j$$

(5)

Según Ferris (2008), el autovalor máximo de la matriz de comparación es igual a n en el caso que la matriz $[A]$ sea totalmente consistente. Este valor propio, aumenta a medida que aumenta la inconsistencia.

Por otra parte, el índice de consistencia aleatoria (R.I.) es la media de todos los índices de consistencia (C.I.) de una matriz de comparación generada de forma aleatoria. Solo depende del tamaño de la matriz (n) y toma de valores que se encuentran en la **tabla 3.5** (MANUAL MIVES, 2009).

Tabla 3.5 Índice de consistencia aleatoria (R.I.)

n	R.I.	n	R.I.	n	R.I.
1	0,00	6	1,252	11	1,513
2	0,00	7	1,341	12	1,535
3	0,525	8	1,404	13	1,555
4	0,882	9	1,452	14	1,570
5	1,115	10	1,484	15	1,583

Fuente: Elaborado por el autor (2020), basado en el Manual MIVES (2009).

Para el caso que la matriz $[A]$ con $n < 2$, no se necesita una verificación, ya que C.I. siempre es cero. En el caso que $C.R. > 0,1$, el decisor debe revisar los valores asignados en la matriz de comparación $[A]$ y repetir el resto de procedimiento, hasta que $C.R. < 0,1$ (VILLEGAS, 2009).

3.2.4.2 Definición y construcción de la función de valor.

La función de valor transforma el indicador con unidades físicas a unidades comunes (valor). El uso de esta función como herramienta de medición para las respuestas de

indicadores con distintas unidades, transformando esas unidades a través de una escala de valores adimensionales permitiendo así sumar valoraciones como, por ejemplo: calidad de la pista con contaminación sonora (Manual MIVES, 2009). Para definir la función de valor es necesario:

- Definir la tendencia de valor,
- Determinar los puntos de mínima y máxima satisfacción,
- Definir la forma de la función de valor,
- Definir matemáticamente la función de valor,

Si bien, la función de valor permite pasar de una cuantificación de una variable a una variable adimensional comprendida entre 0 y 1.

Por otro lado, la función de valor se define mediante 4 parámetros ya mencionado anteriormente que, al transformarlos, permite obtener todo tipo de formas como se muestra en la **tabla 3.6** y cada forma viene, genéricamente, dada por la **ecuación 6** (MANUAL MIVES, 2009 & MANGA, 2005)

Tabla 3.6 Tipo de formas de la función de valor

Forma	Pi	Ki
Cóncava	<0,75	>0,9
Convexa	>2	<0,1
Lineal	1	0
S suave	2<Pi<4	0,1<Ki<0,2
S fuerte	4<Pi<10	0,1<Ki<0,2

Fuente: Elaborado por el autor (2020) basado en Cortes, Josa, Marques (2011)

$$V_{ind} = A * B * \left(1 - e^{-K_i * \left(\frac{|X - X_{min}|}{C_i}\right)^{P_i}}\right) \quad (6)$$

Dónde:

A= Valor que genera la abscisa “X_{min}”, generalmente A=0

X_{min}= Abscisa del indicador que genera un valor igual a “A”

X= Abscisa del indicador evaluado que genera un valor igual a V_{ind}.

P_i= Es un factor que determina la pendiente de la curva en el punto de inflexión de coordenadas (C_i, K_i). Define la forma de la curva.

C_i = Para curvas en forma de “S”, este factor establece el valor de la abscisa del entorno del punto de inflexión.

K_i = Define el valor de la ordenada del punto C_i .

Por otro lado, el parámetro “B” (**ecuación 7**), es el factor que garantiza mantener la ecuación 6 en el intervalo 0 y 1.

$$(7) \quad B = \left(1 - e^{-K_i * \left(\frac{|X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right)^{-1}$$

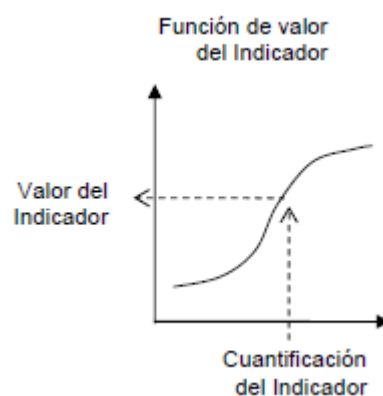
3.2.4.3 Cálculo de las alternativas

De acuerdo al diagrama de la **figura 3.6** y el esquema de la **figura 3.5** presentado anteriormente las alternativas se cuantifican de forma escalonada con 6 etapas y de derecha a izquierda, a continuación, se describe el cálculo en cada nivel.

Valor de los indicadores:

Este valor se obtiene a partir de la función de valor y la cuantificación del indicador para cada alternativa (**figura 3.7**), en la abscisa la cuantificación del indicador como dato de entrada interceptando al gráfico de la función de valor y encontrando el valor del indicador ($V_{indicador}$) en la ordenada (MANUAL MIVES, 2009).

Figura 3.7 Valor del indicador



Fuente: Manual MIVES (2009)

Valor de los criterios:

Se obtiene a partir de la sumatoria del producto entre el valor de los indicadores pertenecientes al mismo criterio y sus respectivos pesos (**ecuación 8**).

$$V_{\text{Criterio}} = \sum_{i=1}^n V_{\text{indicador } i} * W_i \quad (8)$$

Valor de los requerimientos:

Se calcula de la misma manera que el anterior con la diferencia que en vez de indicadores, son colocados los criterios. (**ecuación 9**).

$$V_{\text{Requerimiento}} = \sum_{i=1}^n V_{\text{criterio } i} * W_i \quad (9)$$

Índice de valor de las alternativas:

Por último, para obtener el índice de las alternativas se suma el valor de los requerimientos multiplicados por sus pesos respectivamente. (**ecuación 10**).

$$\text{Índice de Valor}_{\text{Alternativa}} = \sum_{i=1}^n V_{\text{Requerimiento } i} * W_i \quad (10)$$

Es importante resaltar que el peso (W_i) es perteneciente a cada caso, para el valor de los criterios se utiliza el peso de los indicadores, para el valor de los requerimientos se utiliza el peso de los criterios; y por último para el índice de valor se utiliza el peso de los requerimientos.

4 CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE CASO TRIPLE FRONTERA

En el capítulo 3, se han representado y explicado las metodologías utilizadas en este trabajo de conclusión de curso. La primera metodología indicada como IMUS, ha sido

utilizada como base para el levantamiento de datos, considerada como metodología de recolección de información. Además, ha sido explicada la metodología MIVES como eje principal del estudio, a un nivel de detalle profundo en aras de representar las etapas y procesos desarrollados en este trabajo.

Ya en este capítulo 4, se pretende presentar la caracterización del caso de la triple frontera a través de las metodologías utilizadas. El capítulo está estructurado de tal forma que se muestren los pasos y seguimiento del análisis. En primer lugar, se identifican los corredores o vías urbanas analizadas en sus tres escenarios (Brasil, Paraguay y Argentina). Enseguida es presentada la configuración del árbol de requerimientos en sus 3 ejes principales detallando la concepción de estos. Así, han sido definidos los indicadores cualitativos que dan apoyo a la medición física de elementos urbanos.

Finalmente, el capítulo 4, muestra la línea conductora de aplicación del modelo a través del proceso de jerarquía analítica (AHP) y la definición de las funciones de valor, propias del modelo.

4.1 Etapa de Campo

Se han seleccionado 27 corredores viales para el caso de la triple frontera (10 vías Foz de Iguazú - Brasil, 10 vías Puerto de Iguazú -Argentina y 7 vías para Ciudad del Este - Paraguay). Para realizar la selección de las vías se han seguido dos criterios principales: vías con carácter turístico y que fomentan el desarrollo comercial de la región de la ciudad.

Así mismo, se han considerado criterios de segundo orden como: alto índice de tráfico, ocurrencia del transporte público, densidad peatonal y comercial-gastronómica también han sido considerados al momento de seleccionar las vías urbanas para el estudio.

De la misma forma, es importante resaltar que se han definido ciertas condiciones en el proceso del levantamiento de la información con el objetivo de otorgar fiabilidad en los resultados entre los 3 países. Por ejemplo, el levantamiento de información ha sido realizado por el mismo evaluador bajo un formato padrón, el registro y levantamiento de la información se ha realizado en condiciones homologas (horarios, clima), y para ambos casos se ha seguido las normativas internacionales (y locales).

En ese contexto, la **tabla 4.1** presenta las vías urbanas seleccionadas a rigor de los criterios anteriormente comentados. Se han presentado los nombres completos de las avenidas indicando entre paréntesis el número de vía que permitirá la identificación en los resultados finales.

Tabla 4.1 Corredores o avenidas seleccionadas para el estudio de Foz de Iguazú

País	Corredores o avenidas analizadas
Brasil	Paraná (1) De las Cataratas (2) República Argentina (3) Jorge Schimmelpfeng (4) Juscelino Kubitscheck (5) Silvio Américo Sasdelli (6) Costa e Silva (7) Tarquínio Joslin dos Santos (8) Andradina (9) José María de Brito (10)
Paraguay	Mariscal López (1) República de Perú (2) San Blas (3) Gral. Bernardino Caballero (4) Monseñor Rodríguez (5) Calle 10 (6) Armando Benítez (7)
Argentina	Victoria Aguirre (1) Córdoba (2) Guaraní (3) Misiones (4) Tres Fronteras (5) República Argentina (6) Horacio Quiroga (7) 9 de Julio (8) Brasil (9) Hipólito Yrigoyen (10)

Fuente: Autor (2020)

En lo que se refiere al levantamiento de información (criterios e indicadores) se ha llevado a cabo por medio de formulario específico (*Anexo I*), considerando los 5 modos de transporte: peatón, ciclista, transporte público, motociclista y vehículo ligero.

4.2 Árbol de Requerimiento

El estudio presenta tres ejes principales de evaluación en lo que se refiere al árbol de requerimientos: Infraestructura urbana, accesibilidad y movilidad. La concepción de estas componentes, supone la necesidad de observar tres aspectos principales: medir el estado físico de los elementos urbanos, evaluar el grado de cumplimiento de normativas internacionales en accesibilidad y revisar la calidad de vida del usuario al momento de ocupar un espacio urbano.

La **tabla 4.2** presenta el árbol de requerimientos definido para el caso de la triple frontera. La estructura principal ha sido modelada de tal forma que el problema es presentado dentro de las necesidades del trabajo (requerimientos), y pueda ser medido e evaluado bajo un carácter técnico científico (criterios e indicadores).

El requerimiento “**Infraestructura Urbana**” analiza el estado físico de los componentes urbanos como criterio principal, a través de la evaluación de dos indicadores: calidad de la calzada y de la superficie asfáltica con unidad de medición de puntaje comprendida de 0 a 100.

Ya el requerimiento “**Accesibilidad**” integra indicadores asociados al cumplimiento de la normativa ABNT NBR 9050:2004 (para el caso de Foz de Iguazú – Brasil), la Ley Nacional N° 24314 (para el caso de Puerto Iguazú – Argentina) y la Ley N° 4934 (para el caso de Ciudad del Este – Paraguay) con el claro objetivo de mejorar la calidad de movilidad urbana del usuario bajo ese perfil. Los indicadores considerados para dicho análisis son: adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas y áreas de circulación, también con unidad de medición de puntaje de 0 a 100.

Por último, el requerimiento “**Movilidad**” define y analiza indicadores agrupados de forma transversal en los distintos modos de transporte analizados: peatón, vehículo ligero, ciclista y transporte público. Por ejemplo, para el indicador “calidad de movilidad”, se han considerado atributos como: densidad de la calzada (*aforos peatonales*), interferencias de movilidad del usuario, semáforos peatonales y sombreamiento.

Tabla 4.2 Árbol de Requerimientos

Requerimientos	Criterios	Indicador	Unidad de medición
INFRAESTRUCTURA URBANA	Estado físico del elemento	Calidad de la calzada	Puntaje 0 – 100
		Calidad de la superficie asfáltica	
ACCESIBILIDAD	Cumplimiento de normatividad	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	
		Áreas de circulación	
MOVILIDAD	Peatón	Calidad de movilidad	decibeles
		Nivel de servicio de la calzada	
		Contaminación sonora	
	Vehículo ligero	Interferencias	Puntaje 0 - 100
	Ciclista	Calidad de trayecto y seguridad	
	Transporte público	Calidad de infraestructura y señalización	

Fuente: Autor (2020).

El criterio “**Estado físico del elemento**” considera dos indicadores principales: calidad de la calzada y calidad de la superficie asfáltica. En el árbol de requerimientos, estos indicadores han sido revisados como variables cualitativas y han sido revisados a través de una metodología de inspección creada para este trabajo de conclusión de curso.

En el criterio de “**Cumplimiento de la normatividad**” se han adoptado 2 indicadores principales que otorgan al usuario una calidad de movilidad adecuada en lo que se refiere al concepto de accesibilidad. Este criterio sugiere la incorporación del indicador “Adaptaciones en la infraestructura para personas con capacidad reducida y áreas de circulación que permitan cumplir las exigencias internacionales en lo que se refiere a ciudades con alto grado de inclusión social.

En lo que se refiere al criterio “**Peatón**” se han abordado aspectos que permitan pedir la calidad de tránsito a lo largo de un tramo determinado. Es decir, el estudio sugiere medir la calidad de movilidad del peatón a través de las distintas interferencias en su trayecto y la contaminación sonora urbana (entre otros).

En lo que respecta al criterio “**vehículo ligero**” se ha considerado el indicador interferencias abordando atributos como son: radares urbanos, interrupciones a vehículos ligeros y porcentaje de vehículos en el tramo estudiado. Referente al criterio “**ciclista**” se ha analizado el indicador “Calidad de trayecto y seguridad” con los atributos: incorporación de ciclo vía, semáforos para ciclista, iluminación correcta en pista, respeto al ciclista.

Finalmente, el criterio “**transporte público**” analiza el indicador “Calidad de infraestructura y señalización” a través de parámetros como son: pista preferencial para autobús, existencia de controles de velocidad, calidad de parada de autobús, frecuencia de oferta y adecuada señalización.

4.2.1 Desdoblamiento de indicadores

A continuación, se muestra la configuración y estructura de los indicadores evaluados. La representación de cada uno de estos indicadores en este trabajo de conclusión de curso aporta conceptos de trazabilidad y reproducibilidad del modelo en otros escenarios distintos al de la Triple Frontera Foz do Iguazú, Ciudad del Este y Puerto Iguazú.

La representación de los indicadores sigue la representación del árbol de requerimientos mostrado anteriormente en la **tabla 4.2**. En el transcurso de este apartado se pueden observar los elementos analizados, grados de cumplimiento, niveles de servicio y ponderaciones correspondientes a cada indicador.

Indicadores del requerimiento “Infraestructura urbana”

El requerimiento “Infraestructura Urbana” considera dos (2) indicadores principales: **calidad de la calzada y calidad de la superficie asfáltica**. Estos indicadores se desdoblan en 4 parámetros de medición con sus respectivos grados de cumplimiento y una ponderación asociada.

El análisis y medición de tales indicadores corresponden a una medición cualitativa debido a la forma de levantar la información. Para ello, se ha definido una metodología específica que permita transformar las informaciones cualitativas de dichos indicadores en valores cuantitativos.

Para el caso del indicador “calidad de la calzada” se han analizado 3 parámetros como son deterioro, continuidad e iluminación (desde una percepción cualitativa – cuantitativa). Así, el indicador “calidad de la superficie asfáltica” define un único parámetro de medición denominado “deterioro de la superficie asfáltica”.

En la **tabla 4.3** se muestran los parámetros indicados para los indicadores correspondientes al indicador perteneciente al requerimiento de “Infraestructura Urbana”. La sumatoria de los puntajes (ponderaciones) de todos los parámetros, son considerados como valores de respuesta del indicador en cada vía.

Tabla 4.3 Ponderaciones para el requerimiento Infraestructura Urbana

CRITERIO: Estado físico del elemento		
Indicador: Calidad de la calzada		
Parámetro	GRADO DE CUMPLIMIENTO	PONDERACIÓN
Deterioro de la calzada	A - Acera continua y totalmente plana. Sin deformaciones en el 100% del tramo estudiado. Sin presencia de huecos o desgaste del material. Superficie con señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Bordillos en perfectas condiciones y sin deterioro.	60
	B - Acera continua y totalmente plana. Sin deformaciones hasta un 80% del tramo estudiado. Sin presencia de huecos y poco desgaste del material. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Presencia de desgaste en bordillos de protección.	40
	C - Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado. Poca presencia de huecos y Deterioro visual del revestimiento de la acera. No presenta riesgo para el usuario. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Posibilidad de rehabilitación de la acera.	20
	D - Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado. Alta presencia de huecos y alto desgaste del material. Inicio de pérdida de material de la acera. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida.	10
	E - Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado. Desprendimiento de material de revestimiento de la acera. Presencia de huecos y desgaste del material con riesgo para el usuario. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Necesidad de reposición de la acera.	0
Continuidad de la calzada	i. Sin interrupciones	20
	ii. de 1 a 4 interrupciones	10
	iii. de 5 a 10 interrupciones	5
	iv. más de 10 interrupciones	0
Iluminación de la calzada	El tramo estudiado cuenta con iluminación de la calzada	20
	El tramo estudiado cuenta con iluminación de la calzada	0
Indicador: Calidad de la superficie asfáltica		
Parámetro	GRADO DE CUMPLIMIENTO	PONDERACIÓN
Deterioro de la superficie asfáltica	A - Superficie en perfecto estado y sin presencia de patologías en el asfalto. Presencia de colectores pluviales. Identificación de señalización en la pista.	100
	B - Superficie en perfecto estado con presencia inicial de patologías en el asfalto. Presencia de colectores pluviales. *Sin señalización en pista.	50
	C - Superficie con presencia de patologías sin pérdida de material. Existencia de piel de cocodrilo y fisuraciones mayores a 5 mm.	20
	D - Superficie del asfalto deteriorada con pérdida de	10

	material. Ahuellamiento de la carpeta asfáltica visible. Falta de elementos de drenaje superficial.	
	E - Deterioro de la superficie del asfalto mayor a un 80%. Pérdida de material, presencia de ahuellamiento con riesgo para el usuario. Reducción de velocidad del usuario por patologías de la superficie.	0

Fuente: Autor (2020)

En aras de complementar la **tabla 4.3**, a continuación, se muestran las **tablas 4.4** y **4.5** con el objetivo de reflejar una clara y correcta representación visual, al momento de evaluar los parámetros cualitativos del estudio. Para medir el parámetro “deterioro de la calzada” correspondiente al indicador “calidad de la calzada” se siguen las orientaciones mostradas en la **tabla 4.4**.

Esta escala de medición representa, en cierto sentido, el nivel de servicio referente a la movilidad del peatón al momento de utilizar la calzada. Esta metodología caracteriza de forma particular, la información obtenida en campo sobre la calidad del elemento (calzada), otorgando distintos niveles de servicio, desde calidad excelente (*nivel de servicio A*) hasta calidad pésima (*nivel de servicio E*).

Tabla 4.4 Escala de medición para indicador “calidad de la calzada”.

Nivel de servicio	Descripción	Representación visual
A – Excelente estado	Acera continua y totalmente plana. Sin deformaciones en el 100% del tramo estudiado. Sin presencia de huecos o desgaste del material. Superficie con señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Bordillos en perfectas condiciones y sin deterioro.	
B – Buen estado	Acera continua y totalmente plana. Sin deformaciones hasta un 80% del tramo estudiado. Sin presencia de huecos y poco desgaste del material. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Presencia de desgaste en bordillos de protección.	

C – Regular estado	Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado. Poca presencia de huecos y Deterioro visual del revestimiento de la acera. No presenta riesgo para el usuario. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Posibilidad de rehabilitación de la acera.	
D – Muy mal estado	Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado. Alta presencia de huecos y alto desgaste del material. Inicio de pérdida de material de la acera. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida.	
E - Péximo	Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado. Desprendimiento de material de revestimiento de la acera. Presencia de huecos y desgaste del material con riesgo para el usuario. Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida. Necesidad de reposición de la acera.	

Fuente: Autor (2020).

Por otro lado, para definir las directrices del parámetro “*deterior de la superficie asfáltica*” se han seguido los niveles de servicio reflejados en la **tabla 4.5**. La información obtenida en la etapa de campo es caracterizada por medio de esta escala de medición, desde calidad excelente (servicio A) hasta calidad pésima (servicio E).

Tabla 4.5 Escala de medición para indicador “calidad de la superficie asfáltica”

Nivel de servicio	Descripción	Visualización cualitativa
A – Excelente estado	Superficie en perfecto estado y sin presencia de patologías en el asfalto. Presencia de colectores pluviales. Identificación de señalización en la pista.	

B – buen estado	Superficie en perfecto estado con presencia inicial de patologías en el asfalto. Presencia de colectores pluviales. *Sin señalización en pista.	
C – regular estado	Superficie con presencia de patologías sin pérdida de material. Existencia de piel de cocodrilo y fisuraciones mayores a 5 mm.	
D – muy mal estado	Superficie del asfalto deteriorada con pérdida de material. Ahuellamiento de la carpeta asfáltica visible. Falta de elementos de drenaje superficial.	
E - Pésimo	Deterioro de la superficie del asfalto mayor a un 80%. Pérdida de material, presencia de ahuellamiento con riesgo para el usuario. Reducción de velocidad del usuario por patologías de la superficie.	

Fuente: Autor (2020).

Indicadores del requerimiento “Accesibilidad”

El requerimiento “Accesibilidad” ha considerado dos (2) indicadores con carácter cuantitativo: **adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas y áreas de circulación**. El análisis y medición de estos indicadores corresponden a una medición cuantitativa desde 0 a 100 puntos.

Si bien se exponen los aspectos relacionados al requerimiento de “Accesibilidad” de forma general, se ha seguido las reglamentaciones y normativas respectivas a cada país evaluado. Es decir, se han revisado y definido los parámetros de medición en función de cada restricción y naturaleza del indicador estimado.

Para medir el requerimiento “Accesibilidad” se presenta la **tabla 4.6**, conforme a los parámetros “Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas” siguiendo las reglamentaciones de Brasil (*ABNT NBR 9050:2004*), Paraguay (*Ley Nacional Paraguaya N° 4934*) y de Argentina (*Ley Nacional Argentina N° 24314*). Así, para el

parámetro “Áreas de circulación en calzadas”, se ha analizado bajo el mismo grado de cumplimiento para ambos países.

Tabla 4.6 Ponderaciones para el requerimiento Accesibilidad

CRITERIO: Cumplimiento de normatividad		
Indicador: Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas		
Parámetro	GRADO DE CUMPLIMIENTO	PONDERACIÓN
Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	Adaptaciones de accesibilidad para cumplir normativa	50
	Señalización adecuada en calzada	25
	Integración de símbolos internacionales	25
Indicador: Áreas de circulación en calzadas		
Parámetro	GRADO DE CUMPLIMIENTO	PONDERACIÓN
Áreas de circulación en calzadas	El tramo cuenta con áreas de circulación para personas con capacidades reducidas en calzada, considera accesos y circulaciones para sillas de ruedas sin interferencias en toda la calzada.	100
	El tramo cuenta con áreas de circulación para personas con capacidades reducidas en calzada, considera accesos y circulaciones para sillas de ruedas en algunas partes del tramo estudiado.	50
	El tramo no cuenta con áreas de circulación para personas con capacidades reducidas en calzada, no considera accesos y circulaciones para sillas de ruedas en ningún parte del tramo estudiado.	0

Fuente: Autor (2020).

Es importante resaltar que el criterio “Cumplimiento de la normatividad” observa las distintas estrategias en gestión pública para alcanzar estándares y lineamientos internacionales en lo que respecta a la calidad de vida del usuario con capacidades reducidas de movilidad.

En ese sentido, el estudio promueve acciones para mejorar los componentes urbanos tanto en señalización como elementos de apoyo en la propia movilidad. La exigencia del grado de cumplimiento de estos parámetros supone una clara política de inclusión social y una mejora significativa de movilidad urbana.

Indicadores del requerimiento “Movilidad”

El requerimiento “Movilidad” ha considerado cuatro (4) criterios de carácter cualitativo y cuantitativo: **Peatón** (*indicadores: calidad de la movilidad, contaminación sonora*), vehículo ligero (*Indicador: interferencias*), **Ciclista** (*indicador: calidad del trayecto y seguridad*) y **transporte público** (*indicador: calidad de infraestructura y señalización*). El análisis y medición de estos indicadores corresponden a una medición cuantitativa desde 0 a 100 puntos y medición de decibeles en el área urbana.

En lo que se refiere a la medición del indicador “Calidad de la movilidad” se debe atender el análisis de cuatro principales parámetros: densidad de la calzada, interferencias de movilidad, semáforos peatonales y sombreadamiento (ver **tabla 4.7**). Cada uno de estos parámetros considera distintos grados de cumplimiento y una ponderación asociada.

Es importante resaltar que el parámetro “densidad de calzada” es medido a través de 6 niveles de servicio relacionando su ponderación. Para la definición de este nivel de servicio, se debe observar la **tabla 4.8**, donde se relaciona el espacio público de tránsito del peatón, la tasa de flujo y la propia velocidad, obteniendo así, el nivel de servicio en función a la densidad peatonal.

Tabla 4.7 Ponderaciones para el requerimiento Movilidad

Criterio: Peatón		
Indicador: Calidad de movilidad		
Parámetro	GRADO DE CUMPLIMIENTO	PONDERACIÓN
Densidad de calzada	Se encuentra entre el nivel de servicio A	20
	Se encuentra entre el nivel de servicio B y C	10
	Se encuentra entre el nivel de servicio D y F	5
	Se encuentra entre el nivel de servicio F	0
Interferencias de movilidad	El tramo estudiado <u>no</u> presenta interferencias.	45
	Entre 1 y 5	20
	Entre 6 y 10	10
	Más de 10	0
Semáforos para peatón	El tramo si tiene semáforo peatonal	10
	El tramo NO tiene semáforo peatonal	0
Sombreamiento	Presencia de árboles en el tramo: Más de 200	25
	Presencia de árboles en el tramo entre 100 y 200	10
	Presencia de árboles en el tramo entre 50 y	5

	100	
	Presencia de árboles en el tramo entre 0 y 50	0

Fuente: Autor (2020).

Tabla 4.8 Niveles de servicio con respecto a la densidad de la calzada.

Nivel de servicio de la calzada. Unidad de medición: nivel de servicio				
NIVEL DE SERVICIO	Espacio (m ² por peatón)	Tasa de flujo (peatón/min/m)	Velocidad (m/s)	DENSIDAD
A	> 5.60	≤ 16	> 1.30	Cálculo de la densidad de la calzada de la vía analizada
B	> 3.70 – 5.60	> 16 – 23	> 1.27 – 1.30	
C	> 2.20 – 3.70	> 23 – 33	> 1.22 – 1.27	
D	> 1.40 – 2.20	> 33 – 49	> 1.14 – 1.22	
E	> 0.75 -1.40	> 49 – 75	> 0.75 – 1.14	
F	≤ 0.75	Variable	≤ 0.75	

Fuente: HCM (2000).

Enseguida, se presenta el parámetro “interferencias de movilidad” son representados físicamente en campo, como aquellas interrupciones de movilidad del peatón durante su recorrido de un punto a otro. Es decir, la vía es analizada a través de interferencias dentro de la calzada que interfieran en la calidad de traslado del usuario en un periodo corto de tiempo.

De la misma forma, se han incorporado los parámetros “semáforos para peatón” y “sombreamiento” con el claro objetivo de revisar la calidad de tránsito peatonal desde un origen y destino. Estos parámetros son evaluados a través de ponderaciones relacionados al grado de cumplimiento ante interferencias, presencia de dispositivos y cantidad de árboles presentes en la vía.

El indicador “contaminación sonora” ha sido medido por medio de equipo portátil (decibelímetro Digital Portátil SKILL-TEC SKDEC-01 Digital Sound Leve Meter- Range 30 dB – 130 dB), permitiendo revisar el cumplimiento de la normativa ABNT NBR 10151:2019 (para el caso de Foz de Iguazú – Brasil) mostrado en la **tabla 4.9**, la Ley Nacional N° 1540/04 (para el caso de Puerto Iguazú – Argentina - ver **tabla 4.10**) y la Ley N° 1.100/97 (para el caso de Ciudad del Este – Paraguay) representado en la **tabla 4.11**.

Tabla 4.9 Nivel de criterio de evaluación acústica (NCA) para Brasil.

Tipos de áreas	Diurno	Nocturno
Áreas de sitios y haciendas	40	35
Área estrictamente residencial urbana, de hospitales o escuelas	50	45
Área mixta, predominantemente residencial	55	50
Área mixta, con vocación comercial y administrativa	60	55
Área mixta, con vocación recreacional	65	55
Área predominantemente Industrial	70	60

Fuente: Autor (2020) basada a la norma NBR 10151:2019.

Tabla 4.10 Límites máximos permisibles de ruido para Argentina.

VALORES LÍMITES		
Área de sensibilidad acústica	Período diurno (15hs.)	Período nocturno (9hs.)
Tipo I (Área de silencio)	60	50
Tipo II (Área levemente de ruidoso)	65	50
Tipo III (Área tolerantemente ruidoso)	70	60
Tipo IV (Área ruidoso)	75	70
Tipo IV (Área especialmente ruidoso)	80	75

Fuente: Autor (2020) basada a la Ley 1540/04.

Tabla 4.11 Niveles promedios que no se consideran ruidos y sonidos molestos para Paraguay.

Ámbito	Noche 20:00 a 07:00	Día 07:00 a 20:00	Día (Pico opcional) 07:00 a 12:00 14:00 a 19:00
Áreas residenciales, de uso específico, espacios públicos: áreas de esparcimiento, parques, plazas y vías públicas.	45	60	80
Áreas mixtas, zonas de transición, de centro urbano, de programas específicos, zonas de servicios y edificios públicos.	55	70	85
Área Industrial	60	75	90

Fuente: Autor (2020) basada a la Ley 1.100/97.

Es importante destacar que los límites de tolerancias (máximos) en el indicador de contaminación sonora urbana se encuentran definidos valores permitidos de 60 dB para Brasil, 70 dB para Paraguay y 70 dB para Argentina.

En lo que se refiere al criterio “Vehículo ligero”, a continuación se presenta en la **tabla 4.12** el indicador denominado “interferencias” que evalúa la calidad de tránsito y movilidad con respecto a 3 parámetros principales: presencia de radares, interrupciones de vehículo ligero al peatón y porcentaje de vehículos ligeros (descomposición vehicular por medio de aforos).

Tabla 4.12 Parámetros evaluados respecto al criterio Vehículo ligero

CRITERIO: Vehículo ligero		
Indicador: Interferencias		
Parámetro	GRADO DE CUMPLIMIENTO	PONDERACIÓN
Presencia de radares de velocidad	Si	25
	No	0
Interrupciones de vehículos ligero al peatón	sin interrupciones	15
	entre 1 y 5	5
	Más de 5	0
Porcentaje de vehículos ligeros	Menos del 50%	10
	Más del 50%	0

Fuente: Autor (2020).

Respecto al indicador Calidad de trayecto y seguridad del criterio “Ciclista” incorpora parámetros de medición y evaluación de la vía en relación a la presencia de infraestructura y dispositivos electrónicos urbanos. En la **tabla 4.13**, se presentan los parámetros asociados al grado de cumplimiento y su ponderación desde valores de 0 a 100 puntos.

Tabla 4.13 Parámetros evaluados respecto al criterio ciclista

CRITERIO: Ciclista		
Indicador: Calidad de trayecto y seguridad		
Parámetro	GRADO DE CUMPLIMIENTO	PONDERACIÓN
Ciclo vía	El tramo considera ciclo vía	50
	El tramo no considera ciclo vía	0
Semaforización	El tramo considera semáforo para	10

	ciclista	
	El tramo no considera semáforo para ciclista	0
Iluminación en pista	Pista iluminada	25
	Pista sin iluminar	0
Respeto al ciclista	Si	15
	No	0

Fuente: Autor (2020).

Finalmente, el criterio de transporte urbano considera el indicador “calidad de infraestructura y señalización a través de 5 parámetros de análisis. Se han definido para este caso, la existencia de infraestructura urbana que otorgue soporte para una mejor calidad de movilidad en las vías.

La **tabla 4.14** refleja los parámetros analizados para este indicador: existencia de pista preferencial para autobús, dispositivos de control de velocidad, calidad del punto de espera del transporte público, calidad de frecuencia, y señalización.

Tabla 4.14 Parámetros evaluados para el criterio transporte urbano

CRITERIO: Transporte urbano		
Indicador: Calidad de infraestructura y señalización		
Parámetro	Grado de cumplimiento	Ponderación
Pista preferencial de tránsito	Si considera	30
	No considera	0
Existencia de controles de velocidad	Si considera	15
	No considera	0
Calidad de parada de autobús	Excelente	25
	Buena	10
	regular	5
	Deficiente o no presenta	0
Calidad de frecuencia	entre 5 y 10 minutos	25
	entre 11 y 20 minutos	10
	entre 20 y 30 minutos	5
	Más de 30 minutos	0
Señalización	Excelente	20
	Regular	10
	Deficiente	0

Fuente: Autor (2020).

Es importante destacar que cada uno de los indicadores, criterios y requerimientos propuestos para este trabajo de conclusión de curso han sido definidos con el objetivo claro de mejorar significativamente las condiciones de movilidad en cada uno de los sistemas de transporte analizados. Así mismo, las ponderaciones indicadas en cada una de las tablas pertenecientes a los indicadores y parámetros se han definido a través de reuniones periódicas con especialistas en el área de transporte, desarrollo de indicadores urbanos y creadores de metodologías de evaluación de proyectos.

4.3 Pesos de Atributos obtenidos (ponderaciones)

El peso de los atributos tanto para los requerimientos, criterios e indicadores ha sido definido por medio de la herramienta AHP - Analytical Hierarchy Process (Saaty, 2004). Donde la comparación entre atributos se ha realizado entre grupos del mismo origen de forma matricial, explicado en el capítulo 3. La **tabla 4.15**, representa el modelo de comparación entre los atributos para cada requerimiento.

Tabla 4.15 Pesos de los requerimientos

Requerimiento	Infraestructura Urbana	Accesibilidad	Movilidad	Peso (%)
Infraestructura Urbana	1	3.00	1.50	50.00
Accesibilidad	0.33	1	0.50	17.00
Movilidad	0.67	2.00	1	33.00

Fuente: Autor (2020).

De esta manera se obtienen las ponderaciones de la matriz de comparación, Para fines prácticos, se han considerado los pesos como sigue: “infraestructura urbana con el 50%, accesibilidad con 20% y movilidad urbana con el 30%.

Para efectos prácticos se muestra la **tabla 4.16**, de cada una de las variables consideradas para este trabajo de conclusión de curso. Los pesos indicados en cada variable se encuentran en porcentaje, los cuales establecen el grado de importancia de cada uno de estos aspectos. Es importante resaltar que la definición y aplicación de la

metodología AHP (construcción de matrices) se ha realizado bajo el consenso de especialistas en áreas afines a este estudio (transporte, gestores, ingenieros, etc.).

Tabla 4.16 Resumen de los pesos de los requerimientos

Requerimientos	Criterios	Indicador	Pesos por AHP (%)
INFRAESTRUCTURA URBANA 50%	Estado físico del elemento 100%	Calidad de la calzada	30
		Calidad de la superficie asfáltica	70
ACCESIBILIDAD 20%	Cumplimiento de normatividad 100%	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	40
		Áreas de circulación	60
MOVILIDAD 30%	Peatón 20%	Nivel de servicio de la calzada	40
		Calidad de movilidad	40
		Contaminación sonora	20
	Vehículo ligero 10%	Interferencias	100
	Ciclista 20%	Calidad de trayecto y seguridad	100
	Transporte público 50%	Calidad de infraestructura y señalización	100

Fuente: Autor (2020).

4.4 Configuración de las funciones de valores

El modelo MIVES evalúa alternativas (este caso vías) a través de dos procesos principales: ponderación de variables y función de valor. Este apartado ha sido concebido para representar cada una de las funciones de valor definidas en el estudio, producto del trabajo de conclusión de curso.

La tendencia, forma y articulación matemática ha sido desarrollado a través de opiniones de especialistas del área de transporte, ingeniería de tránsito, urbanismo y sobre todo expertos en construcción de modelos multi-criterio.

La función de valor utilizado para el trabajo de conclusión de curso atiende 4 parámetros con configuraciones específicas para cada indicador: forma de “S”, cóncava,

convexa y lineal. Cada función utilizada para cada indicador depende de varios parámetros cuyos valores está representado en la **tabla 4.17**.

Tabla 4.17 Parámetros de las funciones de valor

Indicadores	$X_{\text{máx}}$	$X_{\text{mín}}$	C	k	p
Calidad de la calzada	100	0	40	0.55	2.50
Calidad de la superficie asfáltica	100	0	60	2.5	1.5
Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	100	0	50	0.10	1.0
Áreas de circulación	100	0	50	2	3.0
Nivel de servicio de la calzada	100	0	70	1,5	1,8
Calidad de movilidad	100	0	40	0.10	1.0
Contaminación Sonora	100	60	60	4.5	1.1
Interferencias	50	0	25	0.11	1.0
Calidad de trayecto y seguridad	100	0	50	0.1	1.0
Calidad de infraestructura y señalización	100	0	60	0.1	1.0

Fuente: Autor (2020).

A continuación, se hace el desdoblamiento de cada función de valor del estudio (de cada indicador), detallando la forma, sus parámetros matemáticos y la naturaleza de la misma.

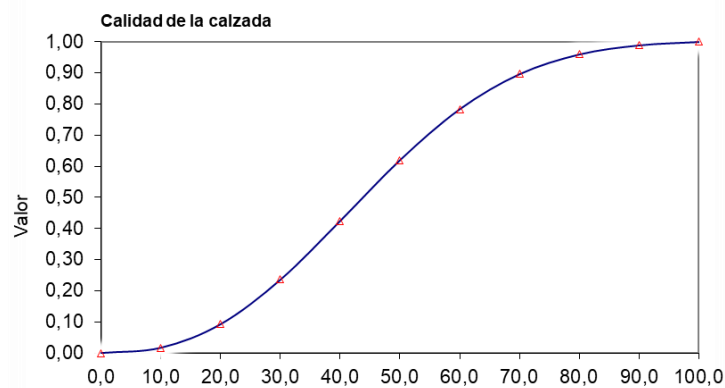
4.4.1 Función de valor “Calidad de la calzada”

La **figura 4.1**, representa la función de valor para el indicador “calidad de la calzada” en forma de “S” (suave), con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 40$; pendiente de la curva, $p = 2.50$ y valor de la ordenada, $k = 0.55$.

La tendencia y forma de la función de valor definida como “S” corresponde a que el evaluador define un valor de satisfacción entre 60 y 70 puntos. Es decir, a partir de estos valores, la vía presenta un grado de aceptación en cuanto a la calidad de movilidad, respecto a este indicador analizado.

En otras palabras, las vías que presenten valores menores a 60 y 70 puntos deberán ser atendidas en corto plazo para evitar deterioros en lo que se refiere a la movilidad del usuario.

Figura 4.1 Función de valor para calidad de calzada



Fuente: Autor (2020).

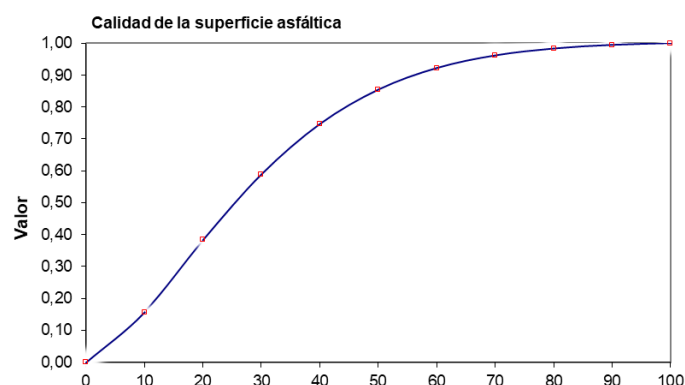
4.4.2 Función de valor “Calidad de la superficie asfáltica”

La **figura 4.2**, representa la función de valor para el indicador “calidad de la superficie asfáltica” en forma de “Convexa creciente” con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 60$; pendiente de la curva, $p = 1.50$ y valor de la ordenada, $k = 2.55$.

Esta forma de la función de valor definida como “Convexa creciente”, no presenta punto de inflexión, más el evaluador define un valor de satisfacción entre 70 y 80 puntos. Siendo que a partir de 80 puntos se llega al máximo grado de satisfacción.

Por otro lado, valores inferiores a 70 puntos deberán ser atendidas en corto plazo para evitar deficiencia crítica respecto a este indicador analizado.

Figura 4.2 Función de valor para calidad de la superficie asfáltica



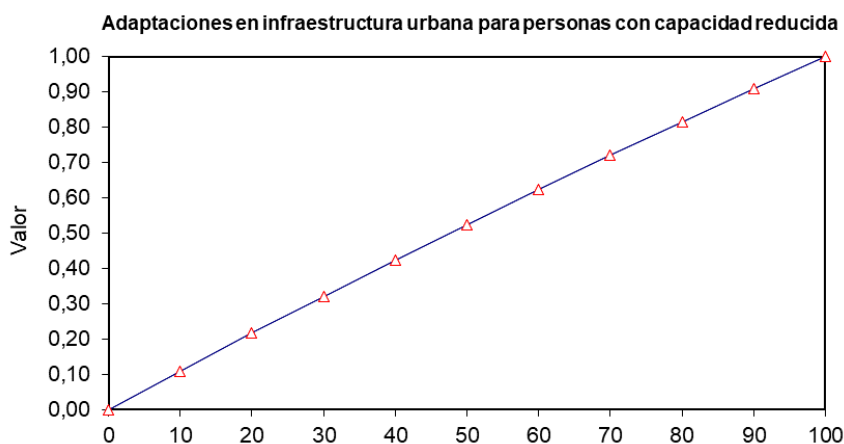
Fuente: Autor (2020).

4.4.3 Función de valor “Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas”

La **figura 4.3**, representa la función de valor para el indicador “adaptación en infraestructura para personas con capacidades reducidas” en forma de “Lineal creciente” con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 50$; pendiente de la curva, $p = 1$ y valor de la ordenada, $k = 0.1$.

Esta función de valor indica que cuando existe un incremento o disminución de cuantificación del indicador, la satisfacción del decisor aumenta o disminuye por igual independientemente del punto de la abscisa.

Figura 4.3 Función de valor para adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas



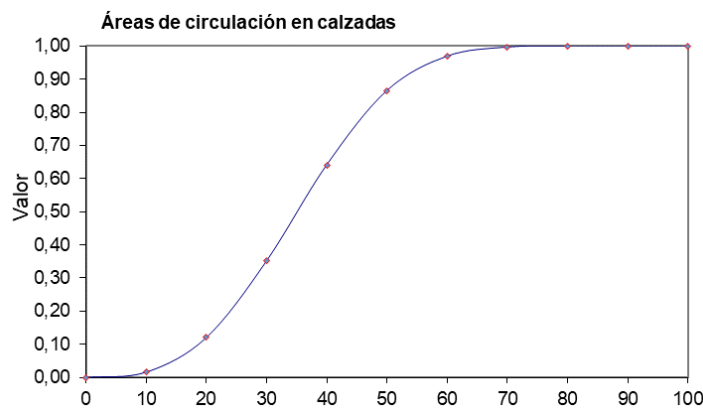
Fuente: Autor (2020).

4.4.4 Función de valor “Áreas de circulación en calzadas”

La **figura 4.4**, representa la función de valor para el indicador “área de circulación en calzadas” en forma de “S” (fuerte), con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 50$; pendiente de la curva, $p = 3$ y valor de la ordenada, $k = 2$.

La tendencia y forma de la función de valor definida como “S” (fuerte), corresponde a que el evaluador define un valor de satisfacción mayor o igual a 50 puntos. Es decir, a partir de estos valores, la vía presenta un grado de aceptación en cuanto a la calidad de movilidad, respecto a este indicador analizado. Esto ocurre debido a que este indicador presenta solo tres grados de cumplimiento, con la posibilidad de obtener ponderaciones de: 0, 50 o 100.

Figura 4.4 Función de valor para área de circulación en calzadas



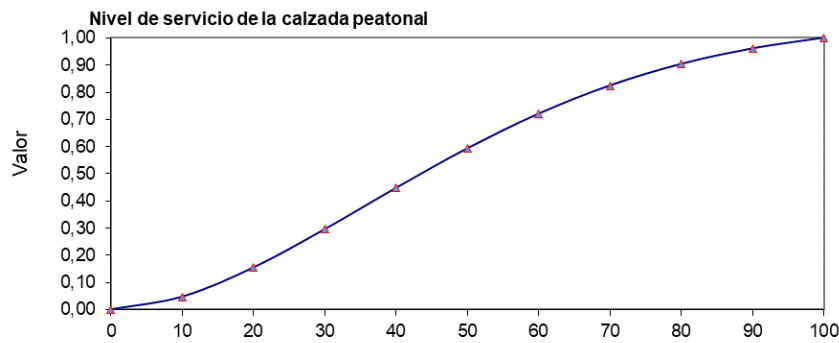
Fuente: Autor (2020).

4.4.5 Función de valor “Nivel de servicio de la calzada”

La **figura 4.5**, representa la función de valor para el indicador “nivel de servicio de la calzada” en forma de “S” (suave), con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 70$; pendiente de la curva, $p = 1.8$ y valor de la ordenada, $k = 1.5$.

La tendencia a la suavidad de esta función conlleva a mayor exigencia al evaluador en el momento de definir un valor de satisfacción, para este caso entre 80 y 90 puntos. Es decir, valores inferiores a 80 deberán ser atendidas para amentar el servicio y así ofrecer mayor comodidad a los peatones.

Figura 4.5 Función de valor para nivel de servicio de la calzada

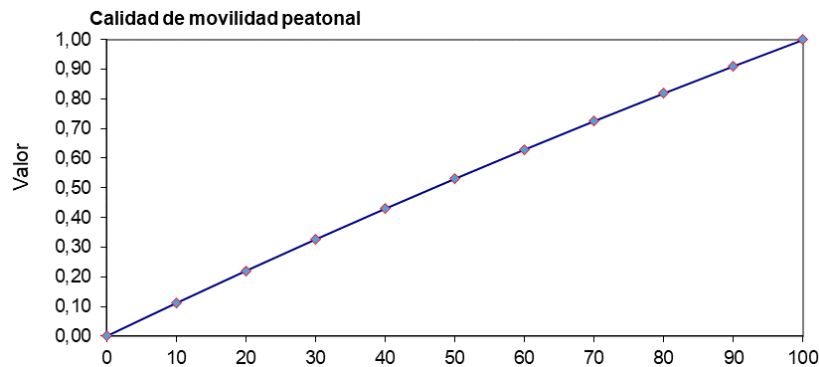


Fuente: Autor (2020).

4.4.6 Función de valor “Calidad de movilidad”

La **figura 4.6**, representa la función de valor para el indicador “calidad de movilidad” en forma de “Lineal creciente” con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 40$; pendiente de la curva, $p = 1$ y valor de la ordenada, $k = 0.1$.

Figura 4.6 Función de valor para nivel de calidad de movilidad



Fuente: Autor (2020).

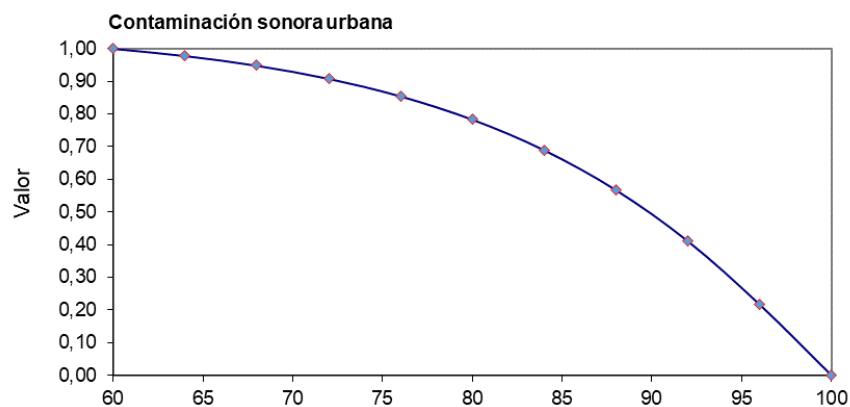
4.4.7 Función de valor “Contaminación sonora”

La **figura 4.7**, representa la función de valor para el indicador “contaminación sonora” en forma de “Convexa decreciente” con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 60 puntos y valor de la abscisa, $c = 60$; pendiente de la curva, $p = 1.1$ y valor de la ordenada, $k = 4.5$.

Esta forma de la función se utiliza cuando la satisfacción (valor en la ordenada) aumenta o disminuye mucho más cuando el aumento o disminución de la variable del

indicador está más cerca del $X_{\text{máx}}$. Esto debido que para mayor valor de satisfacción es necesario menor cuantificación del indicador, o sea menor contaminación.

Figura 4.7 Función de valor para nivel de contaminación sonora

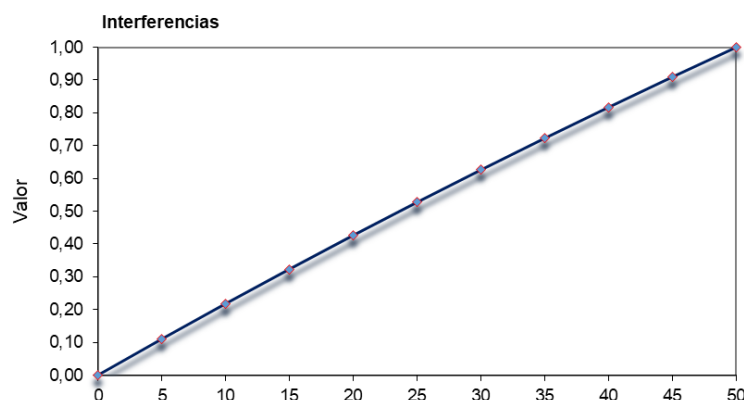


Fuente: Autor (2020).

4.4.8 Función de valor “Interferencias”

La **figura 4.8**, representa la función de valor para el indicador “calidad de movilidad” en forma de “Lineal creciente” con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 50 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 25$; pendiente de la curva, $p = 1$ y valor de la ordenada, $k = 0.11$.

Figura 4.8 Función de valor para nivel de interferencias

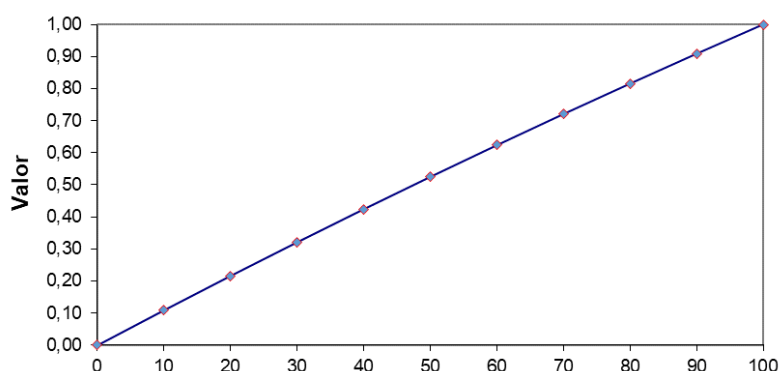


Fuente: Autor (2020).

4.4.9 Función de valor “Calidad del trayecto y seguridad”

La **figura 4.9**, representa la función de valor para el indicador “calidad de movilidad” en forma de “Lineal creciente” con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 50$; pendiente de la curva, $p = 1$ y valor de la ordenada, $k = 0.1$.

Figura 4.9 Función de valor para calidad de trayecto y seguridad

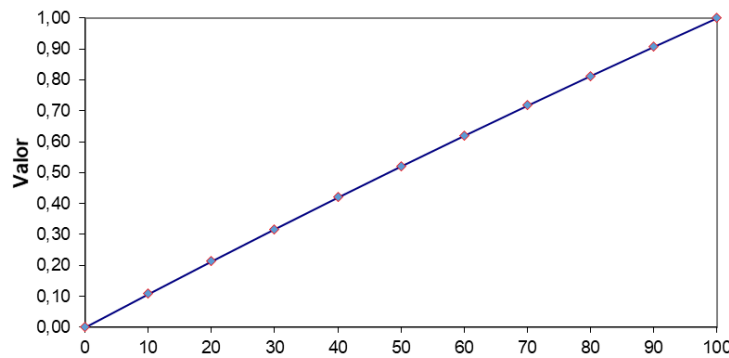


Fuente: Autor (2020).

4.4.10 Función de valor “Calidad de infraestructura y señalización”

La **figura 4.10**, representa la función de valor para el indicador “calidad de movilidad” en forma de “Lineal creciente” con límites “ $X_{\text{Máximo}}$ ” de 100 puntos, “ $X_{\text{Mínimo}}$ ” de 0 puntos y valor de la abscisa, $c = 60$; pendiente de la curva, $p = 1$ y valor de la ordenada, $k = 0.1$.

Figura 4.10 Función de valor para calidad de infraestructura y señalización



Fuente: Autor (2020).

De esta manera se han conseguido obtener los valores de cada indicador ($V_{\text{indicador}}$) y los pesos calculados (W_i), mediante la herramienta AHP. Ya con los productos de los dos resultados se llega al valor del criterio (V_{criterio}), valor que se necesita para calcular valor de los requerimientos ($V_{\text{requerimiento}}$) y así llegar al resultado final que es el índice de movilidad, resultados que serán presentados en el capítulo siguiente.

5 CAPÍTULO 5: ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo 5 serán presentados los resultados del levantamiento realizado en campo, en las tres ciudades analizadas. Los análisis han sido realizados de acuerdo a las etapas presentadas en el capítulo 4, como cuantificación de los indicadores utilizados para obtener la respuesta de la función de valor, juntos con los pesos de atributos obtenidos a través de la herramienta AHP.

Ya con los valores y pesos se llega al Índice de sostenibilidad de los corredores, cumpliendo así con el objetivo general del trabajo de conclusión de curso.

5.1 Levantamiento de información

Todos los levantamientos de informaciones realizados en las tres ciudades han sido basados a través de un solo formulario ya mencionado anteriormente (Anexo I), mediante la cual se evalúa las alternativas existentes para cada indicador, obteniendo así la cuantificación de los indicadores a través de las ponderaciones asignadas de acuerdo al grado de cumplimiento (puntos).

El formulario utilizado envuelve el árbol de requerimiento, separando los tres requerimientos con sus respectivos criterios e indicadores, iniciando con la información

general de cada corredor analizado (nombre de la avenida, distancia analizada (km), fecha de levantamiento “inicio y final”, perfil de la vía). Dentro de cada indicador existen parámetros donde el evaluador asigna el nivel de cumplimiento.

El primer requerimiento “Infraestructura Urbana” todos los parámetros cuenta con una definición visual que ayuda al decididor identificar el nivel de cumplimiento en que se encuentra cada vía.

El segundo requerimiento “Accesibilidad”, presenta parámetro cuantitativo, donde el levantamiento de información es a través de medición de la anchura de la calzada mediante el auxiliar de la cinta métrica. Siendo que para cada país es adaptada las medidas de acuerdo al cumplimiento de norma y leyes.

En el tercer requerimiento “Movilidad”, para la obtención de la (*densidad de la calzada*) (m^2 por peatón) es a través de cálculo del área de la calzada, siendo que esta es obtenida a través del producto entre la medición de la anchura de la calzada y la distancia de la vía analizada. El área de la calzada es dividida por la cantidad de peatones que pasa por el corredor en un transcurso de tiempo, de 30 minutos. El mismo tiempo utilizado para el cálculo de porcentaje de vehículos ligeros que pasa por el corredor.

5.1.1 Cuantificación de los indicadores (Etapa de campo)

En este apartado tiene el objetivo de representar los resultados y respuestas de cada uno de los indicadores evaluados a través de este estudio. Se puede resaltar que cada uno de dichos indicadores se encuentra agrupados de tal forma que se pueda observar la sensibilidad respecto a su modo de transporte. En la **tabla 5.1** está representado para el caso de Foz de Iguazú.

Tabla 5.1 Respuesta de los indicadores en la ETAPA DE CAMPO (Foz de Iguazú – Brasil)

Requerimiento	Indicadores	N° de vía urbana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RA ES TR UC TU RA UR	Calidad de la calzada	60	45	60	80	50	30	20	0	35	45

	Calidad de la superficie asfáltica	20	20	20	100	20	20	10	20	10	20
ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	50	25	0	25	25	50	0	25	0	0
	Áreas de circulación	50	50	50	100	50	50	50	0	50	50
MOVILIDAD	Calidad de movilidad	40	45	65	60	65	45	65	40	35	40
	Contaminación Sonora	91	86	92	89	92	85	96	92	93	87
	Interferencias	15	30	30	30	30	5	40	15	15	5
	Calidad de trayecto y seguridad	75	40	25	100	90	0	40	25	15	90
	Calidad de infraestructura y señalización	50	50	50	70	70	0	40	0	25	35

Fuente: Autor (2020)

En la **tabla 5.2** se representa la respuesta de los indicadores obtenido en el campo para el caso de Ciudad del Este, donde fue analizada 7 vías, debido al rigor en las características donde reúnen todos los criterios para la selección, pudiendo así analizar todos los indicadores.

Tabla 5.2 Respuesta de los indicadores en la ETAPA DE CAMPO (Ciudad del Este – Paraguay)

Requerimiento	Indicadores	N° de vía urbana						
		1	2	3	4	5	6	7
RA ES TR UC TU RA UR BA	Calidad de la calzada	35	20	5	80	30	25	45

	Calidad de la superficie asfáltica	20	20	10	20	20	20	20
ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	0	0	0	65	30	0	0
	Áreas de circulación	0	0	0	100	0	0	0
MOVILIDAD	Nivel de servicio de la calzada	50	10	50	50	75	75	50
	Calidad de movilidad	30	50	30	55	10	30	10
	Contaminación sonora	87	67	76	73	73	85	69
	Interferencias	0	0	0	15	0	5	5
	Calidad de trayecto y seguridad	40	40	0	90	25	25	25
	Calidad de infraestructura y señalización	10	10	25	45	25	0	0

Fuente: Autor (2020)

Para el caso de Puerto Iguazú, la respuesta está representado en la **tabla 5.3**, donde nuevamente fue analizadas 10 vías en la zona urbana. Es importante resaltar que, para este caso, la mayoría de las vías presentan poca extensión, ya que es una ciudad muy pequeña y de menos movimientos en comparación a las dos ciudades anteriores.

Tabla 5.3 Respuesta de los indicadores en la ETAPA DE CAMPO (Puerto Iguazú – Argentina)

Requerimiento	Indicadores	N° de vía urbana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	Calidad de la calzada	70	70	30	10	80	35	10	50	70	30
	Calidad de la superficie asfáltica	50	100	20	50	100	50	100	50	100	100
ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	50	55	55	10	50	30	10	10	50	40
	Áreas de circulación	50	50	0	0	50	0	0	0	50	0
MOVILIDAD	Nivel de servicio de la calzada	100	100	100	50	100	100	100	100	50	100
	Calidad de movilidad	65	45	40	30	65	45	40	45	30	45
	Contaminación Sonora	68	79	67.4	79	72.6	86	65.9	59.3	71.9	67.8
	Interferencias	15	25	25	15	25	15	15	15	25	15
	Calidad de trayecto y seguridad	35	35	25	35	40	25	25	25	25	25
	Calidad de infraestructura y señalización	40	45	10	50	30	25	10	5	30	25

Fuente: Autor (2020)

Estas respuestas de cuantificación de los indicadores mediante puntos de 0 a 100, indican el grado de cumplimiento de acuerdo a las condiciones en que se encuentra cada vía.

Siendo que estas respuestas obtenidas del campo para los tres escenarios presentan unidades múltiples, siendo necesario homogeneizar a través de funciones de valor utilizadas para cada indicador, dando origen a la respuesta de valor de todos los indicadores.

5.1.2 Pesos de atributos a través de AHP

Finalmente, en la **tabla 5.4** se resume de forma general los pesos de los tres requerimientos obtenidos a través de la herramienta AHP con sus criterios e indicadores.

Tabla 5.4 Resumen de los pesos de los requerimientos mediante AHP

Requerimientos	Criterios	Indicador	Pesos (%)
INFRAESTRUCTURA URBANA (50%)	Estado físico del elemento (100%)	Calidad de la calzada	30
		Calidad de la superficie asfáltica	70
ACCESIBILIDAD (20%)	Cumplimiento de normatividad (100%)	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	40
		Áreas de circulación	60
MOVILIDAD (30%)	Peatón (20%)	Nivel de Servicio de la calzada	40
		Calidad de movilidad	40
		Contaminación sonora	20
	Vehículo ligero (10%)	Interferencias	100
	Ciclista (20 %)	Calidad de trayecto y seguridad	100
	Transporte público (50%)	Calidad de infraestructura y señalización	100

Fuente: Autor (2020).

5.1.3 Respuesta de la función de valor

Ya con la respuesta de la cuantificación de los indicadores en la etapa de campo se ha obtenido los resultados de valor homogeneizando o valor transformando a una escala de valores de 0 a 1 respecto a su función de valor mencionado anteriormente, permitiendo así sumar valoraciones adimensionales. Para cada estudio presenta respuesta de cada indicador, para el caso de Foz de Iguazú está representado en la **tabla 5.5**.

Caso Foz de Iguazú (Brasil)

Tabla 5.5 Respuesta de cada indicador respecto a su FUNCIÓN DE VALOR (Foz de Iguazú – Brasil)

REQUERIMIENTO	INDICADOR	N° de vía urbana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	Calidad de la calzada	0,78	0,52	0,78	0,96	0,62	0,24	0,09	0,33	0,00	0,52
	Calidad de la superficie asfáltica	0,38	0,38	0,38	1,00	0,38	0,38	0,16	0,16	0,38	0,38
ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	0,52	0,26	0,00	0,26	0,26	0,52	0,00	0,00	0,26	0,00
	Áreas de circulación	0,86	0,86	0,86	1,00	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	0,86
MOVILIDAD	Calidad de movilidad	0,43	0,46	0,65	0,63	0,65	0,46	0,65	0,36	0,43	0,43
	Contaminación sonora	0,45	0,66	0,41	0,53	0,41	0,66	0,22	0,37	0,41	0,60
	Interferencias	0,32	0,63	0,63	0,63	0,63	0,11	0,82	0,32	0,32	0,11
	Calidad de trayecto y seguridad	0,74	0,42	0,26	1,00	0,91	0,00	0,42	0,16	0,26	0,91
	Calidad de infraestructura y señalización	0,52	0,52	0,52	0,72	0,72	0,00	0,42	0,25	0,00	0,00

Fuente: Autor (2020)

Estas respuestas son primordiales para la obtención de “valor de los criterios” representado en la **tabla 5.6** respecto a la sumatoria del producto entre el valor de los indicadores referente al mismo criterio y sus respectivos pesos. Siendo así, para el criterio de “Estado físico del elemento” para la primera vía sería igual a: $(0,78 \times 0,3) + (0,38 \times 0,7) = 0,5$

Tabla 5.6 Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores (Foz de Iguazú – Brasil)

REQUERIMIENTO	CRITERIO	N° de vía urbana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	Estado físico del elemento	0,50	0,42	0,50	0,99	0,45	0,34	0,14	0,21	0,27	0,42
ACCESIBILIDAD	Cumplimiento de normatividad	0,72	0,62	0,52	0,70	0,62	0,72	0,52	0,52	0,10	0,52
MOVILIDAD	Peatón	0,43	0,50	0,60	0,61	0,60	0,50	0,56	0,36	0,43	0,46
	Vehículo ligero	0,32	0,63	0,63	0,63	0,63	0,11	0,82	0,32	0,32	0,11
	Ciclista	0,74	0,42	0,63	1,00	0,91	0,00	0,42	0,16	0,26	0,91
	Transporte público	0,52	0,52	0,26	0,72	0,72	0,00	0,42	0,25	0,00	0,35

Fuente: Autor (2020)

Por otra parte, para la obtención de “valor de los requerimientos” se obtiene a través de la sumatoria del producto entre el valor de criterios referente al mismo requerimiento y sus respectivos pesos de los criterios, de esta forma para infraestructura urbana de la primera vía analizada sería igual a: $(0.5 \times 1) = 0.5$. Todos los resultados están representados en la **tabla 5.6** para el caso Foz de Iguazú.

Tabla 5.7 Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios (Foz de Iguazú – Brasil)

REQUERIMIENTO	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	0,500	0,422	0,500	0,988	0,452	0,338	0,139	0,211	0,266	0,422
ACCESIBILIDAD	0,724	0,620	0,516	0,704	0,620	0,724	0,516	0,516	0,104	0,516
MOVILIDAD	0,526	0,507	0,495	0,745	0,725	0,111	0,488	0,261	0,169	0,460

Fuente: Autor (2020)

Caso Ciudad del Este (Paraguay)

De la misma manera para el caso de Ciudad del Este, está representado en la **tabla 5.8** la respuesta de cada indicador respecto a su función de valor, dando origen al resultado de valor para cada criterio representado en la **tabla 5.9** y consecuentemente el resultado valor para cada requerimiento en la **tabla 5.10**.

Tabla 5.8 Respuesta de cada indicador respecto a su FUNCIÓN DE VALOR (Ciudad del Este – Paraguay)

REQUERIMIENTO	INDICADOR	N° de vía urbana						
		1	2	3	4	5	6	7
INFRAESTRUCTURA URBANA	Calidad de la calzada	0,33	0,09	0,00	0,96	0,24	0,16	0,52
	Calidad de la superficie asfáltica	0,38	0,38	0,16	0,38	0,38	0,38	0,38

ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	0,00	0,00	0,00	0,64	0,32	0,00	0,00
	Áreas de circulación	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
MOVILIDAD	Nivel de servicio de la calzada	0,59	0,05	0,59	0,59	0,86	0,86	0,59
	Calidad de movilidad	0,33	0,53	0,33	0,56	0,11	0,33	0,11
	Contaminación sonora	0,60	0,95	0,85	0,90	0,90	0,66	0,94
	Interferencias	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,11	0,11
	Calidad de trayecto y seguridad	0,42	0,42	0,00	0,91	0,26	0,26	0,26
	Calidad de infraestructura y señalización	0,11	0,11	0,26	0,45	0,26	0,00	0,00

Fuente: Autor (2020)

Tabla 5.9 Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores (Ciudad del Este – Paraguay)

REQUERIMIENTO	CRITERIO	N° de vía urbana						
		1	2	3	4	5	6	7
INFRAESTRUCTURA URBANA	Estado físico del elemento	0,37	0,29	0,11	0,55	0,34	0,31	0,42
ACCESIBILIDAD	Cumplimiento de normatividad	0,00	0,00	0,00	0,86	0,13	0,00	0,00

MOVILIDAD	Peatón	0,49	0,42	0,54	0,64	0,57	0,61	0,47
	Vehículo ligero	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,11	0,11
	Ciclista	0,42	0,42	0,00	0,91	0,26	0,26	0,26
	Transporte público	0,11	0,11	0,26	0,45	0,26	0,00	0,00

Fuente: Autor (2020)

Tabla 5.10 Respuesta de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios (Ciudad del Este - Paraguay)

REQUERIMIENTO	N° de vía urbana						
	1	2	3	4	5	6	7
INFRAESTRUCTURA URBANA	0,365	0,293	0,112	0,554	0,338	0,314	0,422
ACCESIBILIDAD	0,000	0,000	0,000	0,856	0,128	0,000	0,000
MOVILIDAD	0,237	0,223	0,238	0,567	0,296	0,185	0,157

Fuente: Autor (2020)

Caso Puerto Iguazú (Argentina)

El último caso, Puerto Iguazú donde la respuesta de cada indicador respecto a su función de valor está representada en la **tabla 5.11**, generando resultados de valor para cada criterio representado en la **tabla 5.12** seguidamente con los resultados de valor para cada requerimiento en la **tabla 5.13**

Tabla 5.11 Respuesta de cada indicador respecto a su FUNCIÓN DE VALOR (Puerto Iguazú – Argentina)

REQUERIMIENTO	INDICADOR	N° de vía urbana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	Calidad de la calzada	0,90	0,90	0,24	0,02	0,96	0,53	0,02	0,62	0,90	0,24
	Calidad de la superficie asfáltica	0,85	1,00	0,38	0,85	1,00	0,85	1,00	0,85	1,00	1,00
ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	0,52	0,60	0,60	0,11	0,52	0,32	0,11	0,11	0,52	0,42
	Áreas de circulación	0,86	0,86	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00
MOVILIDAD	Nivel de servicio de la calzada	1,00	1,00	1,00	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	1,00
	Calidad de movilidad	0,71	0,50	0,43	0,33	0,71	0,50	0,43	0,5	0,33	0,50
	Contaminación sonora	0,95	0,80	0,95	0,80	0,92	0,63	0,96	1,00	0,91	0,95
	Interferencias	0,32	0,53	0,53	0,32	0,53	0,32	0,32	0,32	0,53	0,32
	Calidad de trayecto y seguridad	0,39	0,39	0,28	0,39	0,42	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
	Calidad de infraestructura y señalización	0,42	0,49	0,11	0,52	0,32	0,28	0,11	0,06	0,32	0,28

Fuente: Autor (2020)

Tabla 5.12 Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores (Puerto Iguazú – Argentina)

REQUERIMIENTO	CRITERIO	N° de via urbana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	Estado físico del elemento	0,87	0,97	0,34	0,60	0,99	0,75	0,71	0,78	0,97	0,77
ACCESIBILIDAD	Cumplimiento de normatividad	0,72	0,76	0,24	0,04	0,72	0,13	0,04	0,04	0,72	0,17
MOVILIDAD	Peatón	0,87	0,76	0,76	0,52	0,87	0,73	0,76	0,80	0,55	0,79
	Vehículo ligero	0,32	0,53	0,53	0,32	0,53	0,32	0,32	0,32	0,53	0,32
	Ciclista	0,39	0,39	0,28	0,39	0,42	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
	Transporte público	0,42	0,49	0,11	0,52	0,32	0,28	0,11	0,06	0,32	0,28

Fuente: Autor (2020)

Tabla 5.13 Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios (Puerto Iguazú –

Argentina)

REQUERIMIENTO	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	0,865	0,970	0,338	0,601	0,988	0,754	0,706	0,781	0,970	0,772
ACCESIBILIDAD	0,724	0,756	0,240	0,044	0,724	0,128	0,044	0,044	0,724	0,168
MOVILIDAD	0,495	0,528	0,316	0,475	0,471	0,373	0,296	0,278	0,378	0,386

Fuente: Autor (2020)

De esta manera se llega a todas las respuestas de valores ya con las unidades adimensionales, permitiendo así la sumatorias de los productos entre valores y pesos para cada requerimiento. Es importante resaltar que cada uno de los indicadores se encuentran agrupados de tal forma que se pueda observar la sensibilidad respecto a su modo de transporte, como también está agrupado los criterios para cada requerimiento.

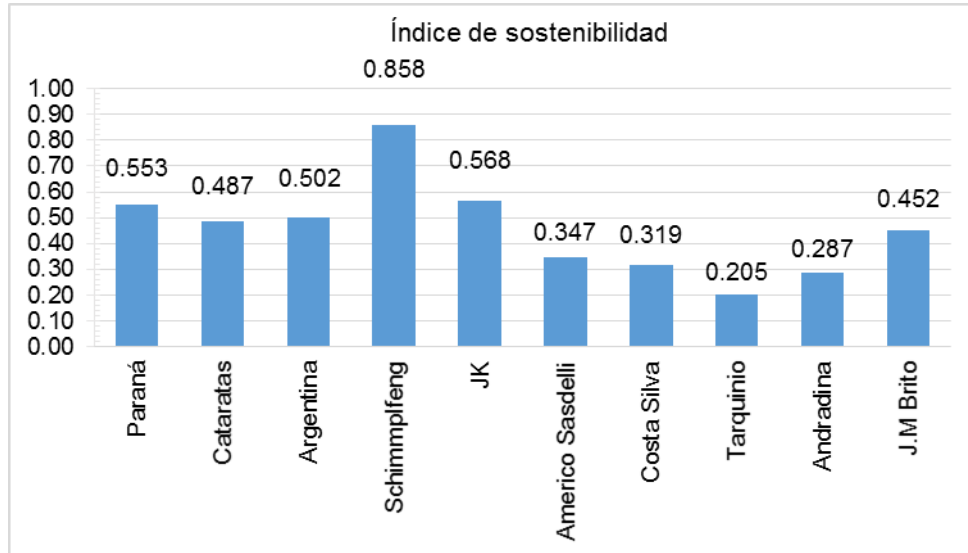
5.2 Índice de sostenibilidad (o de valor) de los corredores

La evaluación de este estudio “Índice de sostenibilidad” o “Índice de movilidad” de los corredores a través de la metodología MIVES analizadas para las tres ciudades integran los tres requerimientos evaluados: infraestructura urbana, movilidad y accesibilidad, siendo así de forma global, el análisis para cada corredor el índice varía de 0 a 1.

Caso Foz de Iguazú (Brasil)

En la **figura 5.1**, están representado los valores obtenidos respecto a su índice de valor de cada uno de los corredores analizados para la ciudad de Foz de Iguazú.

Figura 5.1 Índices de valor para cada corredor urbano estudiado para Foz de Iguazú

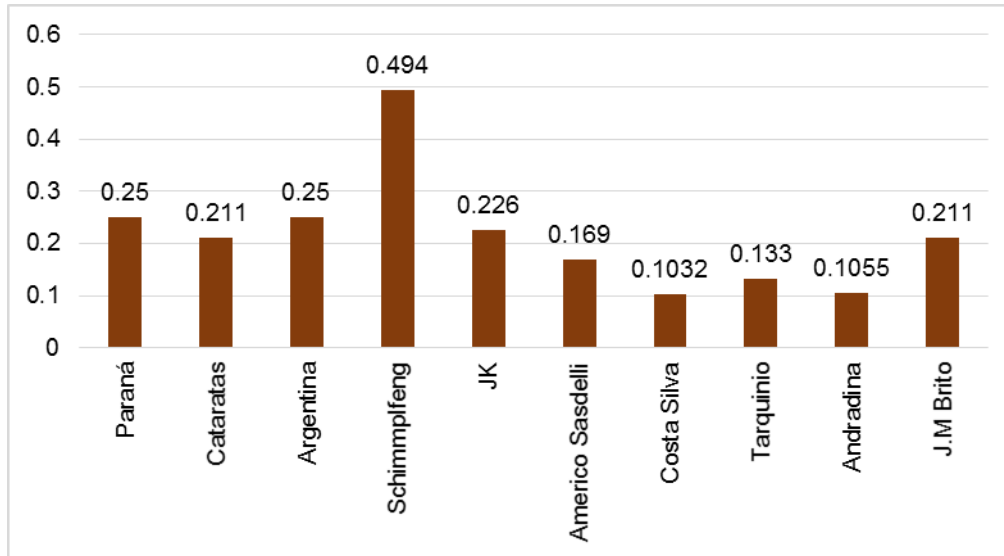


Fuente: Autor (2020)

Con el índice de sostenibilidad de forma integrada se ha observado una respuesta positiva en los corredores más próximos a áreas turísticas que so los 5 primeros corredores estudiados.

Por una parte, los corredores viales han sido medidos de una forma integrada y por otro lado, se ven reflejadas las respuestas de los tres requerimientos planteados por separado. Esto con el objetivo claro, de analizar y realizar actuaciones públicas adecuadas atendiendo las lagunas y deficiencias en cada uno de estos requerimientos.

De esta forma, en la **figura 5.2**, se muestran los resultados del estudio respecto al requerimiento infraestructura urbana. En dicho requerimiento han sido evaluados aspectos como son: “calidad de la calzada” (inspección de la calzada, continuidad de la calzada e iluminación de la calzada) y “calidad de la superficie asfáltica”. Siendo que este requerimiento consta de un peso de 50%, la que indica que su índice puede variar de 0 a 0,5.

Figura 5.2 Índices de valor para infraestructura urbana caso Foz de Iguazú

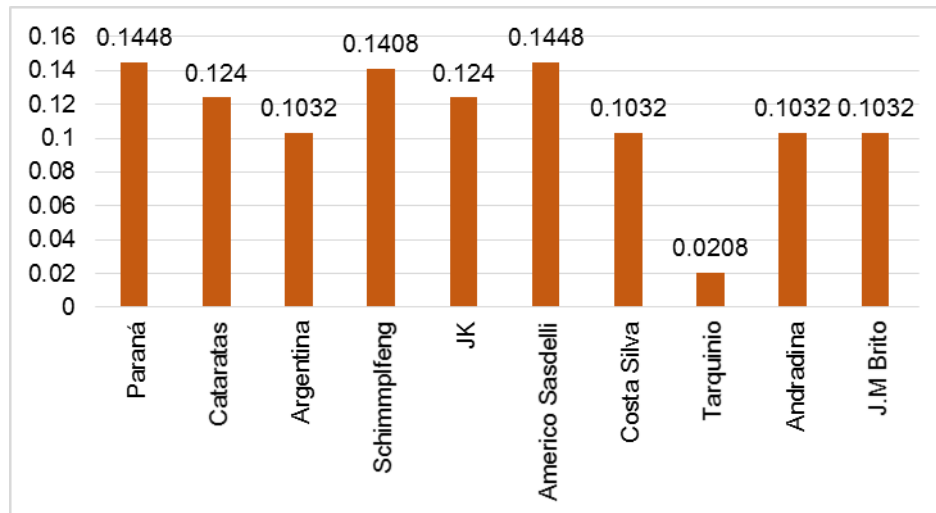
Fuente: Autor (2020)

De acuerdo a la **figura 5.2** indica que en corredores como podrían ser las avenidas “Andradina”, “Américo Sasdelli”, “Tarquinio Santos” o “Costa Silva” existe una clara deficiencia en el nivel de servicio de la infraestructura. Dichas carencias disminuyen claramente la posibilidad de interacción entre las líneas de transporte de esa región.

Por otro lado, en el requerimiento de **accesibilidad** se han notado respuestas y resultados menos favorables en casi todos los corredores. La clara deficiencia de infraestructura urbana para mejorar la calidad de movilidad respecto al tópico de accesibilidad para personas con discapacidad se encuentra con altas deficiencias que permitan atender la normativa **ABNT NBR 9050:2004** nacional vigente.

En la **figura 5.3**, están representado los resultados de cada uno de los corredores respecto al escenario Accesibilidad. La mayoría de los corredores (60 % de los analizados) presume una clara deficiencia de índice de valor, con dimensionamientos cercanos al 0.10, lo cual sugiere bajos índices de movilidad del usuario bajo este perfil, siendo el mayor índice e ideal de 0,2.

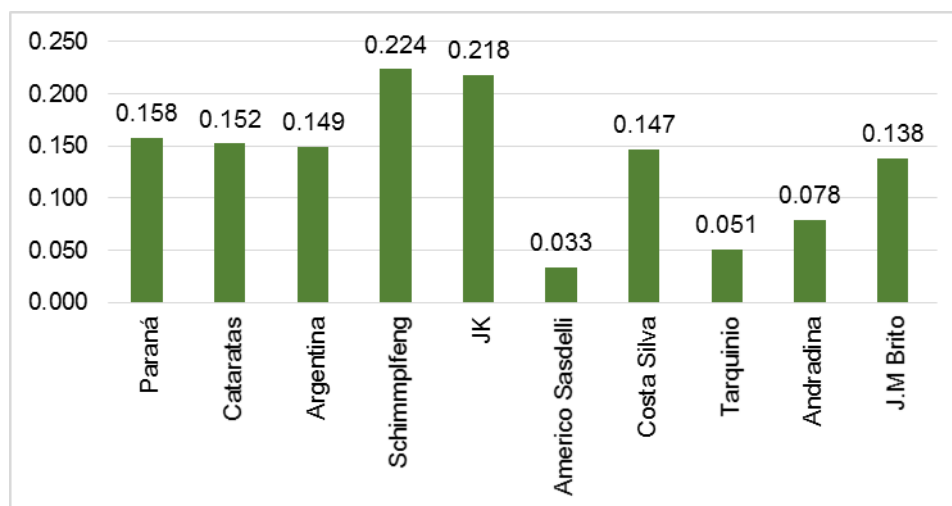
Figura 5.3 Índices de valor para accesibilidad caso Foz de Iguazú



Fuente: Autor (2020)

Por último, el tercer requerimiento evaluado ha sido Movilidad (**ver figura 5.4**), que representa la caracterización de los sistemas de transporte respecto a la calidad de movilidad, contaminación sonora, interferencias de paso y calidad de trayecto (seguridad). El peso de este requerimiento es de 30%, siendo así el mayor índice posible de 0,3.

Figura 5.4 Índices de valor para movilidad caso Foz de Iguazú



Fuente: Autor (2020)

De acuerdo a la **figura 5.4** se puede observar la indispensable necesidad de actuaciones respecto a tres corredores: **Avenida Tarquinio, Américo Sasdelli y Andradina.**

Si bien, de forma integral estos tres corredores presentan un índice de valor global parecido al resto, en este escenario solicita actuaciones para incrementar la calidad de movilidad del usuario de esas regiones.

Finalmente, en la **tabla 5.14** está representado un resumen de los resultados del índice de valor de forma global, por requerimiento y por criterio resumiendo los 10 corredores analizados para el caso Foz de Iguazú.

Tabla 5.14 Resumen de los resultados del índice de valor caso Foz de Iguazú

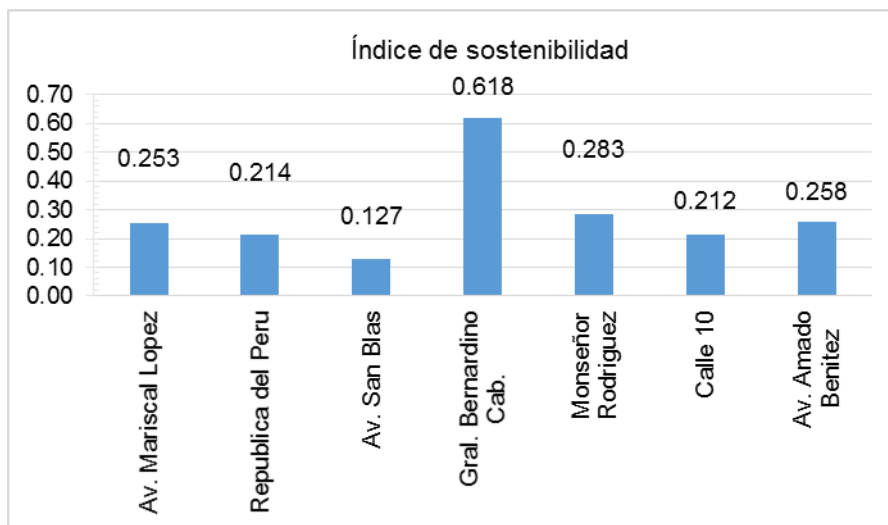
Índice de valor	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Global	0.55	0.48	0.50	0.85	0.56	0.34	0.31	0.20	0.28	0.45
Por Requerimiento										
Infraestructura urbana	0.25	0.21	0.25	0.49	0.22	0.16	0.07	0.13	0.10	0.21
Accesibilidad	0.14	0.12	0.10	0.14	0.12	0.14	0.10	0.02	0.10	0.10
Movilidad	0.15	0.15	0.14	0.22	0.21	0.03	0.14	0.05	0.07	0.13
Por criterio										
Estado físico del elemento	0.50	0.42	0.50	0.98	0.45	0.33	0.13	0.26	0.21	0.42
Cumplimiento de la normatividad	0.72	0.62	0.51	0.70	0.62	0.72	0.51	0.10	0.51	0.51
Peatón	0.08	0.10	0.12	0.12	0.12	0.10	0.11	0.08	0.07	0.09
Vehículo ligero	0.03	0.06	0.06	0.06	0.06	0.01	0.08	0.03	0.03	0.01
Ciclista	0.148	0.08	0.05	0.20	0.18	0.00	0.08	0.05	0.03	0.18
Transporte público	0.26	0.26	0.26	0.36	0.36	0.00	0.21	0.00	0.12	0.17

Fuente: Autor (2020)

Caso Ciudad del Este (Paraguay)

En la **figura 5.5**, están representado los valores obtenidos respecto a su índice de valor de cada uno de los corredores analizados para el caso Ciudad del Este.

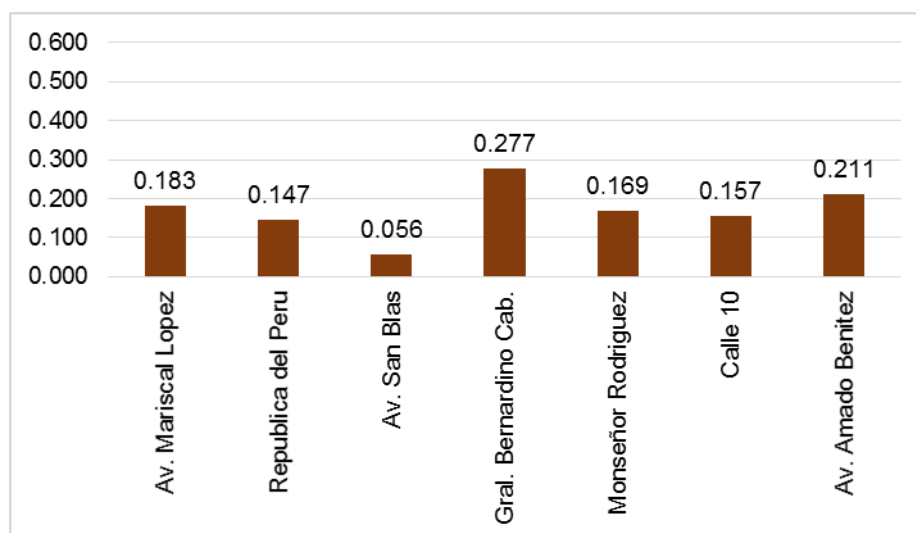
Figura 5.5 Índices de valor para cada corredor urbano estudiado para Ciudad del Este



Fuente: Autor (2020)

Con el índice de sostenibilidad de forma integrada para este caso se observa una respuesta positiva en un solo corredor que es “Gral. Bernardino Caballero” más próximos a áreas comerciales. Es la avenida principal, que une la terminal de autobuses con la ciudad, los demás corredores presentan una clara deficiencia de índice de sostenibilidad donde en el peor de los casos se encuentra la avenida “San Blás”.

Ya en la **figura 5.6**, se muestran los resultados del estudio respecto al requerimiento infraestructura urbana. De la misma forma, el único corredor en presentar mejor índice de sostenibilidad en cuando a Infraestructura es la misma avenida: “Gral. Bernardino Caballero”, llegando apenas al 50 % del valor máximo del índice para este requerimiento. Los demás corredores analizados se encuentran en una situación crítica.

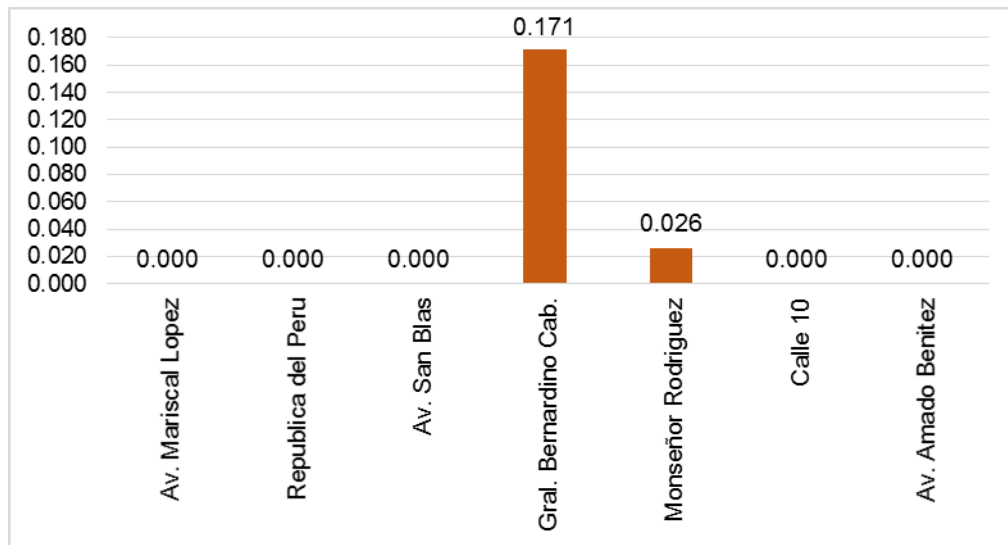
Figura 5.6 Índices de valor para infraestructura urbana caso Ciudad del Este

Fuente: Autor (2020)

En la **figura 5.7**, está representado los resultados de cada uno de los corredores respecto al escenario Accesibilidad. La mayoría de los corredores (85 % de los analizados) presume una clara deficiencia total de índice de valor, con dimensionamientos cercanos al 0, lo cual sugiere bajos índices de movilidad del usuario bajo este perfil, de manera que el flujo neto de personas con capacidad reducidas entre los corredores sea nulo.

Para mejorar la calidad de movilidad respecto al tópico de accesibilidad para personas con discapacidad se encuentra con altas deficiencias que permitan atender la **Ley Paraguaya N° 4934** nacional vigente.

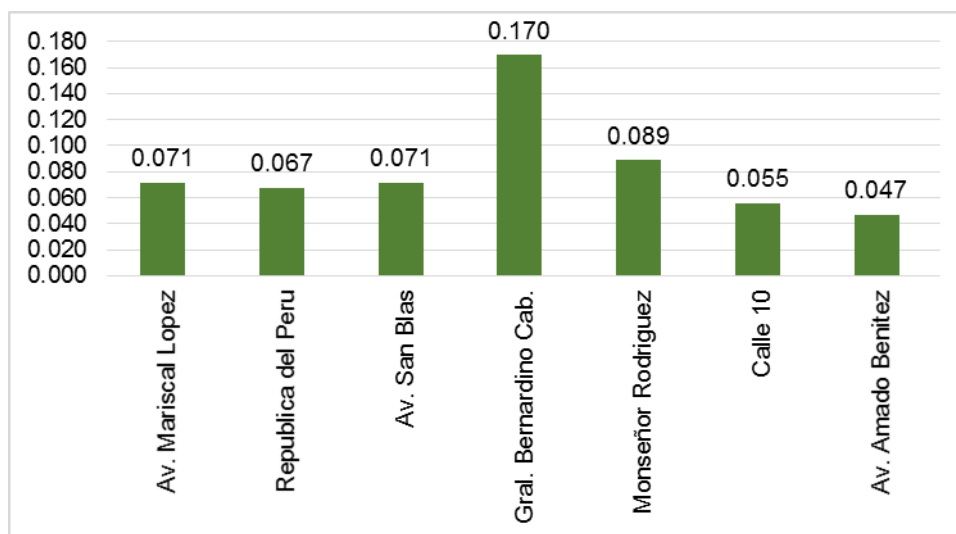
Figura 5.7 Índices de valor para accesibilidad caso Ciudad del Este



Fuente: Autor (2020)

Para el tercer requerimiento, de Movilidad representado en la **figura 5.8** muestra una deficiencia total de índice de movilidad, donde apenas un solo corredor se encuentra en una situación regular, llegando apenas al 50 % del mayor índice para este requerimiento

Figura 5.8 Índices de valor para movilidad caso Ciudad del Este



Fuente: Autor (2020)

De acuerdo a la **figura 5.8** se puede observar la indispensable necesidad de actuaciones respecto a seis corredores: **Avenida Mariscal López, República del Perú, Av. San Blas, Monseñor Rodríguez, Calle 10 y Av. Arnaldo Benítez.**

Si bien, de forma integral estos seis corredores presentan un índice de valor global parecido al resto, en este escenario solicita actuaciones para incrementar la calidad de movilidad del usuario de esas regiones.

De la misma, manera para este caso en la **tabla 5.15** está representado un resumen de los resultados del índice de valor de forma global, por requerimiento y por criterio resumiendo los 7 corredores analizados para el caso Ciudad del Este.

Tabla 5.15 Resumen de los resultados del índice de valor caso Ciudad del Este

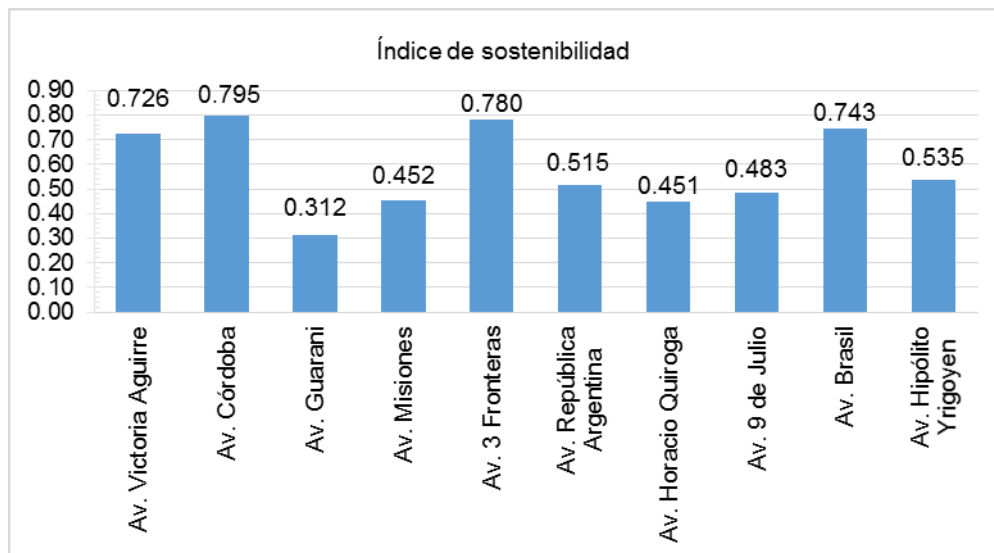
Índice de valor	N° de vía urbana						
	1	2	3	4	5	6	7
Global	0.253	0.214	0.127	0.618	0.283	0.212	0.258
Por Requirement							
Infraestructura urbana	0.183	0.147	0.056	0.277	0.169	0.157	0.211
Accesibilidad	0.00	0.00	0.00	0.171	0.026	0.00	0.00
Movilidad	0.071	0.067	0.071	0.170	0.089	0.055	0.047
Por criterio							
Estado físico del elemento	0.37	0.239	0.112	0.554	0.338	0.314	0.422
Cumplimiento de la normatividad	0.0	0.0	0.0	0.856	0.128	0.00	0.00
Peatón	0.098	0.084	0.107	0.128	0.113	0.121	0.093
Vehículo ligero	0.0	0.0	0.0	0.032	0.0	0.011	0.011
Ciclista	0.084	0.084	0.0	0.182	0.052	0.052	0.052
Transporte público	0.055	0.055	0.13	0.225	0.13	0.0	0.00

Fuente: Autor (2020)

Caso Puerto Iguazú (Argentina)

Ya para el último caso está representado en la **figura 5.9**, los valores obtenidos respecto a su índice de valor de cada uno de los corredores analizados para la ciudad de Puerto Iguazú.

Figura 5.9 Índices de valor para cada corredor urbano estudiado para Puerto Iguazú



Fuente: Autor (2020)

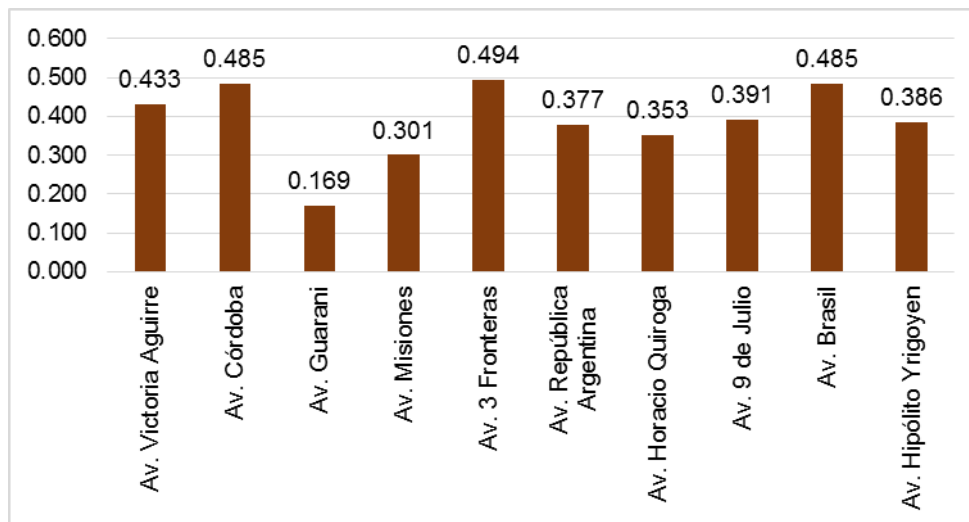
De esta manera el índice de sostenibilidad de forma integrada que presenta el caso Puerto Iguazú, se observan respuestas positivas en cuatros corredores que son: “**Av. Victoria Aguirre**”, “**Av. Córdoba**”, “**Av. 3 Fronteras**” y “**Av. Brasil**” más próximos a áreas comerciales. Los demás corredores presentan una clara deficiencia de índice de

sostenibilidad donde en el peor de los casos se encuentran las avenidas “Guaraní” y “Horacio Quiroga”.

Por otra parte, los resultados del estudio respecto al requerimiento infraestructura urbana se muestran en la **figura 5.10**, donde los cuatros corredores mencionados anteriormente presentan excelente índice de sostenibilidad en cuando a Infraestructura urbana, llegando casi al 100 % de valor máximo.

Para mejorar la calidad de movilidad respecto al tópico de accesibilidad para personas con discapacidad se encuentra con altas deficiencias que permitan atender la **Ley Nacional Argentina N° 24314** nacional vigente.

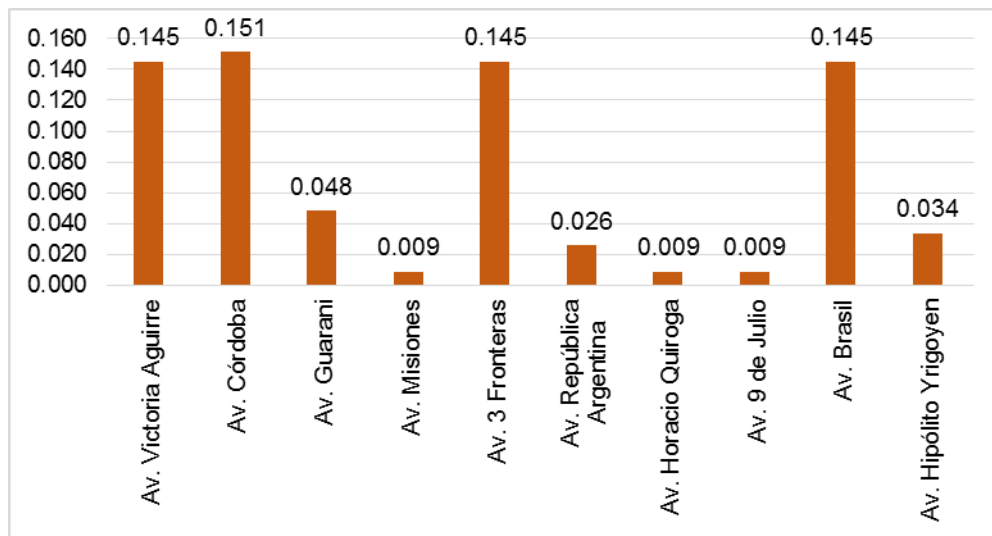
Figura 5.10 Índices de valor para infraestructura urbana caso Puerto Iguazú



Fuente: Autor (2020)

En cuando al escenario **Accesibilidad**, está representado en la **figura 5.11** los resultados de cada uno de los corredores donde la mayoría de los ellos (60 % de los analizados) presume una clara deficiencia total de índice de valor, con dimensionamientos cercanos al 0, destacando siempre los cuatros corredores que presentan menor deficiencia llegando al 75 % del valor máximo.

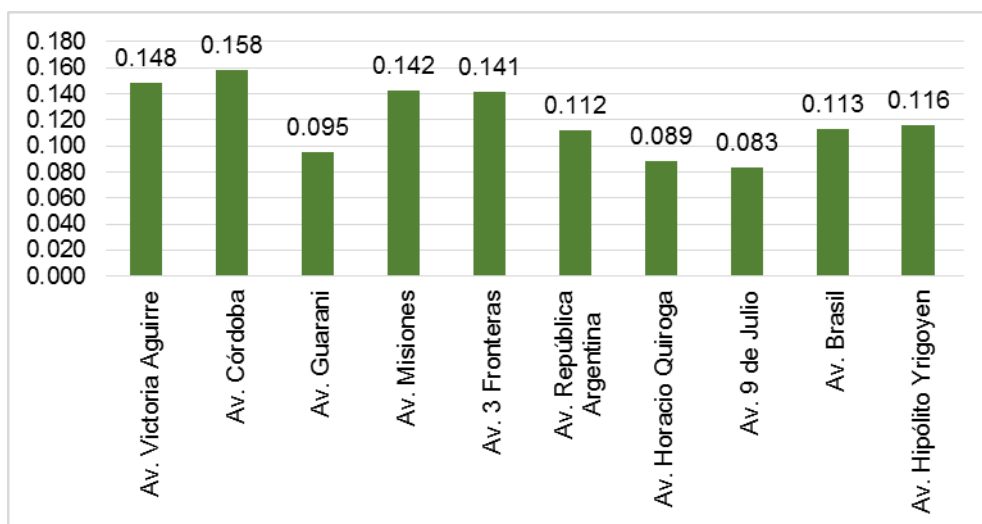
Figura 5.11 Índices de valor para accesibilidad caso Puerto Iguazú



Fuente: Autor (2020)

Paras el requerimiento movilidad, los resultados están representado en la figura 5.12.

Figura 5.12 Índices de valor para movilidad caso Puerto Iguazú



Fuente: Autor (2020)

De acuerdo a la **figura 5.12** se puede observar la indispensable necesidad de actuaciones respecto a 4 corredores: **Av. Guaraní, Av. República Argentina, Av. Horacio Quiroja y Av. 9 de Julio**. Los demás corredores se encuentran en una situación regular, llegando apenas al 50 % del valor máximo del índice de sostenibilidad para este requerimiento.

Ya de forma integral los seis corredores: **Av. Guaraní, Av. Misiones, Av. República Argentina, Av. Horacio Quiroja, Av. 9 de Julio y Av. Hipolito Yrigoyen** presentan un índice de valor global parecido al resto, en este escenario solicita actuaciones para incrementar la calidad de movilidad del usuario de esas regiones.

Por último, en la **tabla 5.16** está representado un resumen de los resultados del índice de valor de forma global, por requerimiento y por criterio resumiendo los 10 corredores analizados para el caso Puerto Iguazú.

Tabla 5.16 Resumen de los resultados del índice de valor caso Puerto Iguazú

Índice de valor	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Global	0,726	0,795	0,312	0,452	0,780	0,515	0,451	0,483	0,743	0,535
Por Requerimiento										
Infraestructura urbana	0,433	0,485	0,169	0,301	0,494	0,377	0,353	0,391	0,485	0,386
Accesibilidad	0,145	0,151	0,048	0,009	0,145	0,026	0,009	0,009	0,145	0,034
Movilidad	0,148	0,158	0,094	0,142	0,141	0,111	0,088	0,083	0,113	0,115
Por criterio										
Estado físico del elemento	0,865	0,970	0,338	0,601	0,988	0,754	0,706	0,781	0,970	0,772
Cumplimiento de la normatividad	0,724	0,756	0,240	0,044	0,724	0,128	0,044	0,044	0,724	0,168
Peatón	0,174	0,152	0,152	0,104	0,173	0,145	0,152	0,160	0,109	0,158
Vehículo ligero	0,032	0,053	0,053	0,032	0,053	0,032	0,032	0,032	0,053	0,032
Ciclista	0,078	0,078	0,056	0,078	0,084	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
Transporte público	0,21	0,245	0,055	0,260	0,160	0,140	0,055	0,030	0,160	0,140

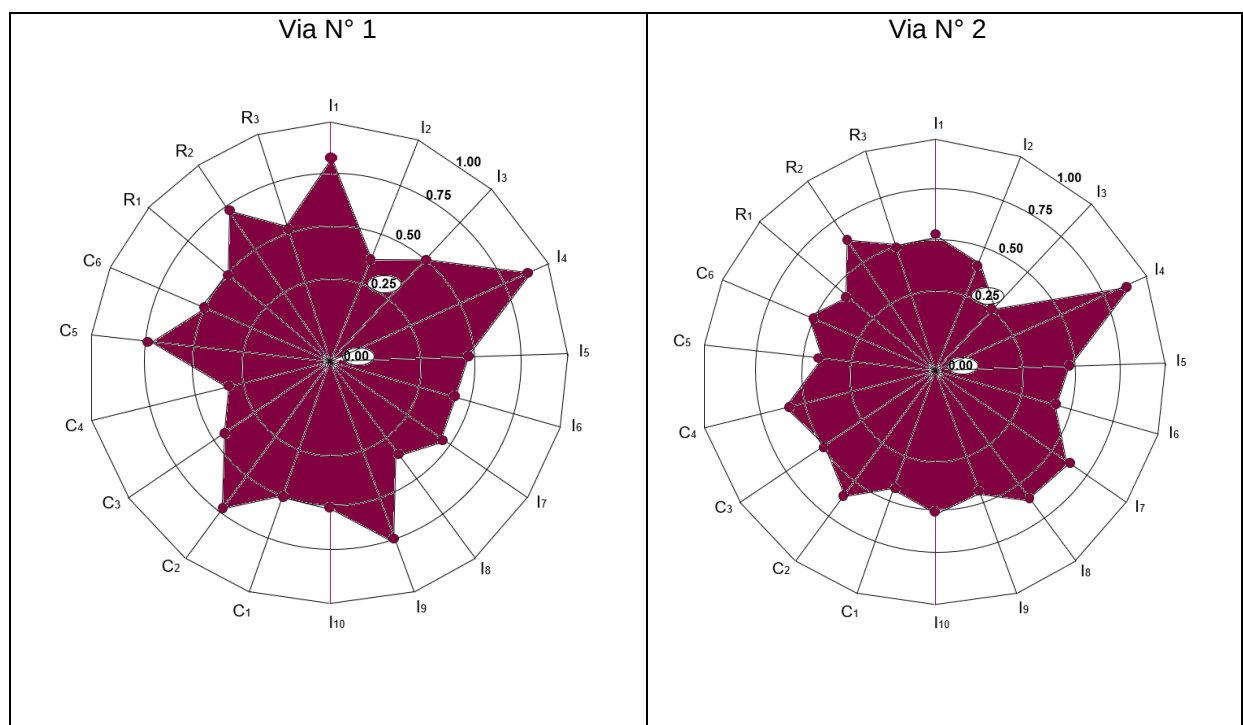
Fuente: Autor (2020)

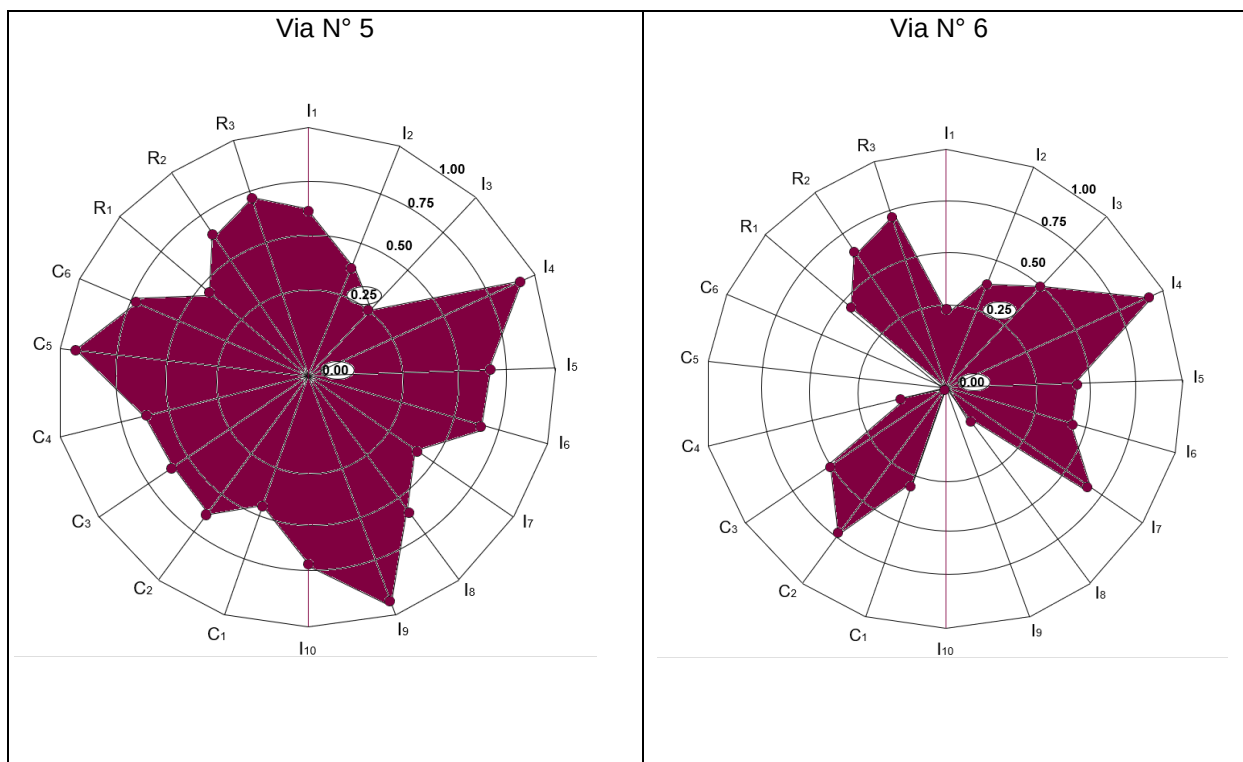
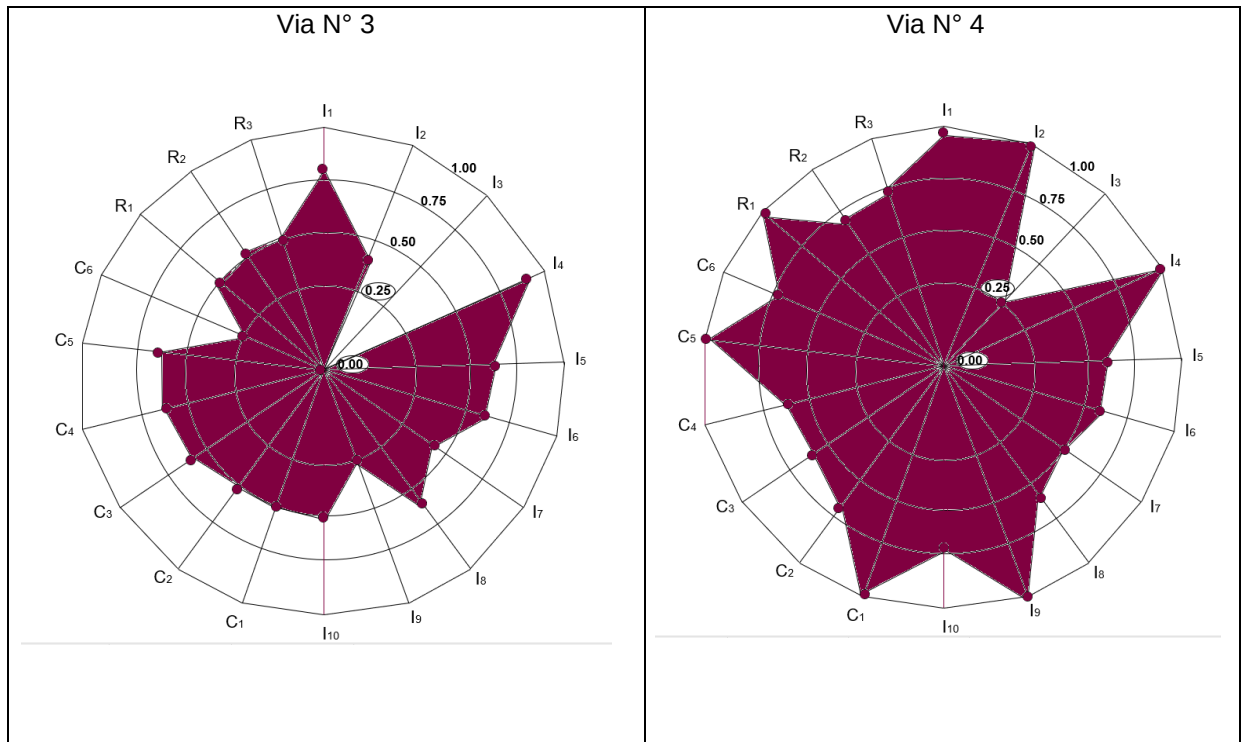
En las figuras siguientes se muestran el valor de cada indicador como también de cada criterio y requerimiento, para cada vía analizada y evaluada en los tres escenarios, que se discuten a continuación. La distancia entre el valor del índice que presenta cada vía y el ideal valor del índice de sostenibilidad, propuesta en este trabajo, está representado por la distancia entre las líneas del borde de color guinda y los anillos exteriores en los gráficos, con intervalo entre cada anillo de 0.25.

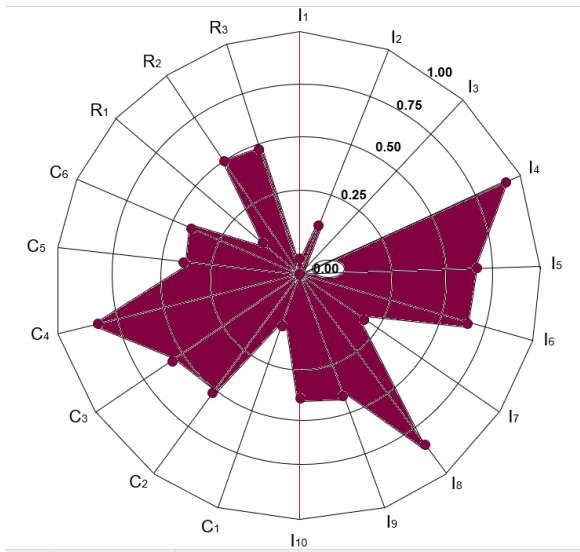
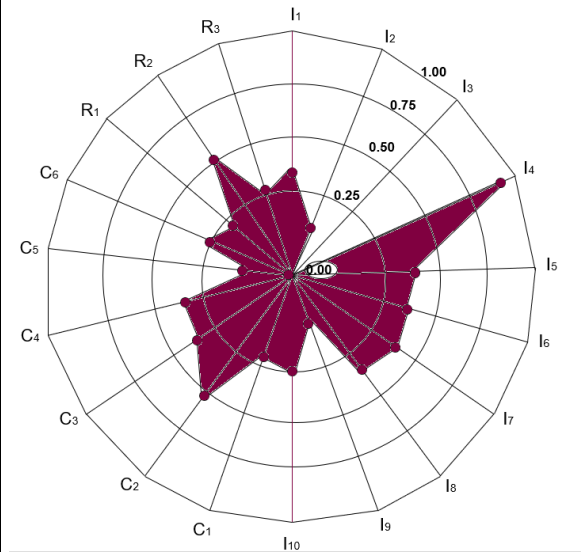
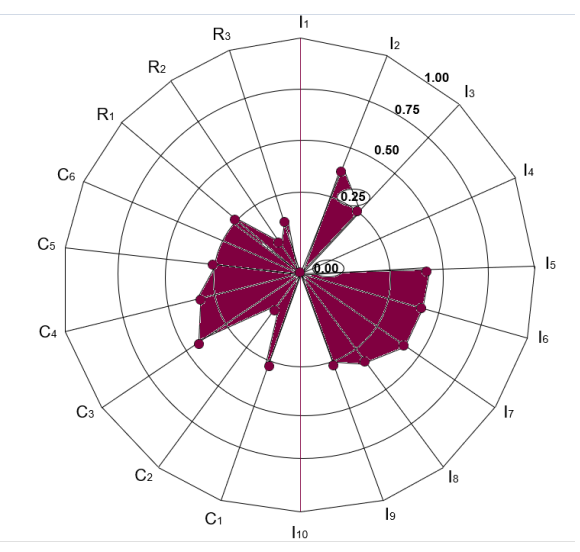
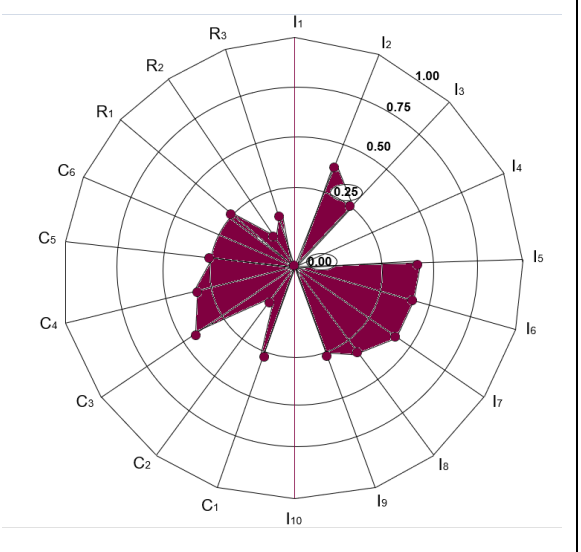
Por otra parte, se puede notar que cuando más pintados se encuentran los anillos para cada número de vía, esta se encuentra en buen estado o con poca deficiencia, por otro lado, cuando la vía se encuentra en situación crítica o con mayor deficiencia presenta de forma más estrelladas y con poca parte pintada. Para el caso de Foz de Iguazú está representado en la **figura 5.13**, agrupando las 10 vías, para el caso de Ciudad del Este en la **figura 5.14** (7 vías) y para el caso de Puerto Iguazú en la **figura 5.15** representando las 10 vías analizadas.

Caso Foz de Iguazú – Brasil

Figura 5.13 Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad caso Foz de Iguazú - Brasil





Via N° 7

Via N° 8

Via N° 9

Via N° 10


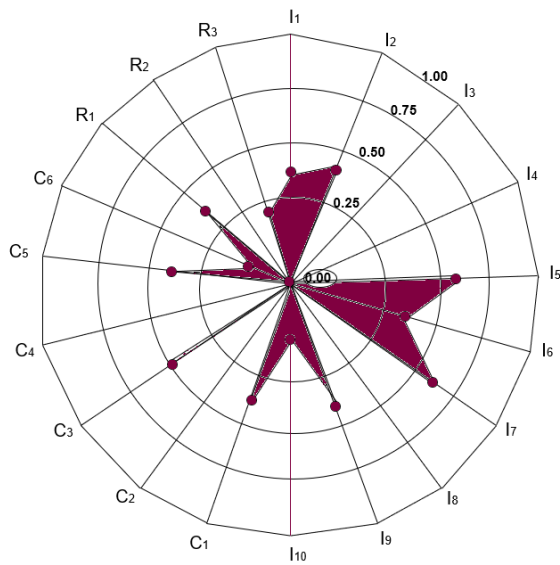
Leyenda:	
I: Indicadores	C: Criterios
I ₁ : Calidad de la calzada	C ₁ : Estado físico del elemento
I ₂ : Calidad de la superficie asfáltica	C ₂ : Cumplimiento de la normatividad
I ₃ : Adaptaciones en infraestructura	C ₃ : Peatón
I ₄ : Áreas de circulación	C ₄ : Vehículo ligero
I ₅ : Nivel de servicio de la calzada	C ₅ : Ciclista
I ₆ : Calidad de movilidad	C ₆ : Transporte público
I ₇ : Contaminación sonora	R: Requerimientos
I ₈ : Interferencias	R ₁ : Infraestructura urbana
I ₉ : Calidad de trayecto y seguridad	R ₂ : Accesibilidad
I ₁₀ : Calidad de infraestructura y señalización	R ₃ : Movilidad

Fuente: Autor (2020)

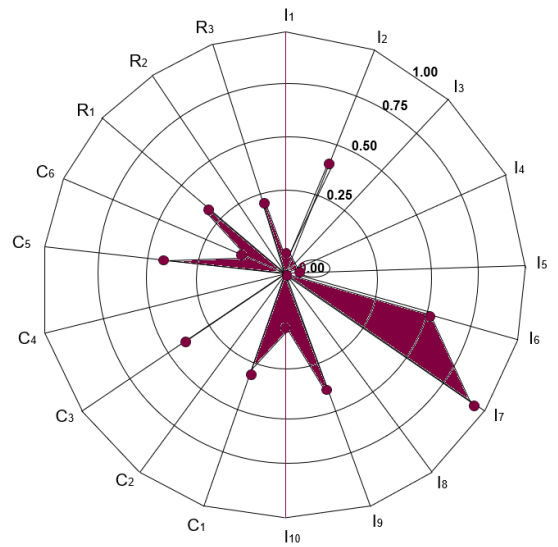
Caso Ciudad del Este – Paraguay

Figura 5.14 Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad caso Ciudad del Este- Paraguay

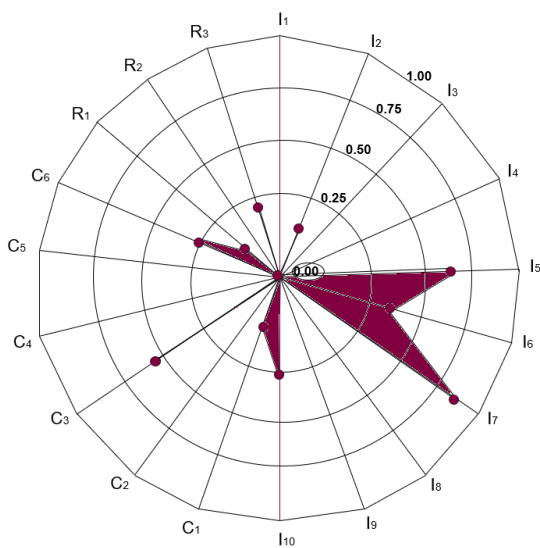
Via N° 1



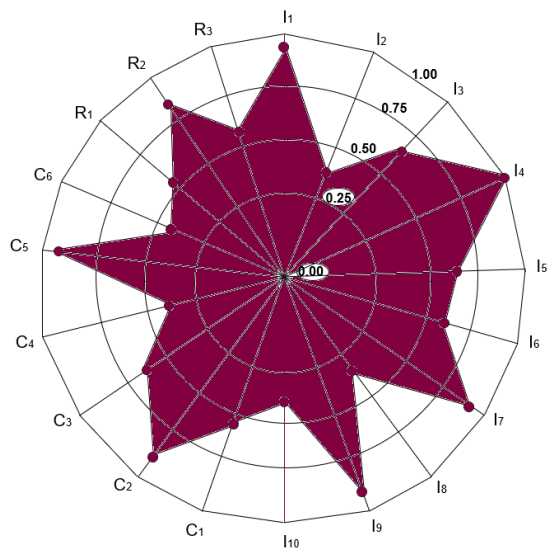
Via N° 2

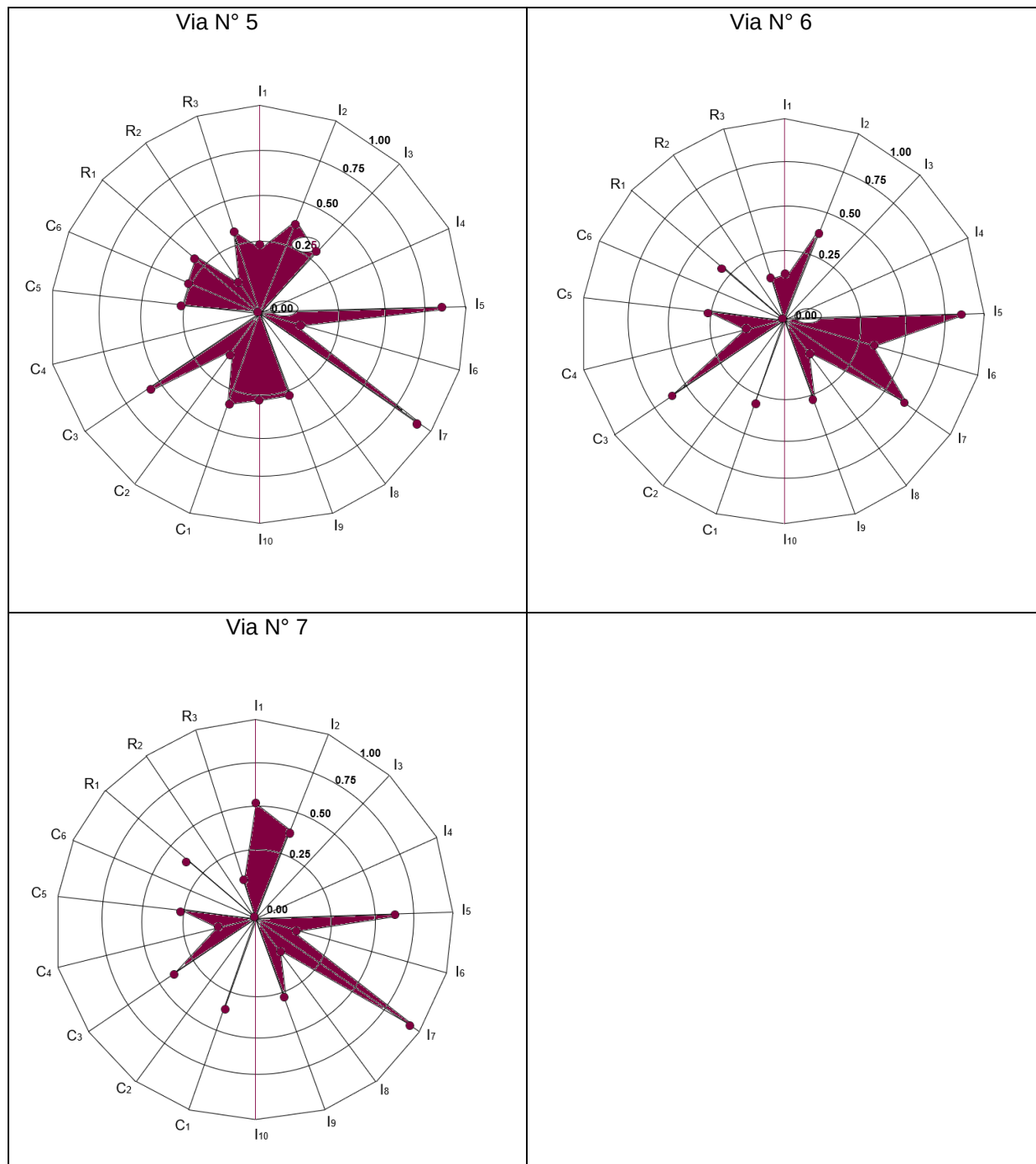


Via N° 3



Via N° 4

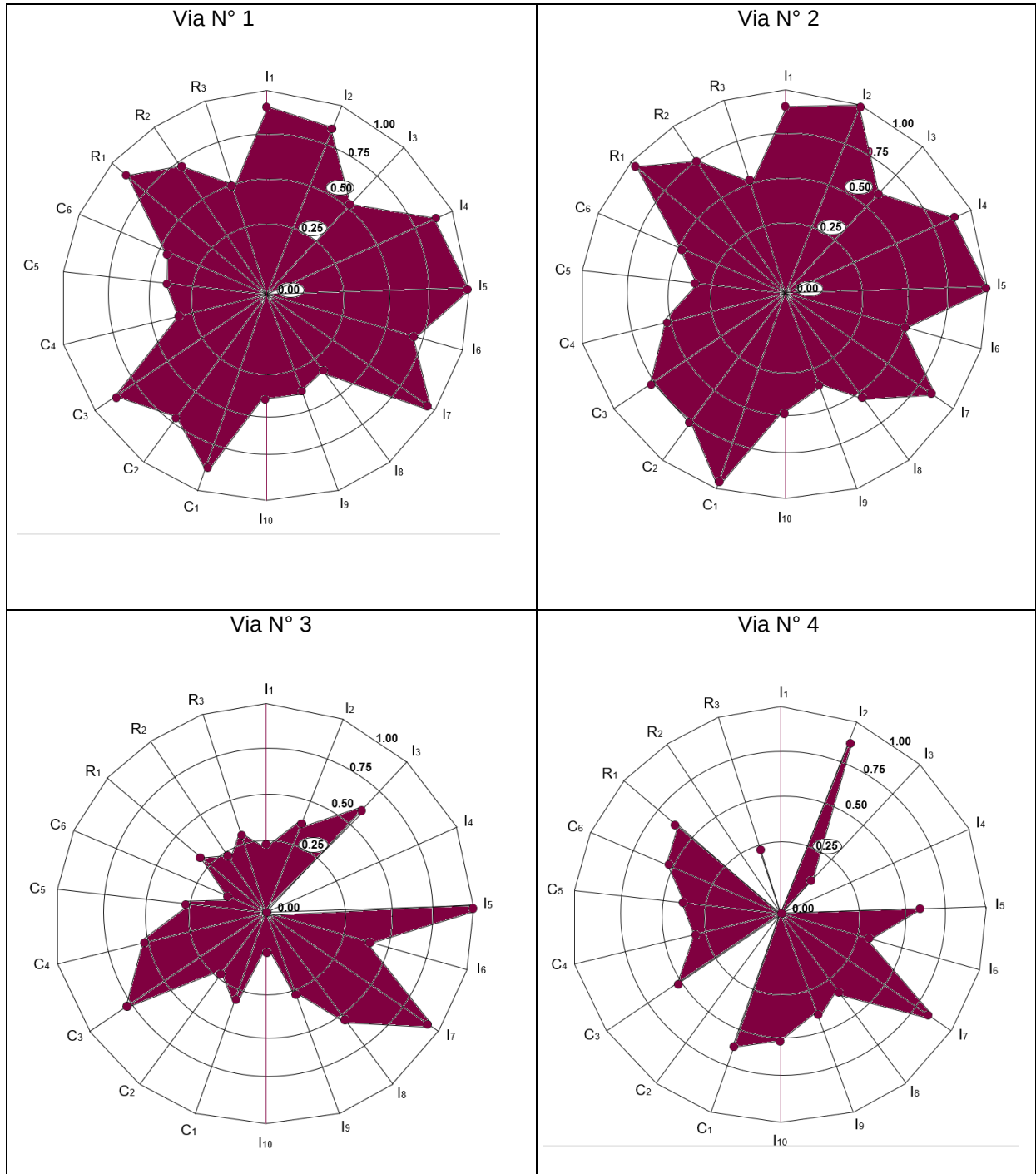


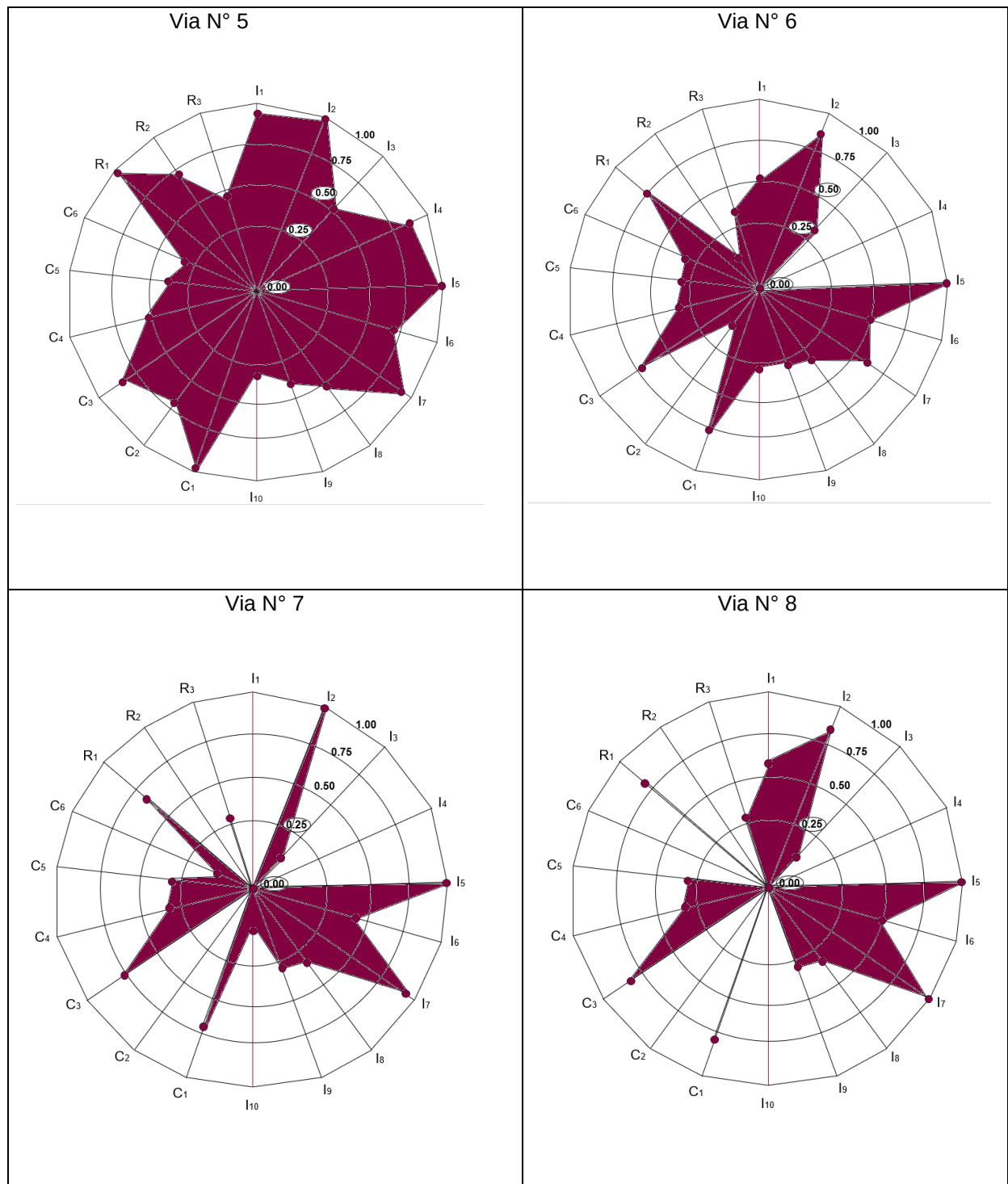


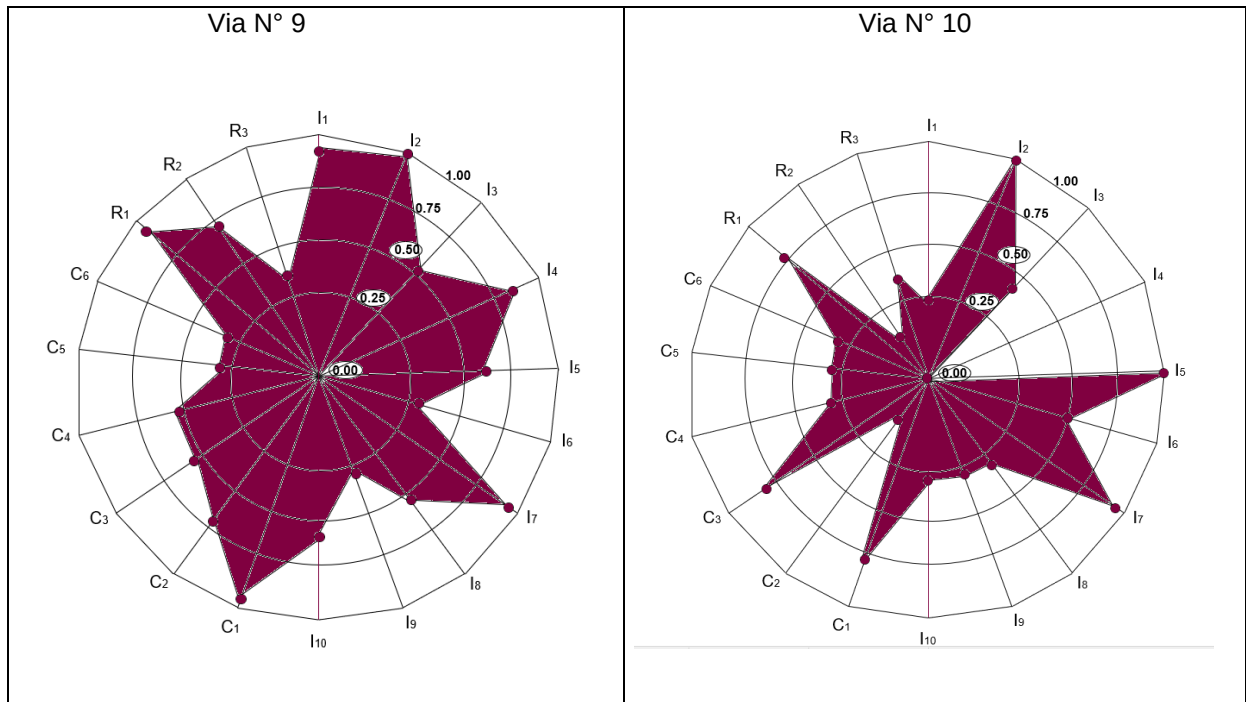
Fuente: Autor (2020)

Caso Puerto Iguazú - Argentina

Figura 5.15 Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad caso Puerto Iguazú - Argentina

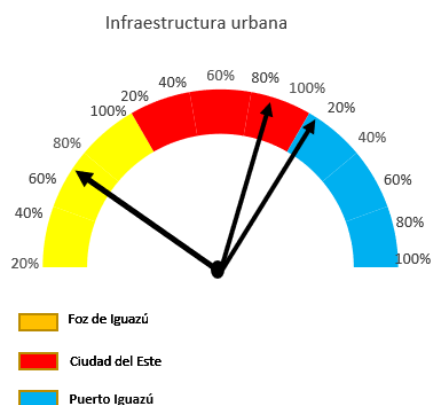




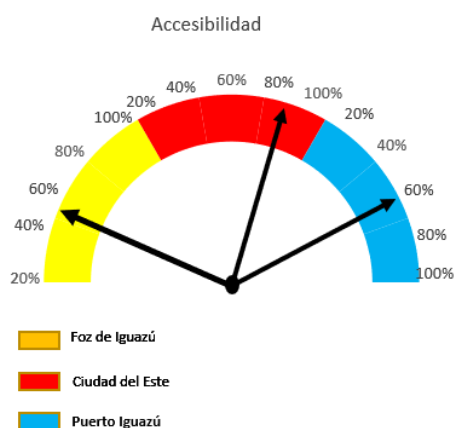


Fuente: Autor (2020)

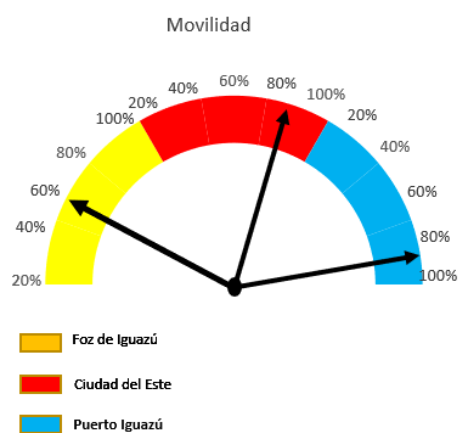
Para mejor visualización de los resultados de los índices de sustentabilidad para los tres requerimientos se representan a través de los gráficos anillos donde indican la cantidad de vías analizadas en porcentajes que se encuentran con deficiencias críticas, menor a 50 % del valor máximo del índice para cada requerimiento. En la **figura 5.16** se representa para infraestructura urbana, **figura 5.17** para accesibilidad y **figura 5.18** para movilidad.

Figura 5.16 Porcentaje de vías en situaciones críticas en cuando a Infraestructura urbana

Fuente: Autor (2020)

Figura 5.17 Porcentaje de vías en situaciones críticas en cuando a Accesibilidad

Fuente: Autor (2020)

Figura 5.18 Porcentaje de vías en situaciones críticas en cuando a Movilidad

Fuente: Autor (2020)

6 CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

En este trabajo fue evaluada la movilidad urbana mediante una propuesta de mejora en el procedimiento para evaluar componentes urbanos basados en análisis de valor, de forma separada e integrada.

Dicha aplicación de procedimiento es realizada a través de nuevas configuraciones dentro de las metodologías utilizadas, el uso de la herramienta AHP que permitió no solamente priorizar atributos, sino también cuantificar las respuestas de cada corredor.

A partir de la evaluación de la movilidad urbana utilizando las metodologías: IMUS para el levantamiento de las variables en el campo y el MIVES para la medición de indicadores cualitativos y cuantitativos con unidades diferentes, fue posible medir el índice de sustentabilidad.

El presente estudio proporciona resultados cuantitativos a través de modelo matemático, siendo de simple aplicación de tal forma que permita priorizar actuaciones y así mejorar la calidad de vida de los usuarios de cada uno de los corredores analizados.

Este trabajo permitió demostrar la facilidad de uso de la metodología, donde también queda evidente su aplicación en cualquier escenario como fue aplicado para la zona de la Triple Frontera, la cual presenta tres escenarios diferentes.

A partir de las respuestas obtenidas para los tres casos, fue posible determinar la deficiencia en los componentes urbanos. Para caso Foz de Iguazú presenta carencias en el requerimiento infraestructura urbana en la mayoría de los diez corredores, excepto en los corredores más próximos a áreas turísticas, las que reflejan condiciones distinta a la de zonas residenciales alejadas de destinos turísticos la cual reducen claramente la posibilidad de interacción entre las líneas de transporte de esa región.

Por otro lado, la parte de accesibilidad presenta respuestas y resultados menos favorables en todos los corredores para personas con discapacidad, la cual se encuentra con altas deficiencias que permitan atender la normativa nacional vigente. Si bien, existen algunos componentes que hacen posible el desplazamiento del peatón en la calzada.

En cuando al requerimiento de movilidad principalmente en el transporte público, que presentan baja frecuencia en los tramos estudiados, reduce de forma significativa la

interconexión o vehículo con otros sistemas modales. La parte de contaminación sonora todos los corredores ultrapasan el límite permitido.

Para el caso Ciudad del Este presenta una clara deficiencia en cuando a Infraestructura Urbana en todos los corredores, tanto para superficie asfáltica y principalmente en calzadas que presentan muchas interferencias, esto debido a los puestos de negocios en la propia calzada. Esta zona es netamente comercial la que provocó un crecimiento en la ciudad sin ningún planeamiento.

En cuando a accesibilidad, esta zona de estudio, los 7 corredores se encuentran en situaciones críticas, a tal punto que para personas con movilidad reducida sea nula. De la misma manera para el requerimiento movilidad presentan altas deficiencias debido principalmente a la falta de señalizaciones, prioridad al ciclismo, gran cantidad de camiones pesados reduciendo así la movilidad de los peatones y por último el 85 % de los corredores ultrapasa el límite de contaminación sonora, esto debido al alto flujo de personas realizando compras y tránsitos para el desplazamiento de las mercancías.

Para el caso de Puerto Iguazú presentan poca deficiencia en cuando a infraestructura urbana, esto debido a que todos los corredores presentan superficie asfáltica en perfecto estado, pero sin señalización en la pista, lo que reduce el índice para este requerimiento como también la calidad de la calzada que en la mayoría de los corredores son discontinua.

Por otro lado, la accesibilidad para este caso todos los corredores presentan deficiencia, siendo 60 % de ellos con accesibilidad nula y el resto con índice regular que son las avenidas principales con destino turístico como la Av. Triple Frontera.

Para el requerimiento movilidad todas las vías con deficiencia absoluta por falta total de señalización, ciclovía y radares. La parte positiva de la respuesta es la de calidad de frecuencia del transporte público y la contaminación sonora que 50 % de los corredores no pasa límite de tolerancia, esto debido a que en este escenario existe menos movimientos en comparación a de Foz de Iguazú y Ciudad del Este.

Finalmente, es importante destacar que el estudio representa la combinación de diversas áreas de trabajo asociadas: levantamiento de campo, inspecciones visuales, herramientas metodológicas y criterios de análisis para el respaldo de correctas decisiones en el desarrollo de infraestructura urbana sostenible.

Para el desarrollo de infraestructura urbana sostenible es importante entender que la gestión pública debe atacar en cuando a inversión en todos los requerimientos de forma paralelas para el buen funcionamiento y mantenimiento de los componentes urbanos. Pero esto debe ser realizados de forma completa de todos los barrios de la zona ya que todos están inter ligados, principalmente en el transporte público y no realizar una falsa visión solamente en las avenidas principales y destinos turísticos.

7 CAPÍTULO 7: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050:2004** - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:2020** – Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2020.
- ALCANTARA, E. V. **Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad**. Bogotá-Colombia: CAF, Septiembre/2010. Disponible en: <https://www.caf.com/media/3155/An%C3%A1lisis_movilidad_urbana.pdf> Acceso en: 01/10/2019.
- AGUADO, B.; CORTES, F.; JOSA, A.; MARQUES, A. **MIVES: Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones de Sostenibilidad** – ICSMM 2009. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2009. Disponible en: <<https://pdfs.semanticscholar.org/5ec9/0a1089c45621607c48b0a2c8864ebd52025e.pdf?ga=2.111947652.1247725733.1582127435-137231567.1582127435>>. Acceso en: 13/02/2020.
- ALARCÓN, B. **Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles (2006)**. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de la industria de la construcción. ISBN 84-690-1927-9. Barcelona, diciembre 2006 Disponible en: <<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6166/01Dan01de01.pdf?seq>>. Acceso: 21/02/220.
- ALTO PARANA- “**Ciudad del Este**”-(s/a)- <Alto Parana Gov> Disponible en: <<http://www.altoparana.gov.py/v0/index.php/ciudad-del-este?start=2>>. Acceso: 29/02/20202.
- ABC COLOR- “**La tercera zona de libre comercio más poderosa del mundo**”- 2012- <ABC Color> Disponible en: <<https://www.abc.com.py/especiales/black-friday/la-tercera---zona-de-libre-comercio-mas-poderosa-del-mundo-400101.html>> Acceso: 05/01/2020.
- ADN PARAGUAYO- “**Alto Paraná tiene un sistema de transporte del cuarto mundo**”- 2018- <ADN Paraguay> Disponible en: <<https://www.adndigital.com.py/alto-parana-sistema-transporte-del-cuarto-mundo/>> Acceso: 10/02/2020.
- BARTON, J. **Revisión de marcos conceptuales y análisis de enfoques metodológicos (barreras y viabilidad) para el desarrollo de una infraestructura**

urbana sostenible y eco-eficiente CEPAL: Eco-eficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en América Latina y el Caribe (ECLAC-ESCAP. ROA101), 2009.

- BRASIL ESCOLA. **Mobilidade urbana no Brasil.** Disponible en: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/mobilidade-urbana-no-brasil.htm>>. Acceso en: 01/11/2018.
- CORTES, F.; JOSA, A.; MARQUES, A. **Sostenibilidad y su Evaluación en Construcción a través del Modelo MIVES.** Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartografía y Geofísica – IS.UPS, UPS. Barcelona, 22 de junio de 2011. Disponible en: <<http://icta.uab.es/ecotech/Mives%20Pluvisost%2022%2001%2011%20UAB.pdf>>. Acceso en: 19/02/2020.
- CVI NOTICIAS- “**El Duty Free Shop fue reconocido en los premios de Misiones Online**”- s/a- <CVInoticias.com> Disponible en: <<http://www.cvinoticias.com/v2/?p=11987>>. Acceso: 29/02/2020.
- DOWNES, P. - “**En la triple frontera se instalara el mayor centro logístico de Sudamérica**” -2019- <Vial Guazu> Disponible en: <<https://viapais.com.ar/iguazu/1022670-en-la-triple-frontera-instalaran-el-mayor-centro-logistico-de-sudamerica/>>. Acceso: 29/02/2020.
- ECURED. “**Foz de Iguazú (Brasil)**” – (s/a)- <Ecu Red> Disponible en: <[https://www.ecured.cu/Foz_de_Iguaz%C3%BA_\(Brasil\)](https://www.ecured.cu/Foz_de_Iguaz%C3%BA_(Brasil))>. Acceso: 29/02/2020.
- EL DEBATE- “**Ciudad del Este, la meca de las compras en Paraguay**” - 2017- <El Debate> Disponible en: <<https://www.debate.com.mx/mundo/Ciudad-del-Este-la-meca-de-las-compras-en-Paraguay-20171212-0065.html>>. Acceso: 5/02/2020.
- EL CONGRESO DE LA NACION PARAGUAYA. “**Ley N° 1.100/97: De prevención de la polución sonora**”- S/A- Disponible en: <http://archivo.seam.gov.py/sites/default/files/ley_1100.pdf>. Acceso: 21/02/2020.
- EL SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA NACIÓN ARGENTINA.- “**Ley Nacional N° 24.314 (Accesibilidad de personas con movilidad reducida)**”- 1994- <Universidad Nacional de Mar del Plata> Disponible en: <<http://www2.mdp.edu.ar/index.php/institucional/areas-rectorado/subsecretaria-de-servicios/seguridad-e-higiene/accesibilidad/ley-de-accesibilidad>>. Acceso: 21/02/2020.
- EL CONGRESO DE LA NACION ARGENTINA. “**Ley N° 1540/04: De prevención de la polución sonora**”- Disponible en: <https://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/sin/normapop09.php?id=67210&qu=c&cp&rl=1&rf=1&im&printi=1&mot_toda&mot_frase&mot_alguna>. Acceso: 21/02/2020.

- FERRIS, J. (2008). **Diseño, desarrollo y validación de una metodología de valoración multicriterio de activos basada en ANP**. Tesis doctoral Julio de 2008, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de proyectos de ingeniería.
- FATIN, M. A.- “**Políticas de salud en áreas de frontera. El caso de Argentina y Paraguay**”- 2015- <ISSN> Disponible en: <<http://scielo.iics.una.py/pdf/riics/v11n2/v11n2a07.pdf>>. Acceso: 29/02/2020.
- FOGEL, R.- “**La región de la triple frontera: territorios de integración y desintegración**”- 2008- <Scielo> Disponible en: <<http://www.scielo.br/pdf/soc/n20/a12n20.pdf>>. Acceso: 29/02/2020.
- GONZÁLEZ, C. C. **Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental**. Madrid: Obra Caja Madrid, 2010. Disponible en: <<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Movilidad-Urbana-Sostenible-un-reto-energetico-y-ambiental-2010.pdf>>. Acceso en: 14/02/2020.
- INFOBAE- “**El crimen organizado pone en jaque a la Triple Frontera**”- 2019- <INFOBAE> Disponible en: <<https://www.infobae.com/def/desarrollo/2019/04/20/el-crimen-organizado-pone-en-jaque-a-la-triple-frontera/>>. Acceso: 19/01/2020.
- KORHONEN, P.; MOSKOWITZ, H.; WALLENIUS, J. (1992). **Multiple criteria decision support: a review**. European Journal of operational research N. 63, pp. 361-375.
- MANGA, R. (2005). **Una nueva metodología para la toma de decisión en la gestión de la contratación de proyectos constructivos**. Tesis doctoral. E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. UPC. 28 de octubre de 2005. Directores: A. Aguado y G. Ormazabal.
- MONTENEGRO, S. “**La triple frontera entre Argentina, Brasil y Paraguay: globalización y construcción social del espacio**.”- 2007- <XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. Asociación Latinoamericana de Sociología, Guadalajara> Disponible en: <<http://cdsa.aacademica.org/000-066/871.pdf>> Acceso: 29/02/2020.
- MOTOS, G. “**Análisis de Indicadores de Movilidad Urbana Sostenible**”- 2019- <Universidad Politécnica de Cartagena EICM> disponible en: <<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7784/tfm-mot-ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acceso: 10/02/2020.
- MAYOR, Guarimbero- “**Mercosur aprobó modelo único de placa para vehículos**” - 2014- <Taringa> Disponible en: <https://www.taringa.net/+noticias/mercosur-aprobo-modelo-unico-de-placa-para-vehiculos_gp7qt>. Acceso: 15/02/2020.
- MANUAL MIVES. “**Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles**”- 2009- disponible en: <<https://deca.upc.edu/es/proyectos/mives/ficheros/aplicacion-v1/mivesmanual.pdf>> Acceso: 21/02/2020.

- MISION ONLINE- “**Alrededor de 40.000 personas por día cruzan entre Puerto Iguazú y Foz**” -2018- <Mision Online> Disponible en: <<https://misionesonline.net/2018/01/30/alrededor-40-000-personas-dia-cruzan-puerto-iguazu-foz/>>. Acceso: 29/02/2020.
- PODER LEGISLATIVO. “**Ley N° 4.934: De accesibilidad al medio físico para personas con discapacidad**”- 2008- Disponible en: <<http://bacn.gov.py/archivos/1143/20141016101933.pdf>> Acceso: 21/02/2020.
- PAGINA 16- “**Triple Frontera: diversidad cultural y riquezas naturales, demonizada por la prensa internacional y deseada por las grandes potencias**”- 2018- <Pagina16> Disponible en: <<http://www.pagina16.com.ar/triple-frontera-diversidad-cultural-y-riquezas-naturales-demonizada-por-la-prensa-internacional-y-deseada-por-las-grandes-potencias/>>. Acceso: 19/02/2020.
- PAEZ, S. - “**Multiculturalismo en la triple frontera (ARGENTINA, BRASIL Y PARAGUAY)**” - 2012- <Instituto Superior Antonio Ruiz Montoya> Disponible en: <http://www.isnsc.com.ar/assets/eje_01_01_serpio_luis_alberto_paez_multiculturalismo_en_la_triple_frontera.pdf>. Acceso: 29/02/2020.
- RENOLDI, B. - “**Fronteras que caminan: relaciones de movilidad en un límite transnacional**”- (2013)- <DOSSIER> Disponible en: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-FronterasQueCaminan-4698182.pdf>>. Acceso: 29/02/2020.
- Referencia. Niveles de servicio peatonales en aceras y senderos según TRB. Highway Capacity Manual, HCM, 2000.
- SAATY, T. AHP: **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill (1980).
- SAATY, T. (2004). **Decision making. The analytic hierarchy and network process (AHP/AND)**. Journal of systems science and systems engineering. Vol 13,N 1, pp 1 – 34.
- SICRA, Ricardo- “**Facilitación de Transporte en los pasos de frontera de Sudamérica**”-s/a- <IIRSA> Disponible en: <http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/Uploads/Documents/pfd_ftpf2_cap3_ciudad_del_e_ste.pdf>. Acceso: 29/02/2020.
- UNITED NATIONS. **World Urbanization Propects: revisión 2014**. United Nations. New York, 2014. Disponible en: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>>. Acceso en: 14/02/2020.
- VILLEGAS, N. (2009). **Análisis de valor en la toma de decisiones aplicado a carreteras**. Tesis doctoral Universidad Politecnica de Cataluña. Departamento de ingeniería de la construcción.

- VILLEGAS, N.; DE LOS RÍOS, B.; AGUADO, A. (2010). **Value rate in highway cross sections during its life cycle**. International review of civil engineering. IRECE. Vol. 1. N. 1 Pp. 100 -109. Praise Worthy Prize.

ARTÍCULOS

- CAMAGNI, R. “**Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion**”- 2002- <Ecological Economics> Disponible en: <http://www.mopt.org.pt/uploads/1/8/5/5/1855409/camagni_ecol_econ.pdf>. Acceso: 21/02/2020.
- FREI, F. “**Sampling mobility index: Case study in Assis- Brazil**”- 2005-< Research Gate> disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/23526687_Sampling_mobility_index_Case_study_in_Assis--Brazil>. Acceso: 21/02/2020.
- GOLSHID, G.; BLANCO, A. & DE LA FUENTE A. “**A New Sustainability Assessment Approach Based on Stakeholders Satisfaction for Building Façades**”.- 2017- < ScienceDirect> Disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322051>>. Acceso: 19/02/2020.
- JATO, D.; RODRIGUEZ, J.; VALERI, V. & BALLESTER, F. “**A fuzzy stochastic multi-criteria model for the selection of urban pervious pavements**”.-2014- Disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417414002887?via%3Dihub>>. Acceso: 21/02/2020.
- PUJADAS, P.; PARDO-BOSCH, F.; AGUADO-RENTER, A. & AGUADO, A. “**MIVES multi-criteria approach for the evaluation, prioritization, and selection of public investment projects. A case study in the city of Barcelona**”.-2017- <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.014>>. Acceso: 21/02/2020.
- PUJADAS, P.; CAVALARO, S. & AGUADO, A. “**MIVES multicriteria assessment of urban- pavement conditions: application to a case study in Barcelona**”. -2018- <Taylor & Francis Online> disponible en: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14680629.2018.1474788>>. Acceso: 21/02/2020.
- ROCA MARTÍN, S.; VILLEGAS, N.; VIÑOLAS, B.; JOSA, A.; AGUADO, A. “**Evaluación y jerarquización de departamentos universitarios mediante análisis de valor**”. -2008- <Revista de Investigación en Educación, nº 5> disponible en: <<http://webs.uvigo.es/reined/>>. Acceso: 21/02/2020.
- TRAVISI, M. CAMAGNI, R. y NIJKAMP, P. “**Impacts of urban sprawl and commuting: a modelling study for Italy**”- 2010- < Journal of Transport Geography> Disponible en: <https://econpapers.repec.org/article/eeejotrge/v_3a18_3ay_3a2010_3ai_3a3_3ap_3a38_2-392.htm>. Acceso: 24/02/2020.

EXTRAS

- AGUADO, A.; CAÑO, A.; DE LA CRUZ, M.; GÓMEZ, D. & JOSA, A. (2011). **"Sustainability assessment of concrete structures within the Spanish structural concrete code"**. Journal of Construction Engineering and Management. Vol.138, (Pp. 268-276).
- ASUNCION, MA. **Indicators of sustainable urban mobility for the city of Uberlândia, MG. 2012**. Dissertation (Master in Civil Engineering) - Federal University of Uberlândia, School of Civil Engineering. Uberlândia - MG, 2012.
- BERNHARDT, J. **Nachhaltigkeit urbaner Relocation Indexbildung Benchmarking-Die Städte und Kaiserslautern und im Vergleich Tübingen**. Institut für Mobilität und Verkehr, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany, 2010.
- D'AMICO, P.; DI MARTINO, F.; SESSA, SF. **Buildings Indicators for Sustainable Mobility: the District of Naples**, Trimestrale Laboratorio del Territorio mobilità and Environment - **Dipartimento di Scienza del Territorio Pianificazione and Università Federico of Naples II**, 2011.
- DEL CAÑO, A.; GÓMEZ, D. & DE LA CRUZ, M. (2012). **"Uncertainty analysis in the sustainable design of concrete structures: A probabilistic method"**. Construction and Building Materials. Vol. 37, (Pp. 865- 873).
- MIRANDA, D.; CORREIA, S. **"Analysis of sustainable urban mobility using spatial statistics Operations Research and Sustainable Development"**. Fortaleza, Brazil, in 2007.
- MOEINADDINI, M.; SHEKARI, ZA.; Shah, MZ. **An urban mobility index for evaluating and reducing private motorized trips**. Measurement, 2014.
- PATTERSON et al. **Use of the Urban Core Index to analyze residential mobility: the case of seniors in Canadian metropolitan regions**. Journal of Transport Geography, 2014.
- PONS, O. & AGUADO, A. (2012). **"Integrated value model for sustainable assessment applied to technologies used to build schools in Catalonia, Spain"**. Building and Environment. Vol. 53, (Pp. 49-58).
- PONS, O. & DE LA FUENTE, A. (2013). **"Integrated sustainability assessment Method applied to structural concrete columns"**. Construction and Building Materials. Vol. 49, (Pp. 882-893).
- PONS, O.; FUENTE, A. & AGUADO, A. (2016). **"The use of MIVES as a Sustainability Assessment MCDM Method for Architecture and Civil Engineering Applications"**. Journal-Sustainability, 2016, vol. 8, N. 5.

- REYES, J.; SAN JOSÉ, J.; CUADRADO J. & SANCIBRIAN, R. (2014). **"Health & Safety criteria for determining the sustainable value of construction projects"**. Safety science. Vol. 62, (Pp. 221-232).
- SAATY, T. **"Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)"**- 2004- < Springer Link> disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11518-006-0151-5> Acceso: 21/02/2020.
- ZAHED, Fatemeh. **"The Analytic Hierarchy Process—A Survey of the Method and its Applications"**- 1986- <Informs Pubs On Line> disponible en: <https://doi.org/10.1287/inte.16.4.96> Acceso: 21/02/2020.

LIBROS

- COSTA, MS. **"Sustainable urban mobility index."** - São Paulo: São Carlos, University, Graduate Program in Transportation Engineering, School of Engineering, 2008.
- Enrica. D'Aula. **"ICADA. Base para un índice de calidad acústica global de la arquitectura interior: aplicación a los espacios comerciales urbanos"**. Cataluña, Universitat Politècnica de Catalunya. 2012.
- HOSSEINI, S.; DE LA FUENTE A. & PONS, O. **"Multi criteria decision making model for assessing the sustainability index of wind- turbine support systems: application to a new precast concrete alternative"**. Journal of Civil Engineering and Management. 2015.
- HOSSEINI, S.; DE LA FUENTE, A. & PONS, O. **"Multi criteria decision making method for sustainable site location of post disaster temporary housing in urban areas"**. Journal of Civil Engineering and Management. 2016.
- MIRANDA. **"Sustainable urban mobility and the case of Curitiba"**. São Paulo: São Carlos, University, Graduate Program in Transportation Engineering, School of Engineering, 2010
- MACHADO. **"Sustainable mobility index to evaluate the quality of urban life: Case study: Greater Porto Alegre (MAPA)"**. Porto Alegre, Federal University of Rio Grande do Sul, 2010.
- MORAIS. **"Evaluation and selection of alternatives for promoting sustainable urban mobility: the case of Anapolis, Goiás 2012."**- San Carlos, University of São Paulo, 2012.
- MAIA. **"Evaluation of the quality of public transport from the perspective of sustainable urban mobility: the case of Fortaleza."** São Carlos- University of São Paulo, in 2013.
- NÚÑEZ, Alarcón. **"Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles"**. Cataluña, Tesis doctoral Universidad Politècnica de Catalunya. (AÑO)
- ORMAZABAL, G.; VIÑOLAS B. & AGUADO, A. **"Enhancing value in crucial decisions: Line 9 of the Barcelona subway"**. Barcelona, Journal of Management in Engineering. 2008.

- PONTES. **"Urban mobility assessment in the metropolitan area of Brasilia"** – Brasilia , Architecture and Urban Planning, 2010.
- ROM, Flix. **"Determining a sustainable urban mobility index for the city of Itajubá, MG."** SC, 2012.
- SEABRA. **"Foundations for the construction of an index for strategic management of sustainable urban mobility (Igemus)."** Brasilia- Department of Civil and Environmental Engineering, 2013.
- SAN JOSÉ, J. & GARCIA, A. **"Planteamiento MIVES para la evaluación caso de la EHE"**. (ciudad) Dialnet. 2008.
- VIÑOLAS, B.; AGUADO, A.; JOSA, A.; VILLEGAS, N. & Fernández Prada, M.A. **"Aplicación del análisis de valor para una evaluación integral y objetiva del profesorado universitario"** Revista de Universidad y Sociedad del conocimiento. 2009.
- VIÑOLAS, B.; CORTÉS, F.; MARQUES, A.; JOSA, A. & AGUADO, A. **"MIVES: modelo integrado de valor para evaluaciones de sostenibilidad - ICSMM 2009"**. Barcelona, II Congreso Internacional de Mesura i Modelització de la Sostenibilitat. 2009.

8 ANEXO 1

INFORMACIÓN GENERAL					
Nombre de la avenida		Perfil de la vía (marque con "x")			
Distancia analizada (km):		Comercial	Turístico	Residencial	
Fecha del levantamiento:		☐	☐	☐	
Horario	Inicio:				
levantamiento	Conclusión:				
Requerimiento	INFRAESTRUCTURA URBANA				
Criterio	Estado físico del elemento				
Indicador	Calidad de la calzada				
Parámetro: Inspección de la calzada					
Grado de cumplimiento	Características	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	Definición visual del parámetro	
A	Acera continua y totalmente plana	60			
	Sin deformaciones en el 100% del tramo estudiado				
	Sin presencia de huecos o desgaste del material				
	Superficie con señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida				
	Bordillos (cordón) en perfectas condiciones y sin deterioro				
B	Acera continua y totalmente plana	40			
	Sin deformaciones hasta un 80% del tramo estudiado				
	Sin presencia de huecos y poco desgaste del material				
	Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida				
	Presencia de desgaste en bordillos de protección				
C	Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado	20			
	Poca presencia de huecos y deterioro visual del revestimiento de la acera				
	No presenta riesgo para el usuario				
	Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida				
	Possibilidad de rehabilitación de la acera				
D	Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado	10			
	Alta presencia de huecos y alto desgaste del material				
	Inicio de pérdida de material de la acera				
	Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida				
E	Acera discontinua y con deformaciones en la mayoría del tramo estudiado	0			
	Desprendimiento de material de revestimiento de la acera				
	Presencia de huecos y desgaste del material con riesgo para el usuario				
	Ausencia de señalización táctil para usuarios con visibilidad reducida				
	Necesidad de reposición de la acera				
Parámetro: Continuidad de la calzada					
Grado de cumplimiento	Características	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	Definición visual del parámetro	
i	Sin interrupciones	20			
ii	de 1 a 4 interrupciones	10			
iii	de 5 a 10 interrupciones	5			
iv	más de 10 interrupciones	0			
Parámetro: Iluminación de la calzada					
Grado de cumplimiento		Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)		
Cuenta con iluminación de la calzada		20			
No cuenta con iluminación de la calzada		0			
Requerimiento	INFRAESTRUCTURA URBANA				
Criterio	Estado físico del elemento				
Indicador	Calidad de la superficie asfáltica				
Grado de cumplimiento	Características	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	Definición visual del parámetro	
A	Superficie en perfecto estado y sin presencia de patologías en el asfalto	100			
	Presencia de colectores pluviales				
	Identificación de señalización en la pista				
B	Superficie en perfecto estado con presencia inicial de patologías en el asfalto	50			
	Presencia de colectores pluviales				
	Sin señalización en pista				
C	Superficie con presencia de patologías sin pérdida de material	20			
	Existencia de piel de cocodrilo y fisuras mayores a 5 mm				
D	Superficie del asfalto deteriorada por pérdida de material	10			
	Ahuellamiento de la carpeta asfáltica visible				
	Falta de elementos de drenaje superficial				
E	Deterioro de la superficie del asfalto mayor a un 80%	0			
	Pérdida de material				
	Presencia de ahuellamiento con riesgo para el usuario				
	Reducción de velocidad del usuario por patologías de la superficie				

INFORMACIÓN GENERAL					
Nombre de la avenida		Perfil de la vía (marque con "x")			
Distancia analizada (km):		Comercial	Turístico	Residencial	
Fecha del levantamiento:		☐	☐	☐	
Horario levantamiento	Inicio:				
Conclusión:					
Requerimiento	ACCESIBILIDAD				
Criterio	Cumplimiento de la normatividad				
Indicador	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas				
Grado de cumplimiento	Características	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	la Ley Nacional N° 24314 (para el caso de Puerto Iguazú – Argentina) y la Ley N° 4934 (para el caso de Ciudad del Este– Paraguay)	
Adaptaciones de accesibilidad para cumplir normativa ABNT NBR 9050:2015	Desplazamiento de personas en pie - Ancho de la calzada $\geq 1,20$ m	10			
	Desplazamiento de personas en silla de ruedas - Ancho de la calzada $\geq 1,80$ m., previendo dos personas en silla de ruedas circulando en sentidos opuestos	20			
	Rampas para silla de ruedas	20			
Señalización adecuada en calzada	Identificación de señalización	25			
Integración de símbolos internacionales	Símbolos internacionales en calzada	15			
	Símbolos internacionales en superficie asfáltica	10			
Requerimiento	ACCESIBILIDAD				
Criterio	Cumplimiento de la normatividad				
Indicador	Áreas de circulación				
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)			
El tramo cuenta con áreas de circulación para personas con capacidades reducidas en calzada, considera accesos y circulaciones para sillas de ruedas sin interferencias en toda la calzada	100				
El tramo cuenta con áreas de circulación para personas con capacidades reducidas en calzada, considera accesos y circulaciones para sillas de ruedas en algunas partes del tramo estudiado	50				
El tramo no cuenta con áreas de circulación para personas con capacidades reducidas en calzada, no considera accesos y circulaciones para sillas de ruedas en ningún parte del tramo estudiado	0				

INFORMACIÓN GENERAL						
Nombre de la avenida		Perfil de la vía (marque con "x")				
Distancia analizada (km):		Comercial		Turístico		Residencial
Fecha del levantamiento:		☐		☐		☐
Horario levantamiento	Inicio:						Conclusión:
Requerimiento	MOVILIDAD					
Criterio	Peatón					
Indicador	Densidad de la calzada					
Niveles de servicio (NS)	Espacio (m2 por peatón)	Tasa de flujo (peatón/min/m)	Velocidad (m/s)	Ponderación	Espacio (m2 por peatón)	Niveles de servicio
A	> 5.60	≤ 16	> 1.30	100		
B	> 3.70 – 5.60	> 16 – 23	> 1.27 – 1.30	75		
C	> 2.20 – 3.70	> 23 – 33	> 1.22 – 1.27	50		
D	> 1.40 – 2.20	> 33 – 49	> 1.14 – 1.22	20		
E	> 0.75 - 1.40	> 49 – 75	> 0.75 – 1.14	10		
F	≤ 0.75	Variable	≤ 0.75	5		
Requerimiento	MOVILIDAD					
Criterio	Peatón					
Indicador	Calidad de la movilidad					
Parámetro: densidad de la calzada						
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)				
NS = A	20					
NS entre B y C	10					
NS entre D y E	5					
NS = F	0					
Parámetro: interferencias de movilidad						
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)				
El tramo estudiado no presenta interferencias	45					
Entre 1 y 5 interferencias	20					
Entre 6 y 10 interferencias	20					
Más de 10 interferencias	0					
Parámetro: Semáforos para peatón						
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)				
El tramo SI presenta semáforo peatonal	10					
El tramo NO presenta semáforo peatonal	0					

	Parámetro: sombreamiento		
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Presencia de árboles en el tramo: Más de 200	25		
Presencia de árboles en el tramo entre 100 y 200	10		
Presencia de árboles en el tramo entre 50 y 100	5		
Presencia de árboles en el tramo entre 0 y 50	0		
Requerimiento	MOVILIDAD		
Criterio	Peatón		
Indicador	Contaminación sonora		
Medición de decibeles urbanos	Valor		
Requerimiento	MOVILIDAD		
Criterio	Vehículo ligero		
Indicador	Interferencias		
Parámetro: presencia de radares			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Si	25		
No	0		
Parámetro: interrupciones de vehículos ligeros al peatón			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
sin interrupciones	15		
entre 1 y 5	5		
Más de 5	0		
Parámetro: Porcentaje de vehículos ligeros			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Mas del 50%	10		
Menos del 50%	0		
Requerimiento	MOVILIDAD		
Criterio	Ciclista		
Indicador	Calidad del trayecto y seguridad		
Parámetro: ciclovia			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
El tramo considera ciclo vía	50		
El tramo no considera ciclo vía	0		

Parámetro: Semaforización			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
El tramo considera semáforo para ciclista	10		
El tramo no considera semáforo para ciclista	0		
Parámetro: Iluminación en pista			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Pista iluminada	25		
Pista sin iluminar	0		
Parámetro: Respeto al ciclista			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Si	15		
No	0		
Requerimiento	MOVILIDAD		
Criterio	Transporte público		
Indicador	Calidad de infraestructura y señalización		
Parámetro: Pista preferencial de tránsito			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Si considera	30		
No considera	0		
Parámetro: Existencia de controles de velocidad			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Si considera	15		
No considera	0		
Parámetro: Calidad de la parada de autobús			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Excelente	25		
Buena	10		
Regular	5		
Deficiente o no presenta	0		
Parámetro: Calidad de frecuencia			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
entre 5 y 10 minutos	25		
entre 11 y 20 minutos	10		
entre 20 y 30 minutos	5		
Más de 30 minutos	0		
Parámetro: Señalización			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Excelente	20		
Regular	10		
Deficiente	0		