



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGÍA, INFRAESTRUCTURA Y
TERRITORIO (ILATIT)**

INGENIERÍA CIVIL DE INFRAESTRUCTURA

**DIAGNÓSTICO DE LOS CORREDORES DEL TRANSPORTE PÚBLICO PARA LA
OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE MOVILIDAD URBANA. CASO DE ESTUDIO: FOZ
DE IGUAZÚ, BRASIL.**

ALEJANDRO AGUSTIN AMARILLA SPEZINI

Foz de Iguazú
2023



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGÍA, INFRAESTRUCTURA Y
TERRITORIO (ILATIT)**

INGENIERÍA CIVIL DE INFRAESTRUCTURA

**DIAGNÓSTICO DE LOS CORREDORES DEL TRANSPORTE PÚBLICO PARA LA
OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE MOVILIDAD URBANA. CASO DE ESTUDIO: FOZ
DE IGUAZÚ, BRASIL.**

ALEJANDRO AGUSTIN AMARILLA SPEZINI

Trabajo de conclusión de curso presentado al instituto Latino-Americano de Tecnología, Infraestructura y territorio de la Universidad Federal de la Integración Latino-Americana, como requisito parcial a la obtención del título de pregrado en Ingeniería Civil de Infraestructura.

Orientador: Prof. Dr. Ing. Noé Villegas Flores.

Foz de Iguazú
2023

ALEJANDRO AGUSTIN AMARILLA SPEZINI

**DIAGNÓSTICO DE LOS CORREDORES DEL TRANSPORTE PÚBLICO PARA LA
OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE MOVILIDAD URBANA. CASO DE ESTUDIO: FOZ
DE IGUAZÚ, BRASIL.**

Trabajo de conclusión de curso presentado al instituto Latino-Americano de Tecnología, Infraestructura y territorio de la Universidad Federal de la Integración Latino-Americana, como requisito parcial a la obtención del título de pregrado en Ingeniería Civil de Infraestructura.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Eng. Noé Villegas Flores
UNILA

Prof. Dr. Arq. Egon Vettorazzi
UNILA

MSc. Eng. Vinícius Viana Dobes
SMOB - PMFI

Foz de Iguazú, 30 de mayo de 2023.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor: Alejandro Agustin Amarilla Spezini.

Curso: Engenharia Civil de Infraestrutura.

		Tipo de Documento
(x) graduação	(.....) artigo	
(.....) especialização	(x) trabalho de conclusão de curso	
(.....) mestrado	(.....) monografia	
(.....) doutorado	(.....) dissertação	
	(.....) tese	
	(.....) CD/DVD – obras audiovisuais	
	(.....) _____	

Título do trabalho acadêmico: Diagnóstico de los corredores del transporte público para la obtención del índice de movilidad urbana. Caso estudio: Foz de Iguazú, Brasil.

Nome do orientador: Dr. Ing. Noé Villegas Flores.

Data da Defesa: 30/05/2023

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

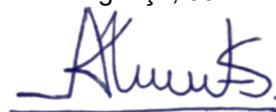
a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, 30 de maio de 2023.



Assinatura do Responsável

DEDICATORIA

A mi familia y amigos que hicieron todo lo posible para ayudarme en todo momento en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, deseo expresar mi agradecimiento a Dios, cuya presencia en mi vida ha sido esencial para hacer posible todo lo que he logrado hasta el día de hoy.

Agradezco al profesor Dr. Ing. Noe Villegas por su orientación, sabiduría y paciencia durante todo el proceso de investigación. Su orientación y apoyo fueron cruciales para la finalización de este trabajo de conclusión de curso.

También quiero expresar mi agradecimiento a los demás profesores, quienes me brindaron sus conocimientos y experiencia, y me ayudaron a desarrollar mis habilidades como ingeniero/a.

Agradezco a mis amigos y compañeros de estudio, quienes se han convertido en amigos de batalla, compartiendo años de alegrías y tristezas. Su apoyo y ánimo fueron fundamentales para seguir adelante en este proceso.

Por último, quiero agradecer a mi familia por su amor, paciencia y comprensión durante todo el proceso. Sus palabras de aliento y confianza en mí me motivaron a continuar y me permitieron alcanzar este logro.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas que, de alguna forma, contribuyeron al desarrollo de este trabajo y a mi formación como ingeniero/a. Su colaboración y apoyo fueron esenciales para alcanzar este logro.

RESUMO

A avaliação do índice de mobilidade do transporte público é fundamental para medir a eficácia e eficiência do sistema de transporte público em uma cidade. Esse índice se refere à facilidade e rapidez com que as pessoas podem se deslocar dentro da cidade utilizando o transporte público. Portanto, é importante fazer ajustes para melhorar o serviço e detectar áreas de melhoria. Nesse sentido, foi proposto um projeto que busca fornecer assistência técnica à administração pública para otimizar o sistema de transporte público na região metropolitana de Foz do Iguaçu (Brasil). Para isso, é utilizado um método multicritério adaptável a diversos ambientes urbanos: o Modelo de Valor Integrado para Avaliação Estrutural (MIVES). Este modelo incorpora o conceito de função de valor (VF) em um processo de hierarquia analítica (AHP), combinando tanto a tomada de decisões de critérios múltiplos como a teoria da utilidade de atributos múltiplos para a obtenção final do índice de mobilidade, objetivo geral deste trabalho. Para a validação do projeto, foram avaliadas 20 vias na cidade, selecionadas por sua maior concorrência do transporte público e praticidade ao identificar as correspondentes deficiências de mobilidade urbana. O modelo contempla três requisitos principais de avaliação, como infraestrutura urbana, acessibilidade e mobilidade. Como resultado do estudo, concluiu-se que as vias apresentam condições deficientes de mobilidade, com grandes e significativas deficiências nos aspectos de acessibilidade e mobilidade. Em geral, este trabalho demonstra a utilidade da metodologia MIVES como ferramenta para avaliar a mobilidade urbana e a qualidade do transporte público em uma cidade específica. Isso pode ajudar os planejadores e responsáveis por políticas públicas a melhorar o serviço de transporte e a mobilidade dos cidadãos.

Palavras-chave: Mobilidade urbana, Transporte público, MIVES, Analytic Hierarchy Process (AHP).

RESUMEN

La evaluación del índice de movilidad del transporte público es fundamental para medir la eficacia y eficiencia del sistema de transporte público en una ciudad. Este índice se refiere a la facilidad y rapidez con la que las personas pueden desplazarse dentro de la ciudad utilizando el transporte público. Por lo tanto, es importante realizar ajustes para mejorar el servicio y detectar áreas de mejora. En este sentido, se ha propuesto un proyecto que busca brindar una asistencia técnica a la administración pública para optimizar el sistema de transporte público en la zona metropolitana de Foz de Iguazú (Brasil). Para ello, se emplea un método multicriterio adaptable a diversos entornos urbanos: el Modelo de Valor Integrado para la Evaluación Estructural (MIVES). Este modelo incorpora el concepto de función de valor (VF) en un proceso de jerarquía analítica (AHP), combinando tanto la toma de decisiones de criterios múltiples como la teoría de la utilidad de atributos múltiples para la obtención final del índice de movilidad, motivo general de este trabajo. Para la validación del proyecto, se han evaluado 20 vías en la ciudad, seleccionadas por su mayor concurrencia del transporte público y practicidad a la hora de identificar las correspondientes deficiencias de movilidad urbana. El modelo contempla tres requerimientos principales de evaluación como son: infraestructura urbana, accesibilidad y movilidad. Como resultado del estudio, se ha concluido que los corredores presentan condiciones deficientes de movilidad, con grandes y significativas deficiencias en los aspectos de accesibilidad y movilidad. En general, este trabajo demuestra la utilidad de la metodología MIVES como herramienta para evaluar la movilidad urbana y la calidad del transporte público en una ciudad específica. Esto puede ayudar a los planificadores y responsables de políticas públicas a mejorar el servicio de transporte y la movilidad de los ciudadanos.

Palabras claves: Movilidad urbana, Transporte público, MIVES, Analytic Hierarchy Process (AHP).

ABSTRACT

The evaluation of the public transportation mobility index is essential to measure the effectiveness and efficiency of the public transportation system in a city. This index refers to the ease and speed with which people can move within the city using public transportation. Therefore, it is important to make adjustments to improve the service and detect areas for improvement. In this sense, a project has been proposed that seeks to provide technical assistance to the public administration to optimize the public transportation system in the metropolitan area of Foz de Iguazú (Brazil). To achieve this, a multicriteria method adaptable to various urban environments is used: the Integrated Value Model for Structural Evaluation (MIVES). This model incorporates the concept of value function (VF) in an analytical hierarchy process (AHP), combining both multiple criteria decision-making and multiple attribute utility theory for the final obtainment of the mobility index, the main objective of this work. For the validation of the project, 20 roads in the city have been evaluated, selected for their greater attendance of public transportation and practicality in identifying the corresponding deficiencies of urban mobility. The model considers three main evaluation requirements, such as urban infrastructure, accessibility, and mobility. As a result of the study, it has been concluded that the corridors present deficient mobility conditions, with significant deficiencies in the aspects of accessibility and mobility. Overall, this work demonstrates the usefulness of the MIVES methodology as a tool for evaluating urban mobility and the quality of public transportation in a specific city. This can help planners and policymakers to improve transportation service and mobility for citizens.

Key words: Urban mobility, public transportation, MIVES, Analytic Hierarchy Process (AHP).

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ejemplo de transporte de privado.....	27
Figura 2.2 – Ejemplo de transporte de alquiler.	27
Figura 2.3 – Ejemplo de transporte público.	28
Figura 2.4 – Ejemplo de tracción animal para el transporte público.	29
Figura 2.5 – Ejemplo de microbús.	31
Figura 2.6 – Ejemplo de autobús convencional.	32
Figura 2.7 – Ejemplo de autobús interurbano.....	33
Figura 2.8 – Ejemplo de autobús articulado.	33
Figura 2.9 – Ejemplo de autobús biarticulado.....	34
Figura 2.10 – Evolución anual del número de vehículos producidos a nivel mundial.	37
Figura 2.11 – Primeros ómnibus circulando en la ciudad de Foz de Iguazú.....	38
Figura 2.12 – Geografía de Foz de Iguazú.	40
Figura 2.13 – Terminal de Transporte Urbano (TTU).	42
Figura 3.1 – Algoritmo de la metodología MIVES.	47
Figura 3.2 – Estructura general de la toma de decisión.	51
Figura 3.3 – Árbol de requerimientos genérico.....	52
Figura 3.4 – Representación gráfica del ámbito de valoración de los indicadores. ..	53
Figura 3.5 – Matriz de comparación [A] (nxn).....	56
Figura 3.6 – Índice de valor de las alternativas.	59
Figura 3.7 – Valor del indicador	59
Figura 4.1 – Red de corredores del transporte público urbano de Foz de Iguazú. ...	62
Figura 4.2 – Función de valor para calidad de calzada.	79
Figura 4.3 – Función de valor para calidad de la superficie asfáltica.	80
Figura 4.4 – Función de valor para adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas.	81
Figura 4.5 – Función de valor para área de circulación en calzadas.....	81
Figura 4.6 – Función de valor para nivel de servicio de la calzada.	82
Figura 4.7 – Función de valor para nivel de calidad de movilidad.	83
Figura 4.8 – Función de valor para nivel de contaminación sonora.....	84
Figura 4.9 – Función de valor para nivel de interferencias.	84

Figura 4.10 – Función de valor para calidad de trayecto y seguridad.	85
Figura 4.11 – Función de valor para calidad de infraestructura y señalización.....	86
Figura 5.1 – Índices de valor para cada corredor urbano estudiado.....	99
Figura 5.2 – Índices de valor para infraestructura urbana.	100
Figura 5.3 – Índices de valor para accesibilidad.....	102
Figura 5.4 – Índices de valor para movilidad.	103
Figura 5.6 – Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad.....	105

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 – Aplicaciones MIVES.	48
Tabla 3.2 – Tabla de comparación propuesta por SAATY (1980).....	55
Tabla 3.3 – Índice de consistencia aleatoria (R.I.).	57
Tabla 4.1 - Corredores seleccionados para el estudio	63
Tabla 4.2 – Árbol de Requerimientos.	65
Tabla 4.3 – Ponderaciones para el requerimiento Infraestructura Urbana	67
Tabla 4.4 – Escala de medición para indicador “calidad de la calzada”	69
Tabla 4.5 – Escala de medición para indicador “calidad de la superficie asfáltica” ...	70
Tabla 4.6 – Ponderaciones para el requerimiento Accesibilidad.	71
Tabla 4.7 – Ponderaciones para el requerimiento Movilidad.....	72
Tabla 4.9 – Nivel de criterio de evaluación acústica (NCA) para Brasil.....	74
Tabla 4.10 – Parámetros evaluados respecto al criterio Vehículo ligero.	74
Tabla 4.11 – Parámetros evaluados respecto al criterio ciclista.....	75
Tabla 4.12 – Parámetros evaluados para el criterio transporte urbano.....	75
Tabla 4.13 – Pesos de los requerimientos.	76
Tabla 4.14 – Resumen de los pesos de los requerimientos.....	77
Tabla 4.15 – Parámetros de las funciones de valor	78
Tabla 5.1 – Corredores seleccionadas con sus respectivas distancias.....	88
Tabla 5.2 – Respuesta de los indicadores de los 10 primeros corredores en la ETAPA DE CAMPO.	90
Tabla 5.3 – Respuesta de los indicadores de los 10 últimos corredores en la ETAPA DE CAMPO.	91
Tabla 5.4 – Resumen de los pesos de los requerimientos mediante AHP.	92
Tabla 5.5 – Respuesta de cada indicador de los 10 primeros corredores respecto a su FUNCIÓN DE VALOR.	94
Tabla 5.6 – Respuesta de cada indicador de los 10 últimos corredores respecto a su FUNCIÓN DE VALOR.	95
Tabla 5.7 – Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores de los 10 primeros corredores.....	96
Tabla 5.8 – Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores de los 10 últimos corredores.	97

Tabla 5.9 – Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios de los 10 primeros corredores.....	98
Tabla 5.10 – Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios de los 10 últimos corredores.....	98
Tabla 5.11 – Resumen de los resultados del índice de valor de los 10 primeros corredores.	104
Tabla 5.12 – Resumen de los resultados del índice de valor de los 10 últimos corredores.	104

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	17
1.1. Contextualización de antecedentes del trabajo	17
1.2. Objetivo general	20
1.3. Objetivos específicos	20
1.4. Limitaciones de la investigación	21
1.5. Método científico y estructura de la investigación	21
2. CAPITULO 2: ESTADO DEL CONOCIMIENTO	23
2.1. Transporte	23
2.1.1 Transporte Urbano	24
2.1.1.1 Clasificación Del Transporte Urbano Por El Volumen De Viajes Que Manejan	25
2.1.1.2 Clasificación Del Transporte Urbano De Pasajeros Por El Tipo De Servicio Que Prestan	26
2.2 Transporte Publico	28
2.2.1 Autobús	30
2.2.1.1 Convencionales	31
2.2.1.2 De Alta Capacidad	33
2.3 Movilidad	35
2.4 Brasil	37
2.4.1 Foz de Iguazú.....	40
2.5 Análisis Multicriterio	42

3. CAPITULO 3: METODOLOGÍA APLICADA.....	45
3.1. Caracterización de la metodología	45
3.2. MIVES	45
3.3. Avances de la metodología MIVES	48
3.4 Delimitación de la Decisión	50
3.5. Árbol de toma de decisiones	52
3.6 Función de Valor (FV).....	53
3.7 Asignación de Pesos	54
3.8 Valoración de las Alternativas.....	58
3.8.1 Valor de los Indicadores:	59
3.8.2 Valor de los Criterios:	60
3.8.3 Valor de los Requerimientos:.....	60
3.8.4 Índice de Valor de las Alternativas:.....	60
4. CAPITULO 4: CASO ESTUDIO: FOZ DO IGUAÇU	61
4.1 Etapa de Campo	61
4.2 Árbol de Requerimiento.....	63
4.3 Desdoblamiento de Indicadores	66
4.3.1 Indicadores del requerimiento “Infraestructura Urbana”	66
4.3.2 Indicadores del requerimiento “Accesibilidad”	70
4.3.3 Indicadores del Requerimiento “Movilidad”	72
4.4 Peso de Atributos Obtenidos (PONDERACIONES)	76
4.5 Configuración de las Funciones de Valor	77
4.5.1 Función de Valor “Calidad de la Calzada”	78
4.5.2 Función de Valor “Calidad de la Superficie Asfáltica”	79
4.5.3 Función de Valor “Adaptaciones en Infraestructura para personas con Capacidades Reducidas”	80
4.5.4 Función de Valor “Áreas de circulación en calzadas”	81
4.5.5 Función de Valor “Nivel de servicio de la calzada”	82
4.5.6 Función de valor “Calidad de Movilidad”	82
4.5.7 Función de Valor “Contaminación Sonora”	83
4.5.8 Función de Valor “Interferencias”.....	84
4.5.9 Función de Valor “Calidad del trayecto y seguridad”	85
4.5.10 Función de Valor “Calidad de infraestructura y señalización”	85

5. CAPITULO 5: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
5.1 Levantamiento de información	87
5.2 Cuantificación de los indicadores	89
5.3 Pesos de atributos (AHP).....	92
5.4 Respuesta de la función valor	93
5.5 Índice de sostenibilidad	99
6. CONCLUSIONES	111
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
8. APENDICE I.....	117

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE ANTECEDENTES DEL TRABAJO

En las últimas décadas, se han producido cambios en las formas de producción, circulación, de comunicación y consumo, en definitiva, diversas formas en que se desarrolla la vida están ligadas a nuevas formas de construcción y uso del suelo.

Una vez que se construye una ciudad, su estructura física y patrones de uso del suelo pueden persistir durante generaciones, lo que lleva a una expansión urbana insostenible. La expansión del uso de suelo urbano supera el crecimiento de la población hasta en un 50%, con 1,2 millones de kilómetros cuadrados de nuevos suelos urbanos proyectados para agregarse globalmente dentro de 30 años (BANCO MUNDIAL, 2022).

En la actualidad, alrededor del 55% de la población mundial, vive en ambientes urbanos. Se estima que, la población urbana se eleve hasta el 68% (ONU, 2018a). Con este crecimiento poblacional se ha visto afectado los niveles de calidad de vida en la ciudad, y la oferta de servicios públicos urbanos.

El crecimiento natural de la población, las migraciones, la influencia de los mercados inmobiliarios y la débil planificación urbana han dado como resultado consecuencias negativas, como los altos niveles de segregación socioeconómica y espacial, así como de degradación ambiental y vulnerabilidades climáticas en las ciudades (ONU, 2018b).

Debido a cambios funcionales y morfológicos, la necesidad de desplazamientos entre diferentes territorios es cada vez más importante. Los sitios de producción están ubicados a grandes distancias de los puntos de consumo, repercutiendo directamente en los tiempos de movilización de las personas.

Según (MIRALLES-GUASCH, 2002: 35), *“Debemos analizar la movilidad, ahora más que nunca a partir de la relación con los parámetros, a menudo cambiantes, que evalúan la calidad de vida”*. Gestionar la movilidad urbana es una tarea importante para las áreas urbanas. Los planificadores y los responsables políticos deben considerar una variedad de factores que tienen un impacto significativo en la movilidad.

En el sector de transporte público urbano, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), señala que la gestión del sistema de autobuses suele estar a cargo de los municipios, que tienen esta responsabilidad a nivel local. En algunos casos, esta función también es asumida por el Estado, principalmente en relación al transporte intermunicipal en áreas metropolitanas. No obstante, los servicios de transporte público son operados exclusivamente por el sector privado (SANT'ANNA, 2002).

Los sistemas de transporte público en el mundo, son un servicio de vital importancia para el desarrollo de todos los países. Contribuyen brindando movilización masiva de personas, evitando que las redes viales entren en colapso ante el gran crecimiento del parque automotor privado (FARIAS, 2012).

Sin embargo, los sistemas de transporte público deben mantenerse en constante mejora, así los usuarios lo vean como un servicio eficaz que mejora la calidad de vida.

En el caso de Europa, la iniciativa CIVITAS, que es uno de los programas emblemáticos que ayudan a la Comisión Europea a lograr sus ambiciosos objetivos de movilidad y transporte y, a su vez, los del Pacto Verde Europeo, desde el año 2002 se dirige a ciudades de la Unión Europea dispuestas a la implementación de políticas estratégicas de transporte urbano destinadas a impulsar una movilidad urbana sostenible (CIVITAS, 2012).

Esta iniciativa busca promover un cambio en los comportamientos y las actitudes de ciudadanos, planificadores, políticos y empresas con el fin de lograr un modelo más ecológico y sostenible para los distintos medios de transporte. Está, cofinanciada por la Unión Europea, y cuenta con la participación de más de sesenta ciudades.

Por otro lado, en la perspectiva de América Latina y el Caribe, el transporte urbano más utilizado son los autobuses, pese a ello, en su mayoría son ineficaces, ya que estas unidades circulan en medio de automóviles y otros tipos de vehículos, ocasionando congestión en las vías, retraso en la llegada de destino, aumento de contaminación ambiental y accidentes de tránsito (BID, 2019).

Estos problemas se deben a deficientes criterios en la organización del tránsito y de transporte en general, es decir, la calidad del sistema depende fundamentalmente de una planificación acertada y de la regulación por parte de las

autoridades gubernamentales (ONU, 2018c).

En lo que se refiere a Brasil, escenario de este estudio, de los 5.570 municipios, el 49%, 2.867 municipios, no cuentan con servicios organizados de transporte público por colectivo, el 18%, 976 municipios, cuenta con servicio intermunicipal y el 33%, 1.727 municipios, cuenta con servicio intramunicipal. A eso se le suma que apenas el 20,8% de los municipios cuentan con el Plano Municipal de Transporte (PMT), siendo esta, una exigencia para municipios con población a partir de 20 mil habitantes (IBGE, 2020).

Referente a la distribución modal, de acuerdo con Sistema de Información de Movilidad Urbana de la Asociación Nacional de Transporte Público (Simob/ANTP), en el año 2018 a nivel nacional, se ejecutaron 67 mil millones de viajes clasificadas según el modo principal de desplazamiento, esto corresponde a 223 millones de viajes por día. Caminar y andar en bicicleta fueron la mayoría con el 42%, seguidos por el 30% del transporte motorizado individual y por último el transporte público con un 28% (Simob/ANTP, 2018).

Las estadísticas oficiales informan que la mayor parte de los viajes en Brasil se realizan sin utilizar algún tipo de transporte público. Sin embargo, la preocupación por la movilidad en el ámbito público se ha centrado en el alarmante crecimiento del parque vehicular privado en Brasil, y no en las condiciones del transporte público o la seguridad peatonal.

Las ciudades se han vuelto una base del desarrollo económico de un país, y sus sistemas de transporte son uno de los componentes más importantes de este desarrollo. Siendo así, el transporte es uno de los temas más difíciles de gestionar en una ciudad porque, a diferencia de todos los demás componentes de la ciudad, no se mejora con el desempeño económico, sino que se empeora (CEPAL, 2002).

El sistema de transporte público de una ciudad es una parte esencial de una política de transporte sostenible diseñada para sus usuarios y tener en cuenta los beneficios a largo plazo para la ciudad.

El escenario actual de la sociedad urbana se destacan tres factores claves: el crecimiento desordenado en las ciudades, la preocupación por el medio ambiente, y un tercer factor, que solo aparece en los países en vías de desarrollo, como lo es la pobreza visible, que, en muchos casos, se agrava por una inadecuada tecnología.

En este contexto urbano, el transporte público cumple una función fundamental para promover la inclusión social y su responsabilidad recae en las autoridades públicas para asegurar la movilidad de todos los ciudadanos.

La estructuración de la red de transporte público permite comparar diferentes alternativas de proyecto en un contexto razonable y así lograr una red eficiente para la ciudad. Cada proyecto se genera como respuesta a una necesidad o problema. Así, los proyectos viales surgen de la identificación de los problemas de accesibilidad a abordar.

Hoy en día, la metodología multicriterio es ampliamente utilizada en diversos campos, como la gestión empresarial, la planificación urbana, la ingeniería, la gestión de recursos naturales, la toma de decisiones políticas y la investigación operativa, entre otros.

Bajo este contexto, este trabajo ha buscado construir un diagnóstico de la red de transporte público urbano a través de un modelo multicriterio, que permita otorgar información a los diversos factores de la zona de conflicto. 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.

1.2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente trabajo de conclusión de curso se centra en desarrollar un diagnóstico de los corredores del transporte público que permita brindar asistencia técnica a la administración pública para la optimización de la movilidad urbana en la ciudad de Foz de Iguazú, aplicando el modelo multicriterio MIVES.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para lograr con éxito el objetivo general, se han definido los siguientes objetivos específicos para este trabajo de conclusión de curso:

- i) Revisar la bibliografía existente con relación a la movilidad urbana referente al transporte público. Esa fase busca, revisar las experiencias que permitan caracterizar, diagnosticar y reorganizar integralmente el sistema metropolitano de transporte público.

- ii) Identificar y comprender los conceptos y aplicaciones metodológicas asociadas a al modelo multicriterio MIVES en el contexto de transporte público.
- iii) Definir lineamientos que permitan incrementar la calidad y eficiencia del sistema de movilidad urbana sustentable de Foz de Iguazú.
- iv) Proponer medidas que fomenten el uso racional de la infraestructura vial de forma que los diversos usuarios transiten de manera segura, cómoda y eficiente

1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de conclusión de curso se centra esencialmente en la evaluación de índice de movilidad mediante metodología experimental en la zona metropolitana de Foz de Iguazú.

Con respecto a las limitaciones geográficas y espaciales, el trabajo de conclusión de curso ha considerado 20 vías principales en la ciudad de Foz de Iguazú, Brasil.

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

Por tanto, 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 DE LA INVESTIGACIÓN

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 presenta el contexto del trabajo de conclusión de curso, justificando la necesidad de su desarrollo y presentando los objetivos generales y específicos, así como las limitaciones de la línea de investigación. Se concluye con el método científico y la estructura del trabajo.

En el **capítulo 2**, se presentan el contexto histórico (estado del arte) o de conocimiento sobre el transporte, movilidad y la ciudad fronteriza de Foz de Iguazú.

Esto permite contextualizar el análisis de resultados ante diferentes escenarios de gestión pública.

En el **capítulo 3**, se define la metodología de evaluación utilizada en este estudio, que es el MIVES, y se presentan sus aplicaciones. Luego, se explica la fase de evaluación a través del modelo matemático para obtener el índice de movilidad de las vías urbanas analizadas.

En el **capítulo 4**, se presenta el estudio de caso "Foz de Iguazú", donde se analizan y caracterizan las etapas de campo desarrolladas, así como los indicadores, criterios y requerimientos adoptados para el caso de movilidad urbana. Finalmente, este capítulo presenta los resultados parciales sobre los pesos y las tendencias de las funciones de valor de los indicadores.

En el **capítulo 5**, se presentan los análisis de resultados finales, incluyendo la calibración del modelo MIVES para Foz de Iguazú, los índices de valor de los indicadores, los pesos de atributos a través de AHP y la expresión de la función de valor para obtener el índice de movilidad de cada vía urbana.

En el **capítulo 6**, se presentan las conclusiones y las futuras líneas de investigación asociadas a este trabajo, junto con las recomendaciones y limitaciones del estudio.

En el **capítulo 7**, se presentan las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo del trabajo.

Por último, en el **Apéndice 1** se presenta la planilla utilizada para el levantamiento de información en el campo, con los tres requerimientos principales de evaluación: infraestructura urbana, accesibilidad y movilidad, con todos los criterios e indicadores.

2. CAPITULO 2: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

En este capítulo, se presenta una revisión crítica y sistemática de la literatura existente sobre el tema en cuestión, identificando las principales tendencias, teorías y enfoques que se han utilizado para abordar el tema específico de la movilidad urbana, centrándose en el transporte público en las ciudades. Para ello, se examina de manera rigurosa la literatura existente, valorando su calidad y relevancia para el estudio en cuestión.

Inicialmente, es preciso hacer una diferenciación entre los términos transporte y movilidad. Con este propósito, es importante tener en cuenta que la movilidad y los medios de transporte son dos elementos distintos pero que se complementan e interactúan en el entorno urbano. Es esencial diferenciar entre la necesidad de movilidad y la necesidad de transporte. Una parte de la demanda de movilidad se transformará en demanda de transporte mecánico cuando las dimensiones y densidad de la ciudad lo exijan, mientras que el resto se puede satisfacer caminando (SPAGGIARI, 1990).

2.1. Transporte

La definición de transporte es de fácil comprensión. Etimológicamente la palabra transporte “proviene de la raíz latina trans - ‘de un lado a otro’ y del sufijo - portare ‘llevar’”. Implica el “sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro” (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, s.f).

El transporte, según Thompson (1976), se define como el movimiento de personas y mercancías de un lugar a otro debido a la necesidad de estar en un lugar diferente al actual. Por otro lado, Garrido (2001) lo describe como un sistema organizativo y tecnológico destinado a equilibrar la distancia y el tiempo entre los centros de oferta y demanda mediante el traslado de personas y mercancías. Esto plantea el reto de hacerlo de manera eficiente y sostenible.

Daniels Y Warne (1983) señalaron que los avances en los métodos de transporte urbano permitieron una mayor accesibilidad a diferentes áreas de la ciudad, lo que a su vez incentivó la segregación funcional del uso del suelo y la aparición de nuevos usos. En otras palabras, la tecnología del transporte urbano liberó nuevas posibilidades de expansión de las ciudades.

Tradicionalmente, los sistemas de transporte han sido diseñados para satisfacer la demanda de viajes generada por el crecimiento de una zona en particular. Según Cervero (1998), en teoría, la construcción de nuevas infraestructuras de transporte debería ofrecer beneficios en términos de ubicación en relación con otros lugares. Sin embargo, estas ventajas pueden venir acompañadas de impactos negativos, como la degradación ambiental y la congestión del tráfico.

El transporte en las ciudades es un factor clave que influye en su crecimiento económico, en su patrón de desarrollo y en la calidad de vida de sus habitantes. Es esencial contar con una cobertura adecuada y una gestión de calidad del transporte para garantizar la movilidad de los habitantes, reducir la congestión y consolidar ciudades más densas y eficientes (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2014).

La importancia del sistema de transporte para el desarrollo de las ciudades radica en la medida en que permite que las ciudades mantengan conexiones con diferentes partes del mundo exterior, implicando flujos de personas, ideas, mercancías y capitales (COSTA; SANTOS, 2006).

2.1.1 Transporte Urbano

Los sistemas de transporte se encargan de llevar personas o bienes de un lugar a otro, y se necesitan varios elementos para llevar a cabo esta actividad, como una infraestructura física, un vehículo que permita el traslado, un operador de transporte que guíe el vehículo y servicios para garantizar la seguridad. Por lo tanto, un sistema de transporte urbano se encarga de transportar personas o bienes en un área geográfica determinada, ya sea conectando dos puntos o llevándolos de un lugar a otro. Dentro de este sistema, existen dos tipos de transporte: el de carga y el de pasajeros (FARIAS 2012).

El transporte urbano mundial tiene hasta un año de nacimiento, 1662. En aquella época, París ya era una gran urbe de medio millón de habitantes, pero la mayoría de las personas no tenían medios propios para desplazarse de un lugar a otro.

Es conocido el desarrollo del transporte público en las ciudades europeas a lo largo del tiempo. Durante la época en la que el transporte era caro, desde 1830 hasta 1900, se fueron introduciendo distintos medios de transporte que tuvieron un impacto

diferente en el crecimiento urbano. El ferrocarril se implementó desde 1830, los ómnibus aproximadamente en 1840, y los tranvías de tracción animal se introdujeron en la década de 1860. Estos medios de transporte se fueron adoptando gradualmente en las ciudades europeas y se expandieron rápidamente después de la electrificación, que se produjo alrededor de 1900. A partir de entonces, comenzó a surgir una nueva generación de medios de transporte mecanizados, como los tranvías y ferrocarriles eléctricos, los autobuses con motores de combustión interna, los automóviles y los trolebuses, que se hicieron cada vez más comunes en las ciudades de Europa occidental, alcanzando su apogeo durante el período de entreguerras (D. WARD, 1964).

En la actualidad debido a objetivos y políticas planteados por diferentes gobiernos y organizaciones, al hacer mención sobre la temática del transporte urbano se lo debe vincular con el tema de Ciudad Sostenible, que plantea que son sostenibles las ciudades en las que se permite “satisfacer las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (FARIAS, 2012).

Existen diversas formas de clasificar los medios de transporte urbano de pasajeros, y estas definiciones están conectadas entre sí. Por ejemplo, es posible clasificar un medio de transporte según la cantidad de viajes que realiza o por el tipo de servicio que ofrece (MOLINERO Y SÁNCHEZ, 1997).

2.1.1.1 Clasificación del transporte urbano por el volumen de viajes que manejan

➤ Transporte individual:

Se refiere al uso de un vehículo que está diseñado para servir a una sola persona o a un grupo de personas que viajan juntas hacia el mismo destino. Este tipo de transporte es diferente del transporte público, que está diseñado para servir a un gran número de personas que se desplazan a diferentes destinos. Puede ser utilizado por personas que prefieren tener un mayor control sobre su viaje, como decidir la ruta a seguir y el horario de salida. Además, también puede ser utilizado por grupos de personas que viajan juntas y desean compartir los costos del viaje.

➤ Transporte en grupos:

Se refiere al desplazamiento de personas que no tienen relación entre sí, y que viajan hacia diferentes destinos en el mismo vehículo. Este tipo de transporte es común en empresas o instituciones que necesitan trasladar a sus empleados o miembros a sus lugares de trabajo o eventos.

A diferencia del transporte individual, el transporte en grupos permite optimizar el uso del vehículo, reducir los costos del transporte y disminuir el impacto ambiental. Además, también puede ofrecer mayor seguridad en el traslado, ya que los pasajeros están en un mismo vehículo y son responsabilidad del conductor.

Es importante destacar que el transporte en grupos puede ser beneficioso para las empresas o instituciones, ya que pueden mejorar la eficiencia y reducir los costos del transporte de sus empleados o miembros. Además, también puede ser utilizado por particulares para realizar viajes turísticos, traslados a eventos deportivos o conciertos, entre otros. Sin embargo, es importante que se realice de manera responsable y segura, cumpliendo con las normas de tránsito y respetando las medidas de seguridad vial.

2.1.1.2 Clasificación del transporte urbano de pasajeros por el tipo de servicio que prestan

➤ Transporte privado:

Es aquel que es operado por el dueño de la unidad, circulando en la vialidad proporcionada, operada y mantenida por el Estado (MOLINERO Y SÁNCHEZ, 1997). Ejemplos de medios de transporte privado son el automóvil, la bicicleta, la motocicleta, el peatón y, en algunos casos, incluso la tracción animal o el animal mismo. Este tipo de transporte es utilizado principalmente por individuos y familias para sus necesidades de movilidad personal y no está disponible para el uso público en general.

Figura 2.1 – Ejemplo de transporte de privado.

Fuente: https://www.autopista.es/noticias-motor/cuantos-millones-de-coches-circulan-por-espana_143579_102.html

➤ Transporte de alquiler:

Se refiere a aquel que es utilizado por cualquier persona que pague una tarifa por el uso de vehículos proporcionados por un operador, chofer o empleado, y que se ajusta a los deseos de movilidad del usuario (MOLINERO Y SÁNCHEZ, 1997). Ejemplos de medios de transporte de alquiler son los taxis, remises y servicios de transporte compartido como Uber. Estos servicios son considerados como transporte público, ya que están disponibles para ser utilizados por cualquier persona que lo necesite, aunque su uso es pagado por el usuario. También existe el servicio de repuestas a la demanda, que son servicios contratados para atender necesidades específicas de movilidad.

Figura 2.2 – Ejemplo de transporte de alquiler.

Fuente: <https://www.asuncion.gov.py/taxis>.

➤ Transporte público:

Se refiere a los sistemas de transporte que operan con rutas fijas y horarios predeterminados y que están disponibles para ser utilizados por cualquier persona a cambio del pago de una tarifa previamente establecida (MOLINERO Y SÁNCHEZ, 1997). Ejemplos de medios de transporte público incluyen los autobuses, tranvías, metros, trenes y trolebuses. Estos servicios son esenciales para la movilidad urbana y están diseñados para atender a la demanda de transporte en áreas densamente pobladas y en horarios específicos.

Figura 2.3 – Ejemplo de transporte público.



Fuente: <https://www.hoyaragon.es/noticias-aragon/frecuencias-autobus-tranvia-covid/>.

2.2 TRANSPORTE PUBLICO

El transporte público, también conocido como transporte de masas, es un sistema integral de medios de transporte de servicio público que permite el desplazamiento masivo de la población, proporcionando una solución a las necesidades de movilidad de las personas. Este sistema está diseñado para brindar un servicio accesible, seguro, eficiente y económico, y puede incluir una variedad de medios de transporte, como autobuses, trenes, tranvías, metro, entre otros. Su objetivo es facilitar el transporte de las personas, reducir el tráfico y la contaminación en las ciudades, y mejorar la calidad de vida de los habitantes (FACUA, 2007).

Hablar sobre el transporte público en una ciudad es hablar de su historia, la cual está marcada por diferentes tipos de transporte según la época. Esta historia puede remontarse a hace un par de siglos cuando se utilizaba la tracción animal para el transporte público, como los vagones de sangre tirados por caballos.

Posteriormente, en la primera mitad del siglo XX, se empezaron a administrar tranvías eléctricos (BBC, 2018).

Figura 2.4 – Ejemplo de tracción animal para el transporte público.



Fuente: <https://m.facebook.com/ParaguayenFotografias/photos/la-tracci%C3%B3n-a-sangre-tranv%C3%ADa-tirado-por-caballos-los-tranv%C3%ADas-de-mulitas-por-carlo/134470223266607/>

La mayoría, si no todos, de los países desarrollados han considerado históricamente que el transporte público es un servicio que el Estado debe proporcionar a sus ciudadanos. Debido a esta razón, muchos países mantienen el control y la gestión del transporte público bajo la administración estatal o a través de fórmulas concesionarias altamente reguladas a operadores privados. En contraposición, los sistemas de transporte individual, como los taxis, son considerados como transporte privado y, por lo tanto, están bajo la administración de agentes privados.

Muchos países en desarrollo comenzaron brindando el servicio de transporte público directamente a través de entidades estatales. Sin embargo, con el tiempo, muchas de estas entidades empezaron a ceder el control del servicio a agentes privados. Una de las razones principales de este cambio es que el transporte público puede ser un servicio costoso de mantener y operar, y los gobiernos pueden tener dificultades para financiar y subvencionar adecuadamente su funcionamiento. La gestión privada del transporte público puede ofrecer soluciones para mejorar la eficiencia y reducir costos, aunque esto puede estar sujeto a regulaciones y supervisión gubernamentales para garantizar la calidad del servicio y la accesibilidad para toda la población (CEPAL, 2018).

El objetivo fundamental de un sistema de transporte público es proporcionar un medio eficiente, rápido, cómodo y seguro de traslado de personas entre los distintos lugares donde realizan sus actividades diarias. Para lograr esto, es importante que el sistema esté bien diseñado y planificado para ofrecer una amplia cobertura geográfica, frecuencia de servicio adecuada, conexiones intermodales, accesibilidad para personas con discapacidades, y tarifas justas y asequibles. Además, el sistema de transporte público debe estar bien mantenido y gestionado para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios y prevenir posibles accidentes o retrasos. En última instancia, el éxito de un sistema de transporte público depende de su capacidad para satisfacer las necesidades de movilidad de la población y mejorar la calidad de vida en las ciudades (TEJADA, 2002).

2.2.1 Autobús

El autobús se convirtió en el principal medio de transporte público en varias ciudades latinoamericanas debido a que requerían inversiones mucho menores que los sistemas ferroviarios y tenían una gran capacidad de adaptación al crecimiento de las ciudades. En la actualidad, los servicios de transporte público en autobús son la forma principal de movilización motorizada de personas de bajos ingresos en las grandes y medianas ciudades (SANT'ANNA, 2002).

En el mercado de los autobuses, podemos encontrar una amplia variedad de vehículos que están diseñados para satisfacer las necesidades de transporte de pasajeros en áreas urbanas, interurbanas y rurales. Estos vehículos se distinguen por sus diferentes tipologías, como la longitud y la capacidad de pasajeros que pueden transportar.

Los autobuses urbanos suelen ser más cortos y compactos, lo que les permite maniobrar en calles estrechas y en áreas concurridas. Por otro lado, los autobuses interurbanos suelen ser más grandes y cómodos, con una capacidad de pasajeros más amplia para cubrir trayectos más largos. Mientras tanto, los autobuses rurales suelen ser aún más grandes y resistentes para hacer frente a las carreteras más difíciles y los terrenos más accidentados. A continuación, se presentan las tipologías de autobuses más comunes disponibles en el mercado.

2.2.1.1 Convencionales

Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito y posee las mismas consideraciones que las fisuras transversales en cuanto a la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura del pavimento. Cuando aparecen en zonas sujetas a cargas, pueden estar relacionadas a problemas de fatiga (INVIAS, 2006).

➤ **Microbús:**

Se utiliza comúnmente para servicios de transporte en áreas urbanas y suburbanas, así como para viajes cortos entre ciudades y pueblos cercanos. También puede ser utilizado como una opción de transporte privado para grupos pequeños que desean viajar juntos. Es un tipo de vehículo de transporte de pasajeros que se encuentra en una categoría intermedia entre un automóvil y un autobús convencional. A menudo, tiene una capacidad de pasajeros que oscila entre 8 y 20 personas, aunque esto puede variar según el modelo y la marca del vehículo.

Figura 2.5 – Ejemplo de microbús.



Fuente: <https://www.infobae.com/america/mexico/2022/06/02/transporte-publico-como-llegaron-los-microbuses-y-combis-a-la-cdmx/>

➤ **Convencional:**

Se utilizan en diferentes contextos de transporte de pasajeros, desde servicios urbanos y suburbanos hasta servicios de transporte de larga distancia. También se pueden encontrar autobuses convencionales que están especialmente adaptados para servicios turísticos, con características como ventanas panorámicas para vistas

despejadas y techos elevados para mayor comodidad de los pasajeros. Se caracteriza por ser un vehículo grande, de dos o más ejes, que puede transportar a una gran cantidad de pasajeros en un solo viaje.

Figura 2.6 – Ejemplo de autobús convencional.



Fuente: <https://amablesbus.com/bus-convencional-empresa-de-transporte-turistico-en-lima-peru/>

➤ Interurbano distancias cortas y medias:

Los autobuses interurbanos de distancias cortas y medias suelen cubrir rutas entre ciudades y pueblos cercanos, con una duración de viaje que oscila entre una y varias horas. También pueden ser utilizados para transportar pasajeros dentro de una misma ciudad, en rutas que no son cubiertas por el transporte urbano. Se caracteriza por ser un autobús de tamaño mediano, más pequeño que un autobús convencional de larga distancia, pero con capacidad suficiente para transportar a un número significativo de pasajeros.

➤ Interurbano largas distancias:

Los autobuses interurbanos de larga distancia suelen cubrir rutas entre ciudades y pueblos distantes, con una duración de viaje que puede superar las varias horas e incluso días. Estos autobuses son especialmente útiles para viajes interregionales y nacionales, y son una opción popular para aquellos que desean viajar a través de un país o una región sin tener que conducir o volar. Se caracteriza por ser un autobús grande, de dos o más ejes, capaz de transportar a una gran cantidad de pasajeros en un solo viaje.

Figura 2.7 – Ejemplo de autobús interurbano.

Fuente: <https://www.comunidad.madrid/noticias/2018/09/17/mejoramos-servicio-autobuses-interurbanos-zona-noroeste-region>.

2.2.1.2 De alta capacidad

➤ Articulado:

Los autobuses articulados son comúnmente utilizados en servicios de transporte público en áreas urbanas de alta densidad, ya que permiten transportar a una mayor cantidad de pasajeros sin tener que utilizar varios autobuses. También pueden ser utilizados en rutas interurbanas y de larga distancia, en casos en los que se necesite transportar a una gran cantidad de pasajeros. Es un tipo de vehículo de transporte de pasajeros que se compone de dos secciones articuladas, conectadas por una junta flexible. Este diseño permite que el autobús sea más largo que un autobús convencional y que pueda transportar a una mayor cantidad de pasajeros.

Figura 2.8 – Ejemplo de autobús articulado.

Fuente: <https://blog.castrosua.com/2022/04/monografico-autobuses-articulados/>.

➤ Biarticulado:

Los autobuses biarticulados son generalmente utilizados en áreas urbanas de alta densidad, donde se requiere transportar a un gran número de pasajeros de manera eficiente. También se utilizan en algunas rutas interurbanas de alta demanda. Es un tipo de vehículo de transporte de pasajeros que consta de tres secciones articuladas, lo que lo hace aún más largo que un autobús articulado convencional. La sección adicional le permite transportar a una cantidad aún mayor de pasajeros en comparación con un autobús articulado convencional.

Figura 2.9 – Ejemplo de autobús biarticulado.



Fuente: <https://www.alamy.es/imagenes/bus-biarticulado.html?sortBy=relevant>

➤ De un cuerpo:

Los autobuses de un cuerpo se utilizan comúnmente en servicios de transporte público en áreas urbanas y suburbanas. Debido a su estructura integral, pueden tener una mayor capacidad de pasajeros que los autobuses convencionales y también pueden ser más cómodos para los pasajeros, ya que el diseño unificado permite una distribución de asientos más flexible. Es un tipo de vehículo de transporte de pasajeros que consta de una sola estructura integral que forma el cuerpo y chasis del vehículo. A diferencia de los autobuses convencionales, que tienen una carrocería separada y un chasis separado, el autobús de un cuerpo tiene un diseño unificado que integra ambos elementos en una sola unidad.

Las características de los vehículos de transporte son muy importantes para determinar cuál es el más adecuado para cada tipo de servicio. Por ejemplo, los servicios principales se realizan en corredores de alta demanda de pasajeros y requieren autobuses de alta capacidad, mientras que los servicios urbanos e

interurbanos que circulan por vías compartidas con otros modos de transporte necesitan autobuses de alta capacidad de hasta 15 metros o autobuses convencionales para una mejor maniobrabilidad. En los servicios rurales, los autobuses más adecuados son los de menor longitud debido a las condiciones de diseño geométrico de las vías y la demanda de pasajeros.

Ofrecer un servicio de transporte público de calidad es esencial para garantizar la satisfacción de los usuarios y su fidelidad a este medio de transporte, lo que contribuye a reducir los problemas asociados al uso masivo del automóvil particular, como los congestionamientos, la contaminación (visual, sonora y atmosférica) y los accidentes de tráfico. Además, permite mantener un nivel de calidad adecuado del transporte público, promoviendo la sostenibilidad del servicio (FERRAZ E TORRES, 2001).

2.3 MOVILIDAD

Por movilidad se entiende que es “la suma de los desplazamientos individuales”, por ende, se refiere a todas las formas de desplazamiento, no sólo las que implican el dispendio de energía. Para diferenciarlo del transporte se puede citar a Andrea Gutiérrez (2010) quien expresa lo siguiente:

“En general, el transporte es entendido como el componente material de la movilidad, ligado a los medios técnicos de desplazamientos. Y la movilidad como algo que se expresa en el transporte.” (ANDREA GUTIÉRREZ, 2010, p. 3).

El pensamiento de Levy (2000) sostiene que la movilidad urbana se refiere a las relaciones sociales que se establecen como resultado del desplazamiento de las personas, así como al proceso de uso del espacio que se desarrolla a partir de esas relaciones sociales establecidas debido a dichos desplazamientos.

La movilidad en las ciudades modernas es un tema central en la planificación urbana, debido a la alta cantidad de desplazamientos de personas y bienes que se generan. Este fenómeno está relacionado con la dimensión física de las actividades de la población y su distribución territorial. A medida que la ciudad crece, aumentan los desplazamientos y se requieren medios de transporte eficientes que permitan reducir el tiempo de trayecto. En este sentido, es fundamental considerar las particularidades de cada ciudad para definir políticas y estrategias que fomenten una

movilidad sostenible y eficiente (RABAZA, 2009).

En las grandes ciudades es imprescindible contar con un sistema de transporte eficiente y apropiado que satisfaga las demandas de la población y permita una adecuada movilidad y accesibilidad en sus actividades diarias. Es cierto que la disponibilidad de transporte puede influir de manera indirecta como factor potencializador del crecimiento económico y social en un área determinada. Por lo tanto, es fundamental que la planificación y gestión del transporte urbano estén dirigidas hacia el logro de una movilidad sostenible, que considere aspectos económicos, sociales y ambientales, y que se adapte a las necesidades y características de cada ciudad en particular (OBREGÓN-BIOSCA, 2010).

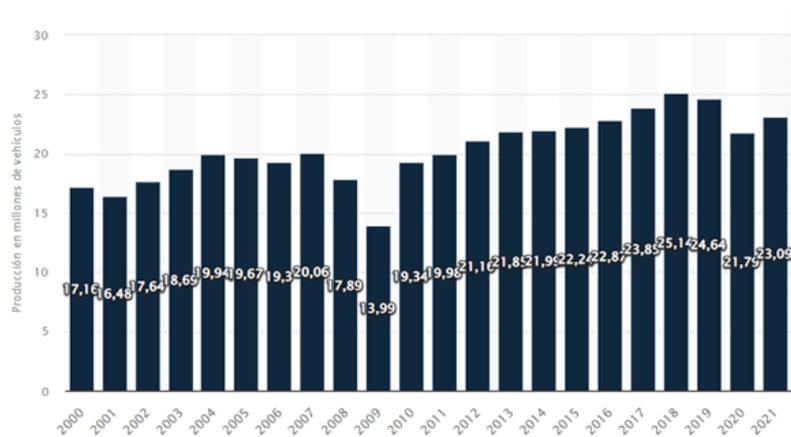
Aguiar (2011) examina los significados asociados a la distribución de los medios de transporte. El vehículo particular, que está más presente en los grupos con mayores ingresos, proporciona una sensación de libertad y facilidad de movilidad, con menor contacto con el entorno. En cambio, la bicicleta se considera una opción secundaria, solo para situaciones de emergencia, mientras que la motocicleta se ve como una ampliación de las opciones de transporte para aquellos con menos recursos económicos. Las rutas del transporte público se concentran en las áreas más acomodadas, lo que no ayuda a reducir la brecha económica.

La conclusión es que la pobreza no solo se mide por el ingreso económico, sino también por el acceso a oportunidades, y la ubicación geográfica desempeña un papel importante en ello. Las oportunidades se distribuyen de manera desigual en la ciudad, y el lugar de residencia afecta a aspectos importantes del bienestar de una persona, como la calidad de la educación y los servicios públicos, el valor de la vivienda y las amistades de los hijos. Además, se identifican diferencias en las oportunidades de transporte y movilidad según factores sociodemográficos como la edad, género y nivel económico.

Hernández (2012) aborda la movilidad desde la perspectiva de su impacto en la equidad social y de género, centrándose en la gestión del tiempo. Existe una preocupación por la creciente precarización de la movilidad de los sectores populares y la privatización de la movilidad de los sectores medios y altos. El enfoque se dirige hacia la capacidad financiera de los estratos económicos más bajos para prevenir su exclusión de los medios de transporte motorizados esenciales. Además, se busca establecer una estructura tarifaria adecuada, ya que los grupos de bajos ingresos

dependen en gran medida del transporte público.

Figura 2.10 – Evolución anual del número de vehículos producidos a nivel mundial.



Fuente: <https://es.statista.com/estadisticas/635110/produccion-de-automoviles-a-nivel-mundial/>.

Se está considerando los factores que podrían obstaculizar el aumento en la utilización de los vehículos particulares, aun cuando es un hecho innegable que cada vez hay más personas que los poseen. Para superar este problema, se están implementando acciones que tienen como objetivo mejorar la rapidez del transporte público, así como la comodidad y la fiabilidad del servicio que se presta.

2.4 BRASIL

En Brasil, el transporte público en autobús comenzó a ganar importancia debido a varios factores históricos. En primer lugar, el rápido proceso de urbanización provocó el desplazamiento de las personas, lo que hizo que cada vez dependieran más del transporte público para moverse por las ciudades cada vez más grandes. En segundo lugar, a partir de la década de 1950, el gobierno del entonces presidente Juscelino Kubitschek adoptó un modelo de desarrollo centrado en el sistema vial y la industria automotriz, lo que llevó a un aumento en la oferta y accesibilidad de vehículos de transporte individual para la clase media y alta. Sin embargo, esto también generó una gran demanda de medios de transporte para las clases más bajas, lo que aumentó la necesidad de un servicio de transporte público accesible y asequible. Por lo tanto, el transporte público en autobús se convirtió en una solución clave para satisfacer esta necesidad en Brasil (VASCONCELLOS, 2013).

En este contexto, se establecieron concesiones de líneas de autobuses en colaboración con el poder público para satisfacer la demanda de transporte público en la zona. Sin embargo, la calidad del servicio ofrecido resultó ser baja, caracterizada

por la falta de regularidad y la falta de confort en los viajes. Este servicio de transporte público, ilustrada en la figura 2.11, fue destinado principalmente a la clase trabajadora que no tenía acceso a medios de transporte privados, lo que agravó aún más la situación de desigualdad en el acceso al transporte (DUARTE, 2006).

Figura 2.11 – Primeros ómnibus circulando en la ciudad de Foz de Iguazú.



Fuente: Foz de Iguazú (PR). Municipalidad, 2013.

En las ciudades brasileñas, el principal medio de transporte público es el autobús debido a su flexibilidad, bajo costo de adquisición y operación. A pesar de tener una capacidad operativa más baja que otros medios de transporte, el autobús sigue siendo considerado como una opción preferida para la mayoría de los usuarios, ya sea como medio de transporte principal o complementario a otros sistemas de transporte. A pesar de los desafíos que existen para gestionar eficazmente el transporte público en autobús, sigue siendo un componente vital del sistema de transporte urbano brasileño, y se espera que siga siéndolo en el futuro cercano.

De acuerdo con el estudio "Sistema de Indicadores de Percepção Social (SIPS, 2011): Mobilidade Urbana" realizado por el Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), el 44% de los brasileños se desplazan utilizando el transporte público en autobús. Esto indica la importancia de este medio de transporte en la movilidad urbana brasileña y cómo su operación efectiva es crucial para garantizar el

acceso a oportunidades económicas y sociales para una gran parte de la población.

Es cierto que, a pesar de ser ampliamente utilizados, los autobuses en Brasil también enfrentan una serie de desafíos que pueden afectar negativamente la calidad del servicio y la experiencia del usuario. La falta de mantenimiento y modernización es uno de los principales problemas, lo que puede afectar la seguridad de los pasajeros y la eficiencia del servicio.

Además, el tráfico en las ciudades puede hacer que los autobuses se retrasen y que los tiempos de viaje sean más largos de lo deseado, lo que puede ser especialmente problemático para aquellos que dependen del transporte público para llegar a sus lugares de trabajo o estudio. En consecuencia, es fundamental que se aborden estos desafíos para mejorar la calidad y eficiencia del servicio de transporte público en autobús y garantizar un acceso adecuado a la movilidad urbana para todos.

Según Neto (2004), lamentablemente la producción de transporte urbano en Brasil se realiza con altos niveles de ineficiencia e irracionalidad. En las últimas décadas hemos observado la transformación de las ciudades brasileñas más grandes en espacios eficientes para el automóvil. La flota de automóviles ha crecido sustancialmente, promocionada como la única alternativa eficiente de transporte para las poblaciones de niveles de ingresos más altos. El sistema vial ha sufrido ampliaciones y adaptaciones, y se han implementado organismos públicos para garantizar buenas condiciones de fluidez para el automóvil. La utilización desenfrenada del automóvil ha modificado la distribución modal del transporte urbano, ocasionando la deterioración del transporte público.

Es importante resaltar que esta tendencia ha llevado a una serie de problemas sociales y ambientales, como el aumento de la congestión vehicular, la contaminación del aire, los accidentes de tránsito y la exclusión social de aquellos que no pueden permitirse el acceso al automóvil privado. Por lo tanto, es necesario buscar alternativas sostenibles y eficientes para el transporte urbano en Brasil, incluyendo el fomento y la mejora del transporte público, la promoción del uso de bicicletas y caminar, y la adopción de tecnologías más limpias y eficientes para los vehículos. Esto no solo mejorará la calidad de vida de las personas, sino que también tendrá beneficios significativos para el medio ambiente y la economía en general.

Referente a la distribución modal, de acuerdo con Sistema de Información de Movilidad Urbana de la Asociación Nacional de Transporte Público (Simob/ANTP), en

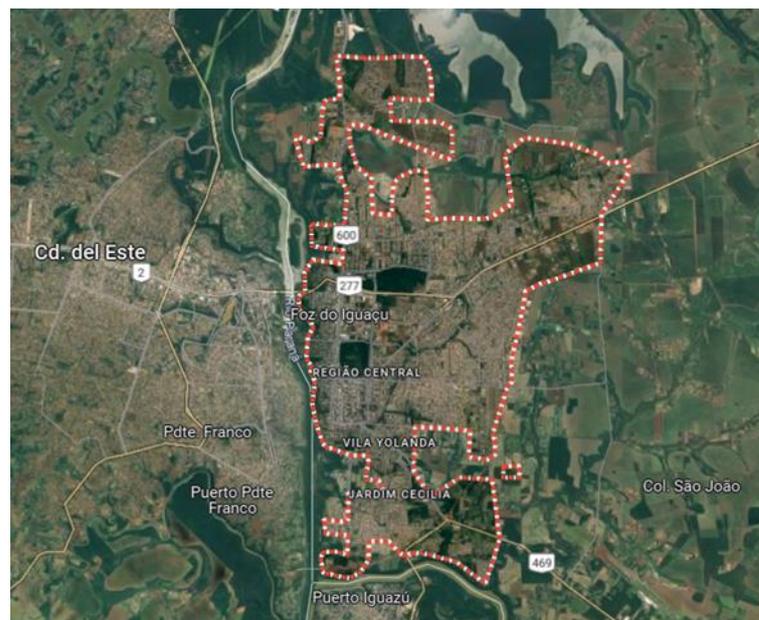
el año 2018 a nivel nacional, se ejecutaron 67 mil millones de viajes clasificadas según el modo principal de desplazamiento, esto corresponde a 223 millones de viajes por día. Caminar y andar en bicicleta fueron la mayoría con el 42 por ciento, seguidos por el 30 por ciento del transporte motorizado individual y por último el transporte público con un 28 por ciento (SIMOB/ANTP, 2018).

2.4.1 Foz de Iguazú

Foz de Iguazú, una ciudad situada en el oeste del estado de Paraná, tiene una población estimada de 257.971 habitantes. Una parte significativa de la población depende del sistema de transporte público urbano para sus actividades diarias. La ciudad es reconocida por su infraestructura turística, hotelería, complejos recreativos y su diversidad cultural, lo que la convierte en una de las ciudades más multiculturales de Brasil (IBGE, 2020).

La geografía de Foz de Iguazú, ilustrada en la figura 2.12, impulsa naturalmente el crecimiento de la población, el transporte, el comercio y los servicios hacia donde se dan las condiciones naturales. Estas áreas están interconectadas por los puentes internacionales de la amistad (entre Brasil y Paraguay) y el puente Tancredo Neves o puente de la Fraternidad (entre Argentina y Brasil). Sin embargo, este crecimiento debe ser planificado y ordenado para garantizar un desarrollo sostenible de la ciudad.

Figura 2.12 – Geografía de Foz de Iguazú.



Fuente: Google Earth Pro, 2023.

Diariamente, cientos de personas de diferentes lugares del país y del extranjero circulan por Foz de Iguazú, una ciudad de tamaño medio (CASTELLO BRANCO, 2005) impulsada especialmente por el comercio fronterizo y la actividad turística debido al Parque Nacional de Iguazú, las Cataratas de Iguazú y la propia Usina de Itaipu, destacándose entre los centros urbanos brasileños. Muchas de estas personas se hospedan en hoteles de la ciudad, pero tienen su origen en municipios cercanos y forman parte de flujos diarios regulares (MOURA & KLEINKE, 1999).

La estructura urbana de la ciudad es de tipo radial-concéntrico, lo que significa que la mayoría de los empleos y las oportunidades de consumo de bienes y servicios se encuentran en el centro o a lo largo de las vías que conectan la región central con los barrios periféricos.

Este patrón espacial plantea importantes desafíos en términos de movilidad y acceso a los recursos urbanos para los habitantes de las zonas periféricas, quienes a menudo enfrentan largos tiempos de viaje y dificultades para acceder a los servicios y oportunidades disponibles en el centro de la ciudad.

La red de transporte público colectivo se ha adaptado a este tipo de estructura, ya que la mayoría de las rutas son diametrales, es decir, conectan dos barrios pasando por la región central. Hay 5 rutas perimetrales que conectan algunos barrios sin pasar por la región central. La extensión de las rutas existentes o la creación de nuevas rutas de transporte colectivo para atender a las nuevas regiones que fueron ocupadas se llevó a cabo sin una visión global de la red y del sistema de operación. Como resultado de esta evolución sin una planificación técnica, se tiene una red con varias superposiciones de rutas que afectan la eficiencia y la calidad del servicio ofrecido.

De acuerdo con los datos sobre las rutas disponibles en el sitio web de la Municipalidad de Foz de Iguazú, el sistema de transporte público cuenta con 51 rutas, incluyendo la ruta metropolitana que hace viajes entre Foz de Iguazú y su ciudad vecina, Santa Terezinha de Itaipu (STI). También están incluidos en las 51 rutas los viajes realizados por rutas que circulan entre STI y los conjuntos habitacionales (COHAB) en Foz de Iguazú.

Desde el año 2003, la ciudad cuenta con un Terminal de Transporte Urbano (TTU) ubicado en el centro de la ciudad, al lado del 34º Batallón de Infantería Mecanizada. A partir de allí, también es posible realizar viajes internacionales entre Foz de Iguazú, Ciudad del Este y Puerto Iguazú. Es en esta región donde convergen

todas las líneas de autobuses, es decir, en la mayoría de los casos, el usuario no puede ir al trabajo o a cualquier otro lugar sin pasar por el TTU.

El transporte público de Foz de Iguazú (2023), cuenta con 34 líneas de autobuses urbanos, distribuidos por la ciudad. Sin embargo, existen algunas líneas de autobuses que no pasan por el terminal, como en el caso de las líneas 100 (Alimentador/Remanso Grande), 205 (Santa Rita), 320 (Interbairros).

Figura 2.13 – Terminal de Transporte Urbano (TTU).



Fuente: <https://www.h2foz.com.br/sem-categoria/abertura-do-ttu-causa-o-fim-da-integracao-do-transporte-para-quem-paga-tarifa-em-dinheiro/>

2.5 ANÁLISIS MULTICRITERIO

La metodología multicriterio ha surgido como una solución para tomar decisiones en situaciones donde existen múltiples objetivos o criterios que deben ser considerados. Uno de los primeros métodos multicriterio fue el método de ponderación lineal, propuesto por Irving Fisher en 1922. Sin embargo, a partir de la década de 1950, se desarrollaron métodos más sofisticados como la programación matemática multicriterio, los cuales permiten la resolución de problemas con múltiples objetivos y restricciones, logrando así una evaluación adecuada. Estos métodos han demostrado ser útiles para la toma de decisiones en diversos campos, como la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la evaluación de políticas públicas, entre otros. Por tanto, el conocimiento y aplicación de estas herramientas resulta esencial para una gestión eficiente y efectiva de los procesos de toma de decisiones en múltiples ámbitos (CAFISO, DI GRAZIANO, KERALI Y ODOKI, 2002).

Además, esta metodología presenta diversas ventajas en comparación con las herramientas de decisión unidimensionales, ya que permite considerar una amplia

variedad de datos, relaciones, criterios y objetivos que se presentan en un problema de decisión real. Asimismo, esta metodología se basa en un modelo multidimensional que permite abordar la complejidad del mundo real en el que se desarrolla el problema de decisión. De esta forma, se pueden analizar con mayor precisión y profundidad los distintos aspectos que influyen en la toma de decisiones, lo que resulta de gran utilidad en la solución de problemas complejos (FUNTOWICZ ET AL., 1998; URIBE, 2001).

Ofrecen diversas posibilidades en el proceso de evaluación, especialmente en cuanto a la inclusión de múltiples factores a considerar. Su principal ventaja radica en la capacidad de transformar las mediciones y percepciones en una escala única para comparar elementos y establecer órdenes de prioridad que permitan agregar los efectos de un proyecto en una métrica común (CONTRERAS & PACHECO, 2007).

Esto significa que, al utilizar métodos multicriterio, es posible integrar en un solo proceso de evaluación diferentes aspectos como el impacto económico, social y ambiental de una iniciativa, lo que a su vez facilita la toma de decisiones informadas y fundamentadas. Esta característica resulta especialmente relevante en el contexto de la planificación y gestión urbana, donde se requiere una visión integral y holística para abordar de manera efectiva los desafíos y oportunidades que se presentan en una ciudad

La idea básica de la metodología multicriterio es que, en muchos casos, la toma de decisiones no puede basarse en un único criterio. En su lugar, los responsables de la toma de decisiones deben considerar varios criterios que pueden estar en conflicto entre sí. Por ejemplo, al comprar un automóvil, los criterios pueden incluir el precio, la calidad, la eficiencia del combustible y la seguridad. Proporciona un marco para tomar decisiones basadas en múltiples criterios al permitir que los tomadores de decisiones sopesen y evalúen cada uno de ellos. Esto se puede hacer a través de técnicas de análisis matemático como la programación lineal, el análisis de redes y la teoría de juegos.

La metodología consiste en la descomposición de problemas complejos en partes más simples, lo que permite al agente decisor estructurar visualmente problemas que involucran múltiples criterios. Para ello, se desarrolla un modelo jerárquico que se compone de tres niveles: el objetivo o meta, los criterios y las alternativas. Esta metodología resulta esencial como herramienta de planificación en la toma de decisiones (URIBE, 2001; MUNDA, 1993; CHEN ET AL., 2012).

La evaluación multicriterio, tal como lo planteó Munda (1993), presenta dos características fundamentales: por un lado, permite considerar factores tanto cualitativos como cuantitativos en el proceso de toma de decisiones. Por otro lado, esta metodología promueve la participación activa de los diferentes actores involucrados en el problema de decisión, con el fin de contemplar la pluralidad de percepciones y opiniones. En este sentido, la evaluación multicriterio se enfoca en una toma de decisiones participativa y colaborativa, lo que contribuye a trazar alternativas para la solución de conflictos y encontrar soluciones más satisfactorias para todas las partes implicadas.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio se basan en la selección de una alternativa entre un conjunto de opciones factibles. Este proceso de selección se lleva a cabo mediante la consideración de un conjunto de criterios tanto cualitativos como cuantitativos, los cuales pueden entrar en conflicto. Por lo tanto, es necesario optimizar varias funciones objetivo simultáneamente y contar con la participación de múltiples agentes decidores y expertos. A través de procedimientos de evaluación racionales y consistentes, estos métodos permiten tomar decisiones frente a problemas que involucran aspectos intangibles difíciles de evaluar. De esta manera, se logra una evaluación más completa y objetiva que contempla distintas perspectivas y opiniones, lo que se traduce en soluciones más satisfactorias y equitativas para todas las partes implicadas en el proceso de toma de decisiones (TOSKANO, 2005).

Hoy en día, la metodología multicriterio es ampliamente utilizada en diversos campos, como la gestión empresarial, la planificación urbana, la ingeniería, la gestión de recursos naturales, la toma de decisiones políticas y la investigación operativa, entre otros.

3. CAPITULO 3: METODOLOGÍA APLICADA.

3.1. Caracterización De La Metodología

El presente estudio de desarrollo de un sistema de indicadores sobre la calidad de los corredores del transporte público del Área Metropolitana de Foz de Iguazú, nace en el contexto del proyecto MIVES, con el fin de avanzar en un diagnóstico y mejora del sistema en cuestión.

Dentro de un escenario complejo de movilidad urbana, este capítulo 3, tiene como objetivo presentar la herramienta metodológica utilizada en este trabajo de conclusión de curso. Este capítulo brinda orientación sobre una herramienta metodológica en las áreas de gobernanza y trazabilidad en escenarios distintos a los propuestos.

Bajo este contexto, el capítulo se ha organizado de manera clara para facilitar su revisión y comprensión, de tal forma presenta las principales ventajas, herramientas metodológicas y conceptos claves del modelo que han servido como base para el proyecto.

Se propuso la utilización del modelo MIVES como dirección principal de investigación y caracterización propia para un estudio de caso en el área metropolitana de Foz de Iguazú, Brasil.

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 viales (cualitativo), calidad de la calzada (cualitativo), contaminación acústica (decibeles, cuantitativo), etc.

3.2. MIVES

La metodología MIVES es una metodología de toma de decisión multicriterio que se utiliza para evaluar proyectos o iniciativas desde una perspectiva sostenible. Fue desarrollado a través de un proyecto de investigación entre la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y Labein-Tecnalia, la cual se basa en el concepto de “valor” como un elemento clave para la toma de decisiones (VILLEGAS, 2009).

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 seleccionar la mejor de las alternativas propuestas.

El MIVES se utiliza principalmente en el ámbito de la planificación y evaluación de proyectos, y puede ser aplicado en diferentes contextos, como por ejemplo proyectos de desarrollo urbano, infraestructuras, energía, turismo, entre otros. Su principal ventaja es que permite tener una visión global y equilibrada de los impactos de un proyecto, lo que facilita la toma de decisiones informadas y sostenibles.

Según el Manual MIVES (2009), la metodología se divide en diferentes fases, las cuales son:

- Delimitación de la decisión: se define quien toma la decisión, se fijan los límites del sistema y se establecen las condiciones de contorno.
- Introducción del árbol de toma de decisión: se ordenan de forma ramificada los aspectos que se tendrán en cuenta en la decisión.
- Creación de las funciones de valor (FV): se crean unas funciones para poder obtener valoraciones de 0 a 1 de todos los aspectos pertenecientes a la última ramificación del árbol de toma de decisión.
- Asignación de pesos: se asigna la importancia relativa de cada uno de los aspectos en relación a los restantes pertenecientes a una misma ramificación del árbol de toma de decisión.
- Definición de las alternativas: se definen diversas alternativas factibles al problema de toma de decisión planteado. En algunos casos, las alternativas están prefijadas al inicio de la toma de decisión y por ello, no se debe realizar esta fase.
- Valoración de las alternativas: se obtiene el índice de valor para cada una de las alternativas planteadas.
- Realización del análisis de sensibilidad: se analiza el posible cambio del índice de valor de cada una de las alternativas en el caso de varíen los pesos o las funciones de valor definidas en las primeras fases. Esta fase es opcional dentro de la metodología MIVES.
- Contrastación de resultados: se comprueba, a largo plazo, si el modelo de valoración se sigue ajustando a lo que se quería valorar inicialmente y si los cálculos realizados en cada una de las alternativas es el

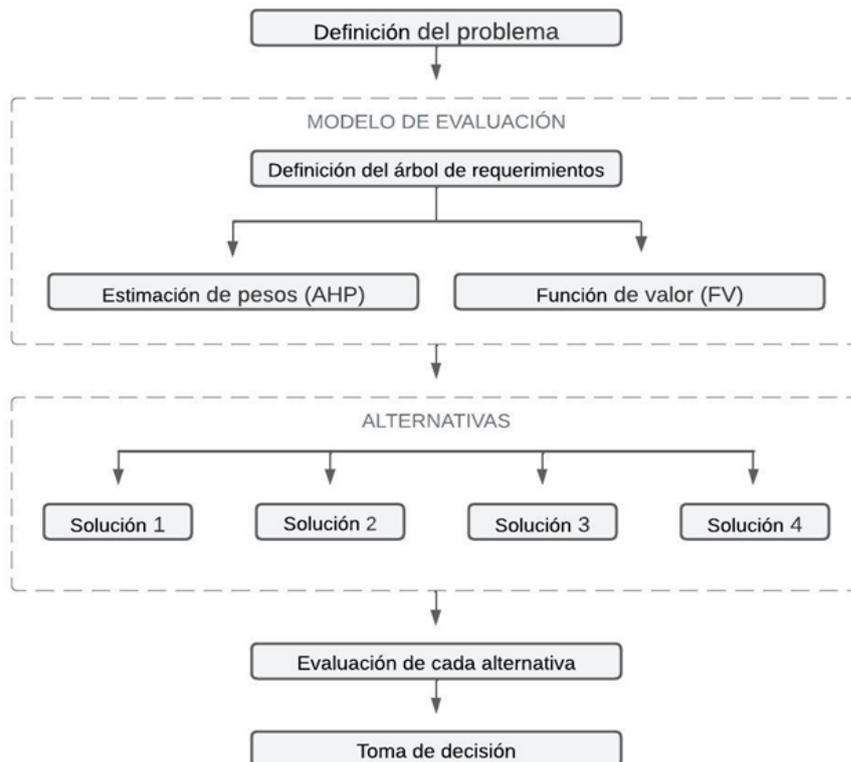
esperado. Esta fase puede considerarse como una fase de control, del modelo y de las alternativas, y también es opcional dentro de la metodología MIVES.

Por ende, esta metodología ha sido representada por un algoritmo básico de cuantificación de valor ilustrado en la figura 3.1. Se ha representada el proceso de evaluación de la herramienta por medio de etapas fundamentales, donde la primera etapa es “definir el problema a resolver”, seguidamente se define “el árbol de requerimientos”, que implica agrupar y ordenar aspectos a ser evaluados como: requerimientos, criterios e indicadores.

Posteriormente, se “asignan los pesos” a cada aspecto a través de la herramienta del proceso de jerarquía analítica Analytical Hierarchy Process (AHP) (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 (2023).

3.3. Avances De La Metodología MIVES

La metodología de trabajo adoptada para este caso de estudio, ha sido utilizada con importantes avances en diversas aplicaciones durante la última década. El modelo MIVES propone una filosofía para comparar alternativas, procesos, materiales o componentes a lo largo del ciclo de vida de un proyecto.

En resumen, el planteamiento del modelo MIVES permite comparar diferentes alternativas de proyectos en un contexto sostenible, obteniendo así un puntaje o índice de sostenibilidad bajo las directrices de la teoría multi-atributo.

La Tabla 3.1 muestra las diferentes aplicaciones encontradas en la literatura relacionadas con el concepto del modelo multicriterio MIVES. Cada una de estas metodologías considera atributos en su estructura principal con avances metodológicos para cada caso en particular.

Tabla 3.1 – 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 <i>et al.</i> (2008)	Evaluación de departamentos universitarios	Educación	Fortalecimiento institucional.
VIÑOLAS <i>et al.</i> (2009)	Evaluación integral del profesorado universitario	Educación	Fortalecimiento institucional.
VIÑOLAS <i>et al.</i> (2009)	Herramienta informática carácter sostenible.	Interdisciplinar	Tecno. Información
VILLEGAS (2009)	Sistemas constructivos en carreteras	Carreteras	nuevo sistema
AGUADO <i>et al.</i> (2011)	Procedimientos para evaluar sostenibilidad en estructuras de concreto estructural. Código Español.	Legislación concreto estructural	Anexo 14 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 la Arquitectura	Arquitectura	Modelos de evaluación
PONS; DE LA FUENTE (2013)	Elementos de concreto armado, condiciones mecánicas, geometría y sus procesos.	estructuras	Funcional – estructura

JATO <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2014)	Proyectos de construcción integrando temas de salud y seguridad.	Seguridad laboral	Impacto social
HOSSEINI <i>et al.</i> (2015)	Turbinas eólicas: requisitos medioambientales, económicos y sociales.	Energías renovables	Soluciones de energía renovable
GÓMEZ (2015)	Gestión de recogida de residuos urbanos	Administración Pública	Criterios de Sostenibilidad
DE LA FUENTE <i>et al.</i> (2016)	Tuberías de alcantarillado.	Sistemas de alcantarillado	Saneamiento y nuevos materiales.
HOSSEINI <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2017)	Fachadas en vivienda.	Construcción civil	criterios arquitectura
PLÀ (2017)	Diseño sostenible de puentes de hormigón.	Estructuras	Análisis y criterios de Sostenibilidad.
PUJADAS <i>et al.</i> (2017)	Distribución de gasto público.	Planificación urbana	Políticas públicas.
PUJADAS <i>et al.</i> (2018)	Pavimentos urbanos a través de la condición de la estructura, capacidad de servicio y daño.	Pavimentos urbanos	Creación de metodología de evaluación urbana
ÁLVAREZ (2018)	Comparativo de sostenibilidad en carreteras mexicanas.	Pavimentos urbanos.	Análisis de Sostenibilidad.
PALACIOS (2018)	Automatización de la construcción.	Construcción Civil	Sistemas automatizados de construcción.
CANOURA (2018)	Optimización de sostenibilidad de condensadores para central de energía eléctrica.	Energías renovables	Optimización de sostenibilidad.
GONZÁLES (2018)	Nave de almacenaje con estructura metálica.	Tecnología Industrial	Análisis y comparativo de sostenibilidad.
GONZÁLES; ZAMORA (2019)	Evaluación multicriterio para valorar estado actual del soporte físico de un polígono de actividad económica	Arquitectura	Análisis multicriterio
VACA (2020)	Selección de material alternativo Híbrido o no convencional para construcción.	Construcción Civil	Materiales alternativos
TORRES (2020)	Impactos ambientales en construcción de vías vehiculares.	Pavimentos urbanos	Análisis y criterios de Impactos.
GARCÍA; MATIENZO (2020)	Sector Inmobiliario considerando factor social y económico.	Inmobiliario	Valoración metodológica aplicada.

HERRERA (2020)	Estudio de diferentes tipologías de puentes desde el punto de vista de su sostenibilidad	Estructuras	Análisis de sostenibilidad
ARNAIZ (2021)	Construcción de sistemas urbanos de drenaje sostenible	Hidráulica	Análisis sostenible
MORA (2021)	Sostenibilidad de sistemas de gestión de residuos municipales	Ambiental	Análisis de sostenibilidad
ARAYA (2021)	Toma de decisiones en la evaluación de destinos turísticos	Ambiental	Análisis de sostenibilidad
HOSSEINI <i>et al.</i> (2022)	Modelo de sostenibilidad para seleccionar la ubicación óptima del sitio para unidades de vivienda	Construcción civil	Modelo de sostenibilidad
RUBIO (2022)	Modelo de inspección de manifestaciones patológicas en pavimentos flexibles Para la obtención del índice de deterioro.	Pavimentos	Modelo de evaluación

Fuente: Autor (2023).

3.4 Delimitación De La Decisión

Una de las características más importantes de la metodología MIVES, que se diferencia de otros modelos multicriterio, es que el planteamiento de todo el modelo de valoración es anterior a la creación de las alternativas, por lo que las decisiones se toman al inicio, cuando se definen los aspectos que se tendrán en cuenta y cómo serán valorados (VIÑOLAS *et al.*, 2009).

AGUADO *et al* (2009) explica que, en esta fase, se estructura y delimita la toma de decisión que se va a realizar. Los aspectos fundamentales de ésta son:

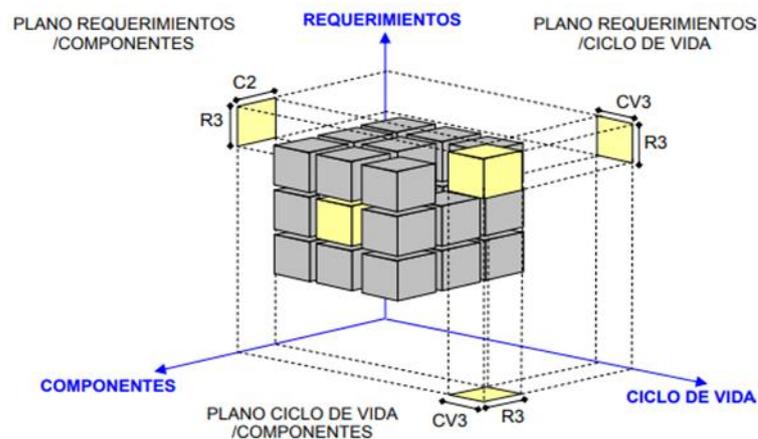
- Quién toma la decisión: En una decisión pueden intervenir distintos agentes con distintos puntos de vista. En muchos casos, no existe una alternativa que sea la mejor en cada uno de los aspectos considerados. Por ello, obtener la mejor alternativa no es inmediato y depende de quien tome la decisión, respondiendo a sus intereses, claramente definidos.
- Cuáles son los límites del sistema: Para identificar la toma de decisión, ésta se estructura en tres ejes tal y como puede verse en la figura 3.2, las líneas que separan los diferentes cubos sombreados son los límites del sistema, siendo estos cubos los que serán estudiados en la toma de decisión.

En uno de los ejes, el proceso de toma de decisiones se divide en todo su ciclo de vida. En otro eje, el proceso de toma de decisiones se descompone en todos sus componentes, es decir, en las partes que conforman las distintas alternativas.

Finalmente, en el último eje figuran todos aquellos requerimientos o aspectos en los que se quieren valorar las diferentes alternativas.

Descomponer o estructurar la toma de decisión en tres ejes, ayuda a definir con mucha precisión cuál es la toma de decisión. De esta forma, se reduce considerablemente el riesgo de dejar de lado algún requerimiento, componente o etapa del ciclo de vida y se obtienen estimaciones de alternativas comparables y homogéneas.

Figura 3.2 – Estructura general de la toma de decisión.



Fuente: AGUADO et al (2009).

- Qué condiciones de contorno existen: Las circunstancias que rodean a la toma de decisión pueden ser diferentes dependiendo de factores: temporales, geográficos, climatológicos, tipo de sociedad, etc. Para que la valoración de las alternativas que solucionan un problema sea comparable, las condiciones de contorno deben ser iguales.

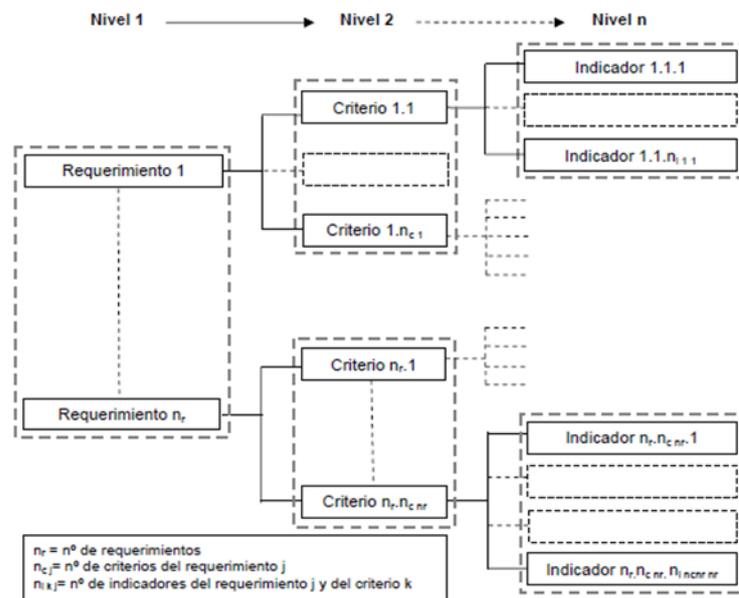
Lo que evidentemente puede ser diferente, es la cuantificación de una alternativa u otra, es decir, la solución que ofrece cada alternativa al problema dado. Pero el planteamiento inicial del problema debe ser el mismo para poder comparar qué solución es mejor.

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).

3.5. Árbol De Toma De Decisiones

El “árbol de requerimientos” o “árbol de toma de decisión” es la ordenación en forma ramificada de todos aquellos aspectos que serán estudiados y estructurado en la primera etapa (figura 3.3). Es aquí donde se definen los requerimientos de la toma de decisión y que componentes y fases del ciclo de vida se van a tener en cuenta (MANUAL MIVES, 2009).

Figura 3.3 – Árbol de requerimientos genérico.



Fuente: Manual MIVES (2009).

Existen varios niveles en la ramificación del árbol de toma de decisión. En el primer nivel se encuentran los requerimientos, que son los aspectos más cualitativos y generales que conforman la decisión. En los niveles intermedios de la ramificación se hallan los criterios y subcriterios, y en el último nivel de la ramificación aparecen los aspectos más importantes, que van a ser evaluados directamente, los indicadores (VIÑOLAS et al., 2009).

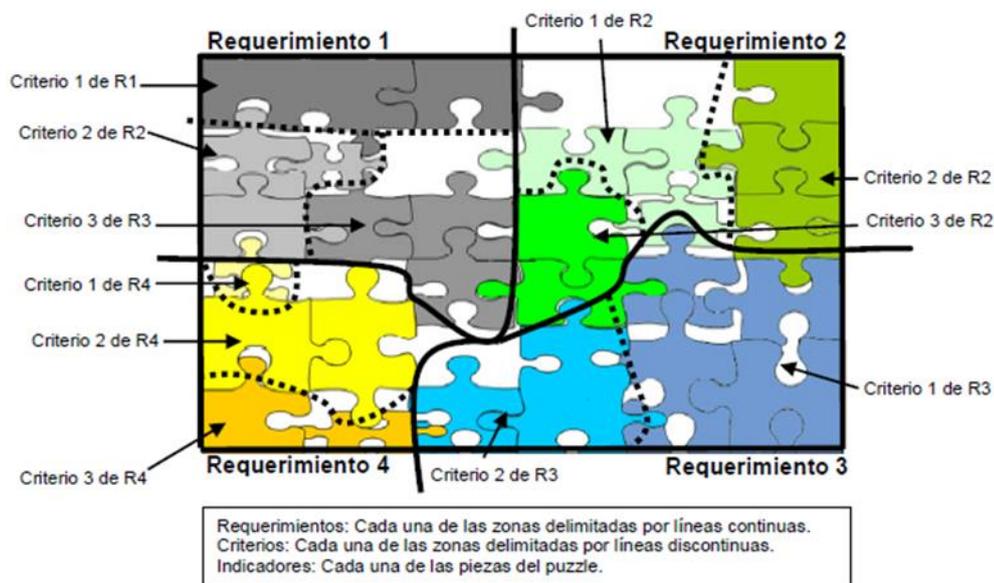
Es importante realizar una correcta estrategia para obtener un buen árbol de toma de decisión. Por ello, es bueno, que los requerimientos y en muchos casos, los criterios, sean escogidos por los políticos o gestores. La razón es que son ellos los que deben definir los aspectos que consideran más importantes o las líneas generales de mejora que deben seguirse.

Los requerimientos, criterios e indicadores deben representar de forma fiel lo que realmente se quiere valorar. En la figura 3.4 se representa un puzzle, cuyas piezas

son los diferentes indicadores seleccionados. El rectángulo completo constituye el ámbito de toma de decisión, las líneas continuas y discontinuas subdividen los diferentes requerimientos y criterios respectivamente.

Las características principales de los indicadores escogidos en el árbol de toma de decisión deben ser: representativos, discriminantes, complementarios, relativos, cuantificables, precisos y trazables.

Figura 3.4 – Representación gráfica del ámbito de valoración de los indicadores.



Fuente: VIÑOLAS et al., 2009.

3.6 Función De Valor (FV)

La función de valor permite pasar de una cuantificación de una variable o atributo a una variable adimensional. 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).

Según Viñolas (2009), para definir la función de valor es necesario:

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

El objetivo principal de la función de valor es poder comparar las valoraciones de los indicadores con unidades de medida diferentes. Si bien, la función de valor permite pasar de una cuantificación de una variable a una variable adimensional comprendida entre 0 y 1 (VIÑOLAS et al., 2009).

Por otro lado, la función de valor se define mediante 4 parámetros ya mencionado anteriormente que, al transformarlos, permite obtener todo tipo de formas: forma de S, cóncavas, convexas, o lineales, y cada forma viene, genéricamente, dada por la siguiente ecuación (MANUAL MIVES, 2009 & MANGA, 2005).

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

Dónde:

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” es el factor que garantiza mantener la ecuación en el intervalo 0 y 1.

$$B = (1 - e^{-K_i \left(\frac{|X_{max} - X_{min}|}{C_i} \right)^{P_i}})^{-1}$$

Siendo X_{max} , la abscisa del indicador que genera un valor igual a 1 (para funciones crecientes).

En el caso que existan ordenadas por fuera de los límites establecidos, la valoración del indicador adoptará valor de 0 o 1, siempre y cuando no se superen los valores límites establecidos anteriormente (VIÑOLAS et al., 2009).

3.7 Asignación De Pesos

Esta etapa consiste en establecer preferencias entre los elementos de una misma ramificación, los pesos de los indicadores se calculan en relación a otros pertenecientes a un mismo criterio, los pesos de los criterios se calculan en relación a

los restantes pertenecientes a un mismo requerimiento, y todos los requerimientos son comparados entre sí (VIÑOLAS et al. 2009). La suma de los pesos de los elementos pertenecientes a una misma ramificación es igual a la unidad.

La esencia analítica de los modelos multicriterio está fundamentada (en su mayoría) en la valoración de atributos e indicadores por medio de comparaciones entre estos. Las percepciones y comparaciones de las variables de estudio, con frecuencia están basadas en modelos metodológicos o articulaciones matemáticas que apoyan al decisor, para otorgar un determinado peso o prioridad con respecto a una variable.

Para la asignación de pesos se establece la medida de la importancia relativa entre los indicadores de cada criterio; posteriormente entre los criterios de un mismo requerimiento y, finalmente, entre los requerimientos. Como sistema de comparación en este proyecto se emplea la teoría matemática llamada proceso Analítico Jerárquico AHP (Analytical Hierarchy Process) de acuerdo con una escala propuesta por SAATY (1980), en las que se admiten las situaciones intermedias y los inversos, obteniéndose así los pesos a través de la importancia subjetiva de cada elemento respecto a los demás.

Conforme SAATY (1980) la comparación se hace de acuerdo a una escala, expuesta en la tabla 3.2:

Tabla 3.2 – Tabla de comparación propuesta por SAATY (1980).

Valor de (a_{ik})	Interpretación
1	j y k son igual de importantes
3	j es ligeramente más importante que k
5	j es más importante que k
7	j es considerablemente más importante que k
9	j es absolutamente más importante que k

Fuente: Elaborado por el autor (2023), adaptado al Manual MIVES (2009).

Para cada bloque de comparación es necesaria la construcción de una matriz cuadrada $n \times n$ ilustrada en la Figura 3.5, siendo n el número de elementos a comparar (requerimientos, criterios o indicadores de la misma ramificación). La matriz tendrá valor 1 en toda la diagonal, producto de la comparación entre un elemento consigo

mismo (que tendrá igual importancia). El elemento inverso de la matriz es el número inverso. Por ejemplo, si el indicador i respecto al indicador j tiene una importancia de 4, cuando se compara el indicador j con el indicador i será el valor inverso, es decir $\frac{1}{4}$ (VIÑOLAS et al. 2009).

Figura 3.5 – 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 (2023).

De cada matriz de componentes resultante de cada bloque homogéneo (i.e. requerimientos, criterios e indicadores), el vector propio de esta matriz define los pesos de cada uno de los requerimientos, criterios e indicadores utilizados, conforme la Ecuación (3), "w" viene siendo el vector propio. El cálculo del vector propio es la media de nos "n" pesos de un aspecto definido a partir de la importancia relativa de todos los aspectos con uno de ellos (VIÑOLAS et al., 2009)

$$A w = \lambda_{max} w [Id]$$

Donde, "A" es una matriz "nxn" y se le denomina autovalores de A ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) a las soluciones de la ecuación $(A - \lambda * Id) w = 0$. "Id" es la matriz identidad, la solución "w" asociada a cada autovalor se le llama auto vector y λ_{max} es el autovalor mayor de todos.

Una vez obtenidos los resultados, es importante tener en cuenta si estos son válidos para la toma de una decisión, y esto se decidirá en base a las evaluaciones realizadas por los usuarios. Para ello, se debe calcular la consistencia (o no) de las comparaciones realizada en la matriz [A]. Para ilustrarlo, se toma como ejemplo que "A" es el doble de importante que "B" y "B" es el doble de importante que "C", o sea "A" debe ser 4 veces más importante que "C", y si la comparación entre "A" y "C" se aleja de 4, significa que los juicios no son muy consistentes (VIÑOLAS et al., 2009).

Para calcular la consistencia o no de la matriz de comparación, se parte del concepto de índice de consistencia (CI) que es un valor fraccional que mide cuanto nos hemos alejado del valor ideal, en este caso la unidad, y el índice de consistencia aleatoria (RI). En la siguiente ecuación se define el índice de consistencia.

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

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 .

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

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.) no es más que el valor al que tendería el valor del índice de consistencia si todos los valores se obtuvieran de manera completamente aleatoria. Existen muchas fórmulas y tablas donde se pueden consultar valores de este índice elaboradas por distintos autores. En nuestro caso usaremos los valores calculados por el propio Tomas Saaty, y que se muestran a continuación para valores del tamaño de la matriz $n < 11$.

Tabla 3.3 – Índice de consistencia aleatoria (R.I.).

n	R.I.	n	R.I.
1	0,00	6	1,252
2	0,00	7	1,341
3	0,525	8	1,404
4	0,882	9	1,452
5	1,115	10	1,484

Fuente: Elaborado por el autor (2023), basado en el Manual MIVES (2009).

La relación de consistencia (CR) es la relación entre la consistencia de la matriz de comparación (CI) y la media de las consistencias de todas las matrices de comparación posibles de orden $n \times n$. El valor de CI depende del autovalor de la matriz de comparación y el valor de RI aparece en la tabla 3.3 y depende del tamaño de la matriz, es decir, de n :

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \leq 0.1$$

donde:

CR - Relación de consistencia (Consistency ratio).

CI - Índice de consistencia (Consistency index).

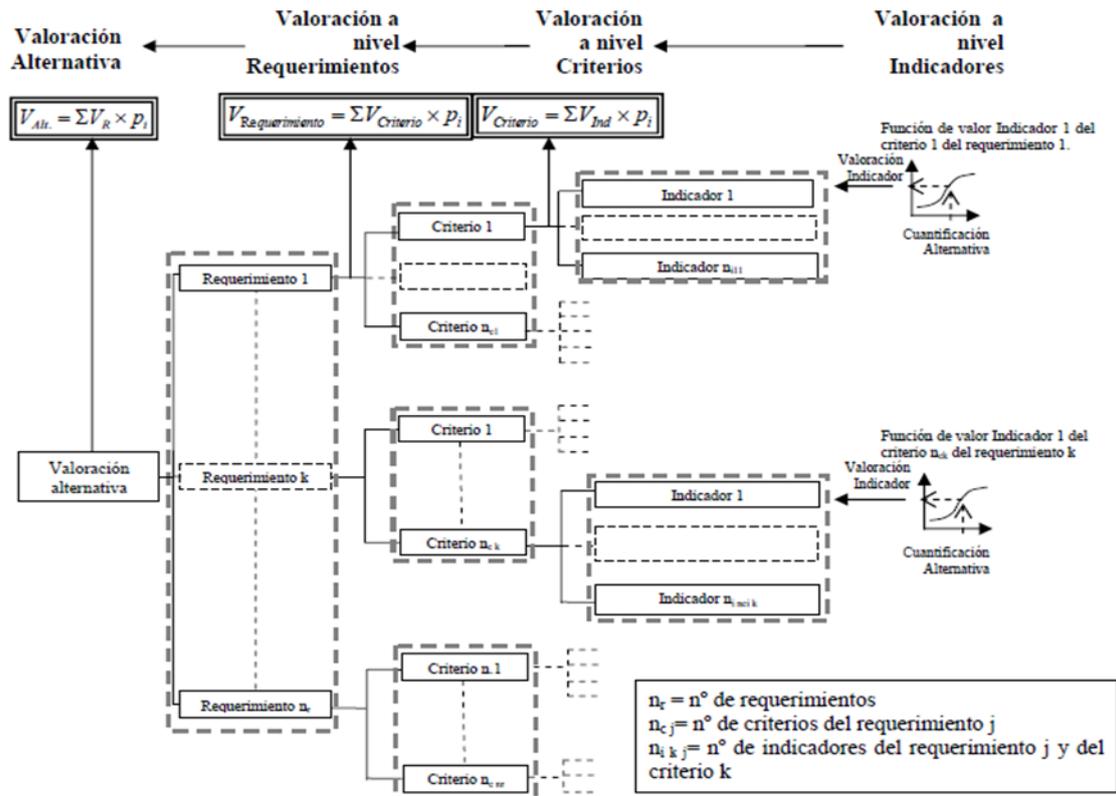
RI - Índice de consistencia aleatoria (Random Index).

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

3.8 Valoración De Las Alternativas

Antes de obtener la valoración de las alternativas, es necesario valorar los indicadores, criterios y requisitos. Los indicadores son los únicos aspectos que se valoran directamente. Posteriormente, se obtiene el valor de los criterios y de los requerimientos, y finalmente, se obtiene el índice de valor de cada alternativa. La figura 3.6 ilustra gráficamente la forma en que se lleva a cabo la valoración de indicadores, criterios y requisitos.

Figura 3.6 – Índice de valor de las alternativas.

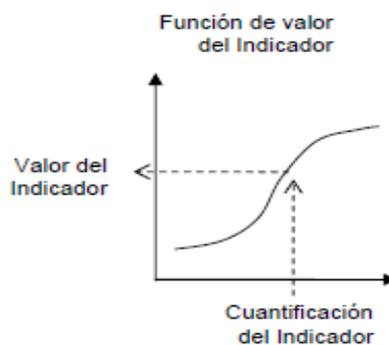


Fuente: VINOLAS *et al.* (2009).

3.8.1 Valor De Los Indicadores:

La valoración de los indicadores se obtiene a partir de la función de valor y la cuantificación del indicador para cada alternativa ilustrada en la figura 3.7.

Figura 3.7 – Valor del indicador



Fuente: Manual MIVES (2009).

3.8.2 Valor De Los Criterios:

Conforme VIÑOLAS et al. (2009), la valoración de los indicadores se obtiene a partir de la función de valor y la cuantificación de cada alternativa en el indicador estudiado, y la valoración de los criterios multiplicado por sus pesos.

$$V_{Criterio} = \sum_{i=1}^n V_{indicador} * Wi$$

3.8.3 Valor De Los Requerimientos:

Se calcula de la misma manera a lo explicado para la valoración de criterios, con la diferencia que, en vez de indicadores, son colocados los criterios.

$$V_{Requerimiento} = \sum_{i=1}^n V_{criterio} * Wi$$

3.8.4 Índice De Valor De Las Alternativas:

Por último, para obtener el índice de valor de las alternativas es obtenido sumando el valor de los requerimientos multiplicados por sus pesos respectivamente.

$$V_{alternativa} = \sum_{i=1}^n V_{Requerimiento} * Wi$$

Es importante resaltar que el peso (Wi) 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. CAPITULO 4: CASO ESTUDIO: FOZ DO IGUAÇU

En este capítulo, se presenta la caracterización del caso de la ciudad de Foz de Iguazú a través de la metodología utilizada. La estructura del capítulo está organizada de tal manera que se muestren los pasos y seguimiento del análisis.

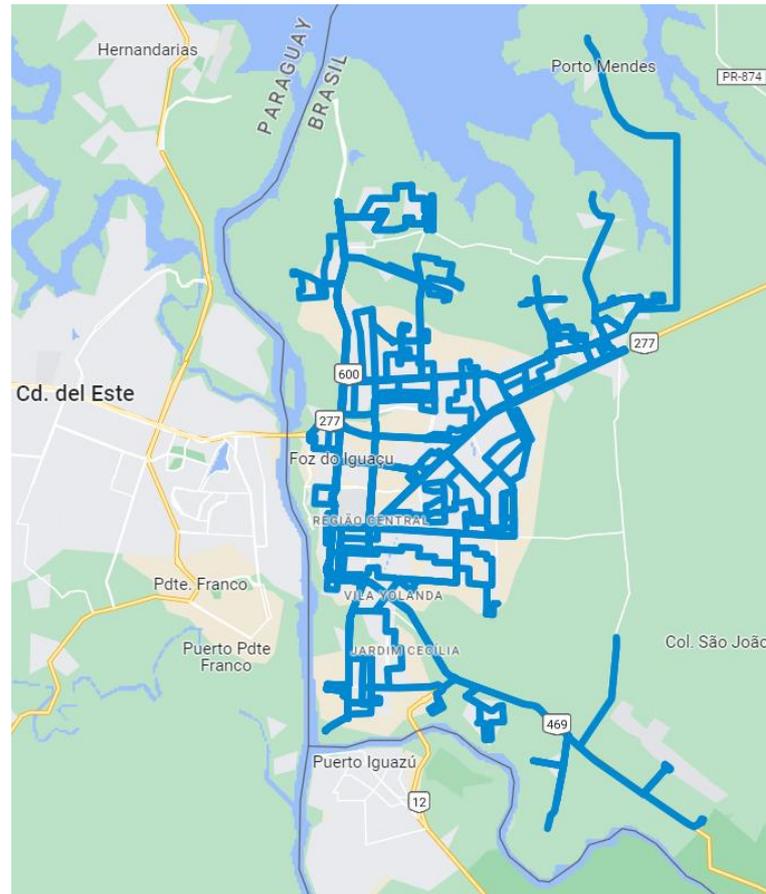
En primer lugar, se identifican los corredores o vías urbanas analizadas. A continuación, se presenta la configuración del árbol de requerimientos en sus tres ejes principales, detallando la concepción de cada uno de ellos. En este sentido, han sido definidos los indicadores cualitativos que respaldan a la medición física de elementos urbanos.

Finalmente, el capítulo 4, presenta la guía para la aplicación del modelo mediante el proceso de jerarquía analítica (AHP), así como la definición de las funciones de valor propias del modelo. Se establece cómo se lleva a cabo el proceso de evaluación y selección de alternativas utilizando el modelo propuesto.

4.1 Etapa De Campo

Para comprobar la efectividad de la metodología implementada y que pudiera ser replicada en cualquier escenario se tomaron como referencia 20 corredores viales de la ciudad de Foz de Iguazú. Para la selección de estas vías, en primer lugar, se ha creado una representación gráfica de la red de corredores del transporte público, como se muestra en la figura 4.1, y consecuentemente, se han seguido dos criterios principales: se eligieron vías con carácter turístico y aquellas que son más utilizadas por el transporte público urbano.

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

Figura 4.1 – Red de corredores del transporte público urbano de Foz de Iguazú.

Fuente: Autor (2023).

Es importante destacar que se han establecido ciertas condiciones durante el proceso de recopilación de información para garantizar la fiabilidad de los resultados. Por ejemplo, el levantamiento de información ha sido realizado por el mismo evaluador utilizando un formato estándar. El registro y la recopilación de información se han realizado en condiciones homogéneas, incluyendo el horario y las condiciones climáticas, y se han seguido las normativas internacionales y locales pertinentes.

En este contexto, la Tabla 4.1 muestra las vías urbanas seleccionadas de acuerdo con los criterios mencionados anteriormente. Se proporcionan 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 seleccionados para el estudio

Corredores analizados
Tancredo Neves (1)
Tarquínio Joslin dos Santos (2)
Andradina (3)
Maceió (4)
Silvio Américo Sasdelli (5)
Araucária (6)
Brodoski (7)
Garibaldi (8)
Gramado (9)
Parati (10)
Paraná (11)
Beira Rio (12)
Carlos Gomes (13)
Juscelino Kubitscheck (14)
Jorge Schimmelpfeng (15)
De las Cataratas (16)
Morenitas (17)
República Argentina (18)
Costa e Silva (19)
José Maria de Brito (20)

Fuente: Autor (2023).

En cuanto al levantamiento de información (criterios e indicadores), se ha llevado a cabo mediante un formulario específico (Apéndice I), considerando los cinco 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 el 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 ciudad de Foz de Iguazú. La estructura principal ha sido diseñada de tal manera que el problema se presenta dentro de las necesidades del trabajo (requerimientos) y puede ser medido y evaluado con un enfoque técnico-científico (criterios e

indicadores).

Entonces, el requerimiento "Infraestructura Urbana" se enfoca en medir la calidad física de los componentes urbanos y está compuesto por dos indicadores: calidad de la calzada y calidad de la superficie asfáltica. La calidad de la calzada se evalúa en función de su estado físico, como la presencia de baches o irregularidades. Del mismo modo, la calidad de la superficie asfáltica se evalúa en función de su estado físico, como la presencia de grietas o deformaciones.

El requerimiento "Accesibilidad" integra indicadores asociados al cumplimiento de la normativa ABNT NBR 9050:2020, es importante mencionar que esta normativa establece las condiciones de accesibilidad y movilidad de las personas con discapacidad o movilidad reducida, lo que implica la necesidad de contar con infraestructura y equipamiento urbano adecuado para su uso 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.

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 sombreadamiento.

Todos los indicadores tienen una unidad de medición de puntaje de 0 a 100. El objetivo de este requerimiento es evaluar la calidad de la movilidad en la ciudad referente al transporte público y determinar qué aspectos deben ser mejorados para garantizar una movilidad más segura y eficiente para los usuarios.

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	
		Nivel de servicio de la calzada	
		Contaminación sonora	decibeles
	Vehículo ligero	Interferencias	Puntaje 0 – 100
	Ciclista	Calidad de trayecto y seguridad	
Transporte público	Calidad de infraestructura y señalización		

Fuente: Autor (2023).

La calidad de la calzada y la calidad de la superficie asfáltica son los dos principales indicadores que se utilizan para determinar el “estado físico del elemento”. Estos indicadores han sido revisados como variables cualitativas en el árbol de requisitos y examinados utilizando una metodología de inspección diseñada para este proyecto de conclusión del curso.

Para el criterio de “Cumplimiento de la normatividad” se han adoptado dos indicadores claves que conceden al usuario un nivel de movilidad adecuado en cuanto al concepto de accesibilidad. Se recomienda incluir en este criterio el indicador “Adaptaciones en la infraestructura para personas con capacidad reducida y áreas de circulación que permitan cumplir con los requisitos internacionales en cuanto a ciudades con alto grado de inclusión social”.

Se han abordado aspectos que permiten solicitar el nivel de tráfico en un tramo concreto en relación con el criterio “Peatón”. Dicho de otro modo, el estudio aconseja medir la eficacia de la movilidad de los peatones, entre otras cosas, analizando los distintos obstáculos a su paso y la contaminación acústica urbana.

El indicador de interferencia, que aborda factores como radares urbanos, interrupciones de vehículos ligeros y la proporción de vehículos en el área de estudio, se ha tenido en cuenta con respecto al criterio de "vehículo ligero". En cuanto al criterio “ciclista”, se ha analizado el indicador “Calidad de trayecto y seguridad” a partir de los

siguientes atributos: la inclusión de ciclo vía, semáforos para ciclistas, iluminación adecuada en la vía y respeto por el ciclista.

Por último, el criterio “transporte público” analiza el indicador “Calidad de infraestructura y señalización” con base en factores como la preferencia por los carriles exclusivos para autobuses, la presencia de límites de velocidad, el estado de las paradas de autobuses, la frecuencia del servicio y la presencia de señalización adecuada.

4.3 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 conocimientos de trazabilidad y reproducibilidad del modelo en situaciones distintas al de Foz do Iguazú.

Después de presentar el árbol de requerimientos en la tabla 4.2, se muestra la representación de los indicadores. En esta sección, se puede observar la evaluación de los elementos analizados, el grado de cumplimiento, los niveles de servicio y las ponderaciones correspondientes a cada indicador.

4.3.1 Indicadores Del Requerimiento “Infraestructura Urbana”

El requerimiento “Infraestructura Urbana” tiene en cuenta dos indicadores principales: calidad de la calzada y calidad de la superficie asfáltica. Estos indicadores se desglosan en cuatro parámetros de medición con los correspondientes niveles de cumplimiento y ponderaciones.

Por la forma en que se recolectó la información, el análisis y medición de estos indicadores corresponde a una medición cualitativa. Para ello se ha definido una metodología específica que permite convertir los datos cualitativos de los indicadores mencionados en valores cuantitativos.

En el caso del indicador “calidad de la calzada” se han analizado tres parámetros, entre ellos el deterioro, la continuidad y la iluminación (desde una percepción cualitativa–cuantitativa). Como resultado, el indicador “calidad de la superficie asfáltica” define un único parámetro de medición designado “deterioro de la superficie asfáltica”.

La tabla 4.3 se observan los parámetros para los indicadores correspondientes al indicador perteneciente al requerimiento de “Infraestructura Urbana”. Como valores

de respuesta para el indicador en cada vía, se utiliza el promedio ponderado de todos los puntajes de los parámetros.

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 - Superfície com presença de patologias sem perda de material. Existência de fendas e fissuras maiores a 5 mm.	20
	D - Superfície do asfalto deteriorada com perda de material. Abaulamento da camada asfáltica visível. Falta de elementos de drenagem superficial.	10
	E - Deterioro da superfície do asfalto maior a um 80%. Perda de material, presença de abaulamento com risco para o usuário. Redução de velocidade do usuário por patologias da superfície.	0

Fuente: Autor (2023).

Las tablas 4.4 y 4.5 se proporcionan a continuación para complementar la tabla 4.3 y proporcionar una representación visual clara y precisa para evaluar los parámetros del estudio cualitativo.

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 brindado para la movilidad de los peatones cuando usan la calzada. Esta metodología describe específicamente la información recopilada en campo sobre la calidad del elemento (calzada), otorgando varios 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 - Pésimo	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 (2023).

Los niveles de servicio que se muestran en la tabla 4.5, por otro lado, se han utilizado para definir las pautas para el parámetro "deterioro de la superficie asfáltica". Mediante el uso de esta escala de medición, que va desde una calidad excelente

(servicio A) hasta una calidad pésima (servicio E), se caracteriza la información recopilada durante la fase de campo.

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 (2023).

4.3.2 Indicadores Del Requerimiento “Accesibilidad”

En relación al requerimiento de "Accesibilidad", se han evaluado dos indicadores cuantitativos: las adaptaciones en infraestructuras para personas con capacidades reducidas y las áreas de circulación. Estos indicadores se miden y analizan cuantitativamente en una escala de 0 a 100 puntos.

Aunque se ha proporcionado una visión general del requerimiento de "Accesibilidad", se han seguido las regulaciones y normativas correspondientes al país evaluado. Esto significa que se han examinado y definido los parámetros de medición en base a las restricciones y la naturaleza específica del indicador considerado.

Se concede la tabla 4.6 para la medición del requerimiento de "Accesibilidad", la cual sigue los parámetros definidos por las regulaciones de Brasil (ABNT NBR 9050:2004) en relación a las "Adaptaciones en infraestructuras para personas con capacidades reducidas" y "Áreas de circulación en calzadas".

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 (2023).

Es importante destacar que el criterio de "Cumplimiento de la normatividad" observa las diversas estrategias de gestión pública que se utilizan para cumplir con los estándares y directrices internacionales en lo que respecta a la calidad de vida de los usuarios con capacidades reducidas de movilidad.

En este sentido, el estudio promueve medidas para mejorar los componentes

urbanos, incluyendo la señalización y los elementos de apoyo en la movilidad. La exigencia de cumplimiento de estos parámetros refleja una política clara de inclusión social y una mejora significativa de la movilidad urbana.

4.3.3 Indicadores Del Requerimiento “Movilidad”

El requerimiento de "Movilidad" se ha basado en cuatro criterios, tanto cualitativos como cuantitativos: Peatón (indicadores de calidad de movilidad y contaminación sonora), Vehículo ligero (indicador de interferencias), Ciclista (indicador de calidad del trayecto y seguridad) y Transporte público (indicador de calidad de infraestructura y señalización). El análisis y medición de estos indicadores se realiza cuantitativamente en una escala de 0 a 100 puntos, y la medición de la contaminación sonora se mide en decibeles en el área urbana.

En cuanto a la medición del indicador "Calidad de la movilidad", se deben considerar cuatro parámetros principales: densidad de la calzada, interferencias de movilidad, semáforos peatonales y sombreadamiento (ver tabla 4.7). Cada uno de estos parámetros tiene distintos grados de cumplimiento y se les asigna una ponderación asociada.

Es importante destacar que el parámetro "densidad de calzada" se mide a través de 6 niveles de servicio que se relacionan con su respectiva ponderación. Para definir este nivel de servicio, se utiliza la tabla 4.8, en la que se relaciona el espacio público de tránsito del peatón, la tasa de flujo y la velocidad, para obtener el nivel de servicio en función de 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 100	5
	Presencia de árboles en el tramo entre 0 y 50	0

Fuente: Autor (2023).

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).

El parámetro "interferencias de movilidad" se representa físicamente en el campo como las interrupciones de movilidad del peatón durante su recorrido de un punto a otro. Es decir, se analiza la vía a través de las interferencias dentro de la calzada que afectan la calidad de traslado del usuario en un corto período de tiempo.

De manera similar, se han incorporado los parámetros "semáforos para peatón" y "sombreamiento" con el objetivo claro de revisar la calidad de tránsito peatonal desde un origen y destino. Estos parámetros se evalúan mediante ponderaciones relacionadas con el grado de cumplimiento frente a interferencias, la presencia de dispositivos y la 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.

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 (2023) basada a la norma NBR 10151:2019.

La tabla 4.10 presenta el indicador "Interferencias" correspondiente al criterio "Vehículo ligero", el cual evalúa la calidad de tránsito y movilidad considerando tres parámetros principales: la presencia de radares, las interrupciones de vehículos ligeros al paso de peatones y el porcentaje de vehículos ligeros en la vía (determinado mediante aforos y descomposición vehicular).

Tabla 4.10 – 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 (2023).

El criterio "Ciclista" del indicador de Calidad de Trayecto y Seguridad incluye parámetros que miden y evalúan la infraestructura y dispositivos electrónicos urbanos en relación con la vía. La Tabla 4.11 muestra estos parámetros, su puntaje máximo de 100 puntos y su respectiva ponderación de acuerdo al grado de cumplimiento.

Tabla 4.11 – 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 ciclista	10
	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 (2023).

El criterio de transporte urbano contempla el indicador "calidad de infraestructura y señalización", que se evalúa a través de cinco parámetros. En este caso, se busca medir la presencia de infraestructura urbana que mejore la calidad de la movilidad en las vías.

La Tabla 4.12 muestra los parámetros que se analizan para evaluar este indicador, que son: la 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 4.12 – 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 (2023).

Es fundamental destacar que cada uno de los indicadores, criterios y requerimientos propuestos en este trabajo de conclusión de curso se han definido con el claro objetivo de mejorar significativamente las condiciones de movilidad en cada uno de los sistemas de transporte analizados. Las ponderaciones señaladas en las tablas correspondientes a los indicadores y parámetros se han determinado mediante reuniones periódicas con especialistas en el área de transporte, desarrolladores de indicadores urbanos y creadores de metodologías para la evaluación de proyectos.

4.4 Peso De Atributos Obtenidos (Ponderaciones)

La herramienta AHP - Analytical Hierarchy Process (Saaty, 2004) ha sido utilizada para definir el peso de los atributos relacionados con los requerimientos, criterios e indicadores. La comparación entre los atributos se ha llevado a cabo mediante una matriz, que se explica en detalle en el capítulo 3, y se ha realizado entre grupos del mismo origen. La tabla 4.13 presenta el modelo de comparación de los atributos para cada requerimiento.

Tabla 4.13 – 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 (2023).

Para obtener las ponderaciones de la matriz de comparación, se ha utilizado el siguiente criterio: se ha asignado un peso del 50% a la infraestructura urbana, un 20% a la accesibilidad y un 30% a la movilidad urbana. Esto se ha hecho con fines

prácticos.

Para efectos prácticos se muestra la tabla 4.14, la cual muestra cada una de las variables consideradas y sus respectivos pesos, expresados en porcentaje. Estos pesos determinan la importancia relativa de cada uno de estos aspectos. Es importante destacar que la metodología AHP, que implica la construcción de matrices, fue definida y aplicada bajo el consenso de especialistas en áreas relacionadas con este estudio, como transporte, gestión e ingeniería.

Tabla 4.14 – 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 10%	Nivel de servicio de la calzada	40
		Calidad de movilidad	40
		Contaminación sonora	20
	Vehículo ligero 10%	Interferencias	100
	Ciclista 10%	Calidad de trayecto y seguridad	100
	Transporte público 70%	Calidad de infraestructura y señalización	100

Fuente: Autor (2023).

4.5 Configuración De Las Funciones De Valor

El proceso principal del modelo MIVES es la evaluación de alternativas, en este caso vías, a través de dos métodos: la ponderación de variables y la función de valor. La sección actual se dedica a presentar las distintas funciones de valor definidas en el estudio, las cuales fueron desarrolladas como parte del trabajo de conclusión de curso.

La tendencia, la forma y la articulación matemática del modelo han sido desarrolladas mediante la opinión de especialistas en diferentes áreas, como el transporte, la ingeniería de tránsito, el urbanismo y, especialmente, expertos en la construcción de modelos multi-criterio.

Para el trabajo de conclusión de curso, se utilizó una función de valor que considera cuatro parámetros, cada uno con configuraciones específicas para cada indicador: forma "S", cóncava, convexa y lineal. Los valores de cada parámetro utilizado en cada función y para cada indicador están representados en la tabla 4.15.

Tabla 4.15 – 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 (2023).

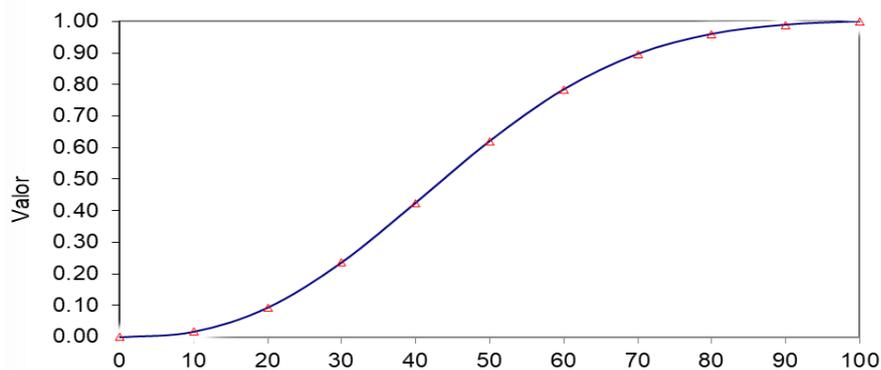
A continuación, se hace el desdoblamiento de cada función de valor del estudio (de cada indicador), detallando la forma, sus parámetros matemáticos y la naturaleza de la misma.

4.5.1 Función De Valor “Calidad De La Calzada”

La Figura 4.2 muestra la función de valor utilizada para evaluar el indicador "calidad de la calzada", la cual tiene una forma "S" suave. Los límites para esta función de valor son de 0 puntos como "XMínimo" y 100 puntos como "XMáximo". Los valores de la abscisa, la pendiente de la curva y la ordenada son $c = 40$, $p = 2.50$ y $k = 0.55$, respectivamente. Estos parámetros permiten definir de manera precisa y objetiva la valoración de la calidad de la calzada, lo que a su vez permite una toma de decisiones más eficiente y efectiva en relación a este indicador.

La función de valor definida como "S" tiene una forma que se asemeja a una curva en forma de "S", lo que indica que, para un rango de valores de entrada, la función aumenta lentamente y luego comienza a aumentar de forma más rápida, antes de finalmente estabilizarse. En el caso de la función de valor utilizada para evaluar la calidad de la calzada, se estableció que un valor de satisfacción entre 60 y 70 puntos corresponde a una vía con un grado de aceptación en cuanto a la calidad de movilidad. Esto significa que cualquier valor dentro de este rango se considera aceptable, mientras que valores por encima de 70 puntos se consideran cada vez más satisfactorios, y valores por debajo de 60 puntos se consideran menos satisfactorios. En resumen, la forma de la función de valor "S" permite establecer de manera clara y objetiva los valores de satisfacción para cada indicador evaluado.

Figura 4.2 – Función de valor para calidad de calzada.



Fuente: Autor (2023).

4.5.2 Función De Valor "Calidad De La Superficie Asfáltica"

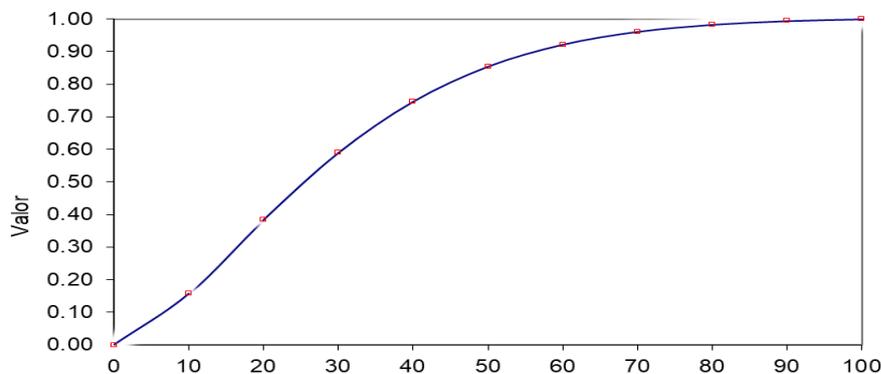
La Figura 4.3 muestra la función de valor utilizada para evaluar el indicador "calidad de la superficie asfáltica", la cual tiene una forma convexa creciente. Los límites para esta función de valor son de 0 puntos como "X_{Mínimo}" y 100 puntos como "X_{Máximo}". Los valores de la abscisa, la pendiente de la curva y la ordenada son $c = 60$, $p = 1.50$ y $k = 2.55$, respectivamente. Esta función de valor permite evaluar de manera precisa y objetiva la calidad de la superficie asfáltica, lo que es fundamental para la toma de decisiones en relación a este indicador.

La forma convexa creciente de la función de valor indica que la satisfacción del evaluador aumenta de forma constante y acelerada a medida que el valor de entrada aumenta. Es decir, a medida que la calidad de la superficie asfáltica mejora, la satisfacción del evaluador aumenta de manera cada vez más pronunciada. De

acuerdo con los valores de los parámetros, se puede establecer que una superficie asfáltica con una valoración entre 70 y 80 puntos se considera aceptable, mientras que una valoración por encima de los 80 puntos se considera cada vez más satisfactoria. En resumen, la función de valor "convexa creciente" permite evaluar de manera objetiva y precisa la calidad de la superficie asfáltica, y establecer valores de satisfacción claramente definidos.

Es importante destacar que cualquier valor por debajo de 70 puntos debe ser atendido en corto plazo para evitar deficiencias críticas en la calidad de la superficie asfáltica, lo que puede generar problemas de movilidad y seguridad vial.

Figura 4.3 – Función de valor para calidad de la superficie asfáltica.



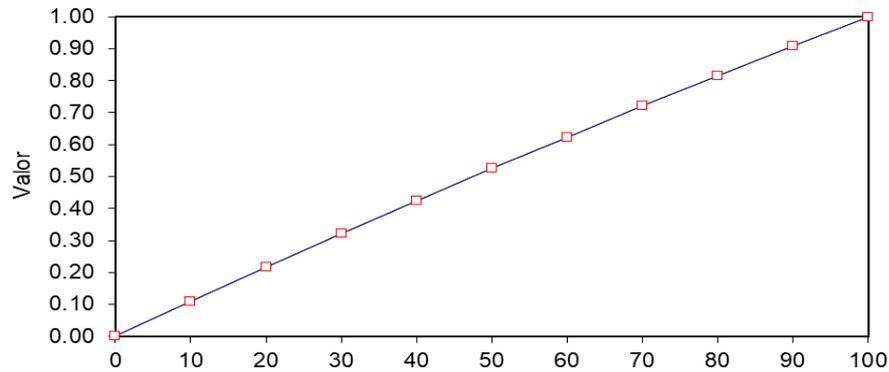
Fuente: Autor (2023).

4.5.3 Función De Valor "Adaptaciones En Infraestructura Para Personas Con Capacidades Reducidas"

La figura 4.4 muestra la representación gráfica de la función de valor para el indicador "adaptación en infraestructura para personas con capacidades reducidas". La forma de la curva es "Lineal creciente" con límites de "XMáximo" de 100 puntos y "XMínimo" de 0 puntos. El valor de la abscisa es $c = 50$, la pendiente de la curva es $p = 1$ y el valor de la ordenada es $k = 0.1$.

La función de valor indica que cuando el indicador se cuantifica con un valor mayor o menor, la satisfacción del decisor aumenta o disminuye en la misma medida, independientemente del punto en el que se encuentre en la abscisa.

Figura 4.4 – Función de valor para adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas.



Fuente: Autor (2023).

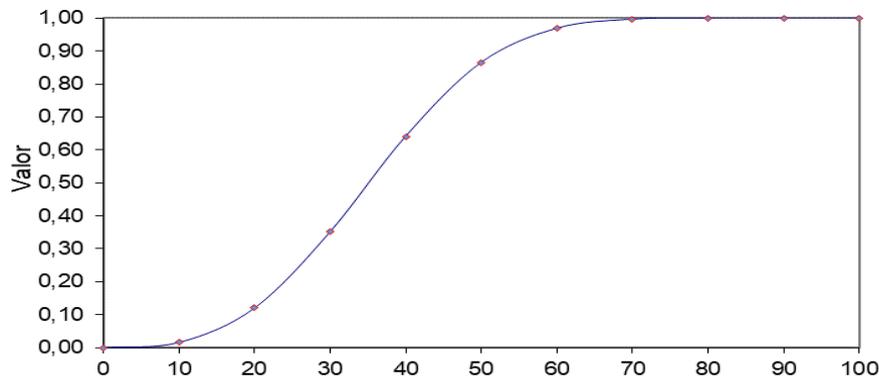
4.5.4 Función De Valor “Áreas De Circulación En Calzadas”

La función de valor para el indicador "área de circulación en calzadas" está representada en la figura 4.5 en forma de una curva en "S" (fuerte). Los límites de la curva son "XMáximo" de 100 puntos y "XMínimo" de 0 puntos. El valor de la abscisa es $c = 50$, la pendiente de la curva es $p = 3$ y el valor de la ordenada es $k = 2$.

La forma de la curva en "S" (fuerte) indica que el evaluador considera que un valor de satisfacción igual o superior a 50 puntos es aceptable en términos de la calidad de movilidad para el indicador analizado. Esto se debe a que el indicador solo tiene tres niveles de cumplimiento, con ponderaciones posibles de 0, 50 o 100.

En resumen, la función de valor en forma de "S" (fuerte) indica que, para este indicador, un valor de satisfacción igual o superior a 50 puntos es considerado como un grado de aceptación adecuado en cuanto a la calidad de movilidad.

Figura 4.5 – Función de valor para área de circulación en calzadas.



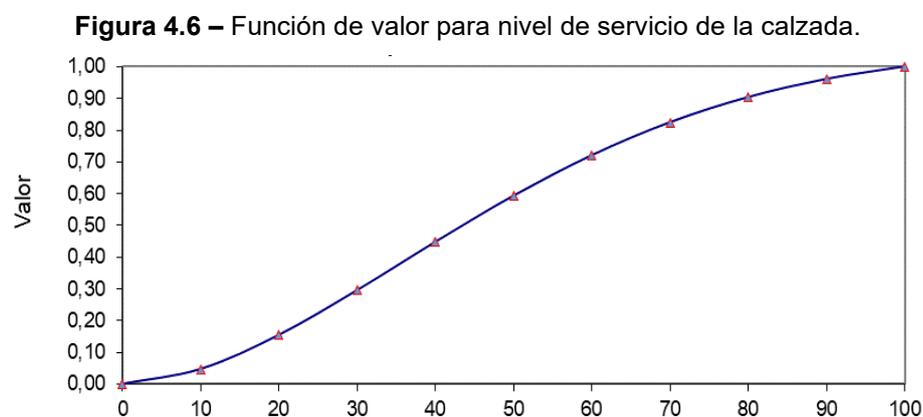
Fuente: Autor (2023).

4.5.5 Función De Valor “Nivel De Servicio De La Calzada”

La figura 4.6 muestra la función de valor para el indicador "nivel de servicio de la calzada" en forma de una curva "S" (suave). Los límites de la curva son "XMáximo" de 100 puntos y "XMínimo" de 0 puntos. El valor de la abscisa es $c = 70$, la pendiente de la curva es $p = 1.8$ y el valor de la ordenada es $k = 1.5$.

La forma suave de la curva implica que se requiere una mayor exigencia al evaluador para definir un valor de satisfacción. En este caso, la curva sugiere que los valores óptimos de satisfacción para este indicador se encuentran entre 80 y 90 puntos. Es decir, si el valor del indicador es inferior a 80, se deben tomar medidas para mejorar el nivel de servicio de la calzada y ofrecer mayor comodidad a los peatones.

En resumen, la curva en forma de "S" (suave) de la función de valor para el indicador "nivel de servicio de la calzada" indica que se requiere una mayor atención al valor del indicador para alcanzar niveles de satisfacción óptimos, y que los valores inferiores a 80 deben ser atendidos para mejorar el nivel de servicio y proporcionar mayor comodidad a los peatones.



Fuente: Autor (2023).

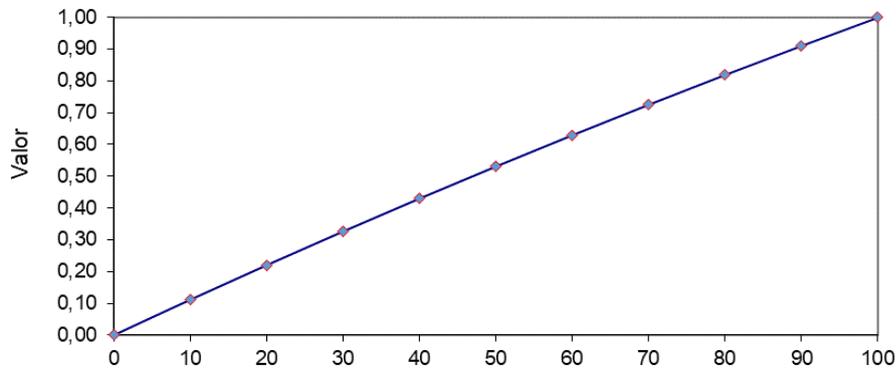
4.5.6 Función De Valor “Calidad De Movilidad”

La figura 4.7 muestra la función de valor para el indicador "calidad de movilidad" en forma de una línea recta creciente. Los límites de la curva son "XMáximo" de 100 puntos y "XMínimo" de 0 puntos. El valor de la abscisa es $c = 40$, la pendiente de la curva es $p = 1$ y el valor de la ordenada es $k = 0.1$.

Esta función de valor indica que la satisfacción del decisor aumenta de manera proporcional al incremento en la cuantificación del indicador. Es decir, cuanto mayor sea el valor del indicador, mayor será la satisfacción del decisor. La pendiente de la

curva es igual a 1, lo que significa que el cambio en la satisfacción del decisor es proporcional al cambio en el valor del indicador.

Figura 4.7 – Función de valor para nivel de calidad de movilidad.



Fuente: Autor (2023).

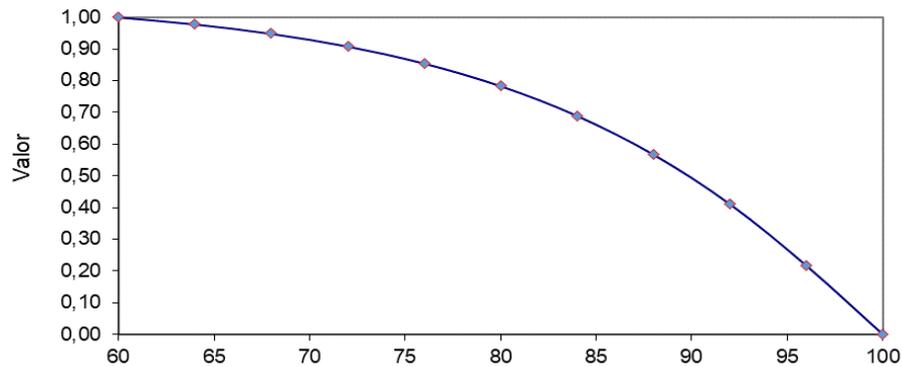
4.5.7 Función De Valor "Contaminación Sonora"

La figura 4.8 muestra la función de valor para el indicador "contaminación sonora" en forma de una curva cóncava decreciente. Los límites de la curva son "XMáximo" de 100 puntos y "XMínimo" de 60 puntos. El valor de la abscisa es $c = 60$, la pendiente de la curva es $p = 1.1$ y el valor de la ordenada es $k = 4.5$.

Esta función de valor indica que la satisfacción del decisor aumenta a una tasa decreciente a medida que la cuantificación del indicador disminuye. Es decir, a medida que disminuye la contaminación sonora, la satisfacción del decisor aumenta, pero cada vez en menor medida. La pendiente de la curva es igual a 1.1, lo que indica que la tasa de disminución de la satisfacción del decisor disminuye a medida que se acerca al límite "XMáximo" de 100 puntos.

La forma cóncava de la curva indica que la satisfacción del decisor aumenta más rápidamente cuando la cuantificación del indicador se acerca al límite "XMáximo" de 100 puntos, y menos rápidamente a medida que se acerca al límite "XMínimo" de 60 puntos. Esto se debe a que, para alcanzar un mayor valor de satisfacción, se necesita una disminución más pronunciada en la cuantificación del indicador. En otras palabras, para aumentar la satisfacción del decisor, se necesita reducir significativamente la contaminación sonora.

Figura 4.8 – Función de valor para nivel de contaminación sonora.



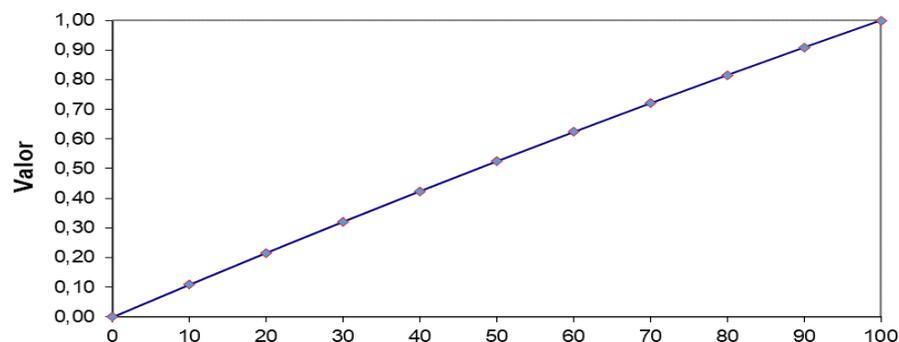
Fuente: Autor (2023).

4.5.8 Función De Valor “Interferencias”

La figura 4.9 representa la función de valor para el indicador "interferencias" en forma de "Lineal creciente". La función tiene límites "XMáximo" de 50 puntos y "XMínimo" de 0 puntos. El valor de la abscisa es $c = 25$ y la pendiente de la curva es $p = 1$. El valor de la ordenada es $k = 0.11$.

Esta función de valor indica que a medida que el valor del indicador "interferencias" aumenta, la satisfacción del decisor disminuye de manera proporcional. Es decir, cuanto mayor sea el número de interferencias, menor será la satisfacción del decisor. La función de valor es lineal creciente, lo que significa que la relación entre la cuantificación del indicador y la satisfacción del decisor es constante. El valor de la abscisa indica el punto medio de la función de valor, y en este caso es 25.

Figura 4.9 – Función de valor para nivel de interferencias.



Fuente: Autor (2023).

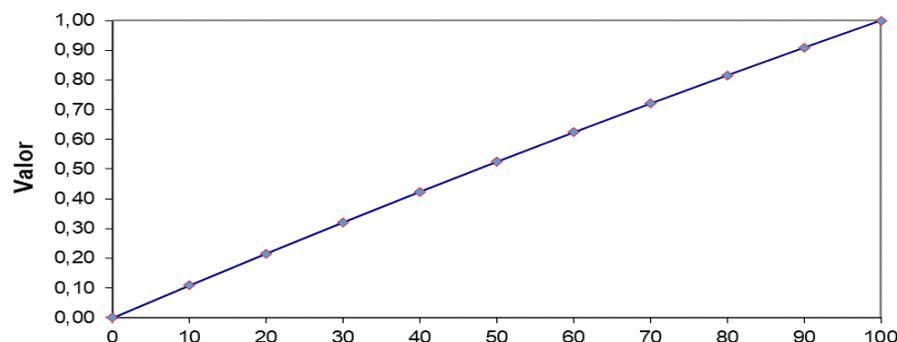
4.5.9 Función De Valor “Calidad Del Trayecto Y Seguridad”

La figura 4.10 muestra la función de valor para el indicador "calidad del trayecto y seguridad", la cual se representa en forma de "Lineal creciente" con límites "XMáximo" de 100 puntos y "XMínimo" de 0 puntos. El valor de la abscisa es $c=50$, la pendiente de la curva es $p=1$, y el valor de la ordenada es $k=0.1$.

Esta función de valor indica que la satisfacción del decisor aumenta de manera lineal a medida que aumenta la cuantificación del indicador. En otras palabras, a medida que se mejora la calidad del trayecto y la seguridad, aumenta la satisfacción del decisor. La pendiente de la curva es de 1, lo que indica que el incremento en la satisfacción es proporcional al incremento en la cuantificación del indicador.

El valor de la abscisa $c=50$ indica que la satisfacción del decisor es máxima cuando el indicador alcanza una cuantificación de 50 puntos. Además, el valor de la ordenada $k=0.1$ indica que el incremento en la satisfacción del decisor por cada unidad de aumento en la cuantificación del indicador es pequeño.

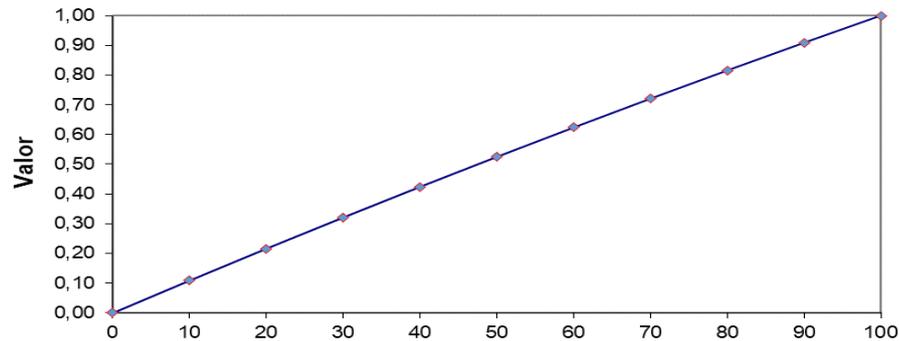
Figura 4.10 – Función de valor para calidad de trayecto y seguridad.



Fuente: Autor (2023).

4.5.10 Función De Valor “Calidad De Infraestructura Y Señalización”

La figura 4.11 representa una función de valor lineal creciente para el indicador “calidad de infraestructura y señalización” con límites "XMáximo" de 100 puntos y "XMínimo" de 0 puntos. Esto significa que la satisfacción aumenta de manera uniforme a medida que el valor del indicador aumenta, con una pendiente de 1 y un valor de ordenada de 0.1. El valor de c , que es el punto donde la curva cambia de dirección, se encuentra en 60, lo que indica que los evaluadores consideran que la infraestructura y señalización tienen una calidad aceptable a partir de este valor.

Figura 4.11 – Función de valor para calidad de infraestructura y señalización.

Fuente: Autor (2023).

Una vez obtenidos los valores de cada indicador y los pesos correspondientes, se procede a calcular el valor del criterio (V_{criterio}) multiplicando el valor de cada indicador ($V_{\text{indicador}}$) por su respectivo peso (W_i) y sumándolos para obtener el valor total del criterio. Luego, se pueden calcular los valores de los requerimientos ($V_{\text{requerimiento}}$) multiplicando el valor de cada requerimiento por su peso correspondiente y sumándolos para obtener el valor total de cada requerimiento. Finalmente, se puede obtener el índice de movilidad ponderado, que es la suma de los valores de los requerimientos ponderados. Este índice representa una medida de la calidad de la movilidad en un área específica, considerando la importancia relativa de cada requerimiento en la evaluación.

5. CAPITULO 5: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se expondrán los resultados obtenidos del relevamiento efectuado en la ciudad del estudio de caso. Se llevaron a cabo análisis de acuerdo a las etapas presentadas en el capítulo 4, los cuales permitieron cuantificar los indicadores empleados para obtener la respuesta de la función de valor, en conjunto con los pesos de atributos adquiridos mediante el uso de la herramienta AHP. De esta manera, al disponer de los valores y pesos correspondientes, fue posible llegar al Índice de sostenibilidad de los corredores, logrando así cumplir con el objetivo general establecido en el trabajo de conclusión de curso.

La utilización de la herramienta AHP permitió establecer un orden de importancia de los diferentes atributos evaluados, lo que facilitó la toma de decisiones en la planificación y gestión de los corredores. Asimismo, la aplicación de los parámetros cuantitativos en cada uno de los requerimientos evaluados permitió obtener información precisa y rigurosa, lo que contribuyó a la objetividad de los resultados obtenidos.

5.1 Levantamiento De Información

Se ha utilizado un único formulario, el cual se mencionó previamente (Apéndice I), para llevar a cabo todos los levantamientos de información. A través de este formulario se evaluaron las diferentes alternativas existentes para cada indicador, obteniendo de esta forma una cuantificación de los mismos mediante la asignación de ponderaciones de acuerdo al grado de cumplimiento (puntos).

El formulario utilizado sigue el árbol de requerimientos, dividiendo los tres requerimientos en sus respectivos criterios e indicadores. El proceso comienza con la información general de cada corredor analizado, como el nombre de la avenida, la distancia analizada (en kilómetros), la fecha de levantamiento (inicio y final) y el perfil de la vía. Dentro de cada indicador existen parámetros donde el evaluador asigna el nivel de cumplimiento correspondiente. En la tabla 5.1 se presentan los corredores analizados junto a las distancias que fueron evaluadas para cada uno de ellos.

Tabla 5.1 – Corredores seleccionadas con sus respectivas distancias.

Corredores analizados	Distancia (km)
Tancredo Neves (1)	6
Tarquínio Joslin dos Santos (2)	2
Andradina (3)	1
Maceió (4)	2
Silvio Américo Sasdelli (5)	4
Araucária (6)	1
Brodoski (7)	1
Garibaldi (8)	1
Gramado (9)	2
Parati (10)	2
Paraná (11)	7
Beira Rio (12)	1
Carlos Gomes (13)	1
Juscelino Kubitscheck (14)	4
Jorge Schimmelpfeng (15)	1
De las Cataratas (16)	4
Morenitas (17)	1
República Argentina (18)	2
Costa e Silva (19)	3
José Maria de Brito (20)	1

Fuente: Autor (2023).

El primer requerimiento que se evaluó en el estudio fue el de “Infraestructura Urbana”. Cada uno de los parámetros correspondientes a este requisito se presentó junto a una definición visual que permitió a los evaluadores identificar con mayor facilidad el nivel de cumplimiento de cada vía. Esto resultó en una evaluación más precisa y rigurosa del estado de la infraestructura urbana de los corredores analizados. Además, la utilización de definiciones visuales también permitió una mayor objetividad en la evaluación, lo que redujo la subjetividad y aumentó la fiabilidad de los resultados obtenidos

El segundo requerimiento “Accesibilidad”, presenta un parámetro cuantitativo que requiere el levantamiento de información mediante la medición de la anchura de la calzada utilizando una cinta métrica. Es importante destacar que las medidas utilizadas para la evaluación de este parámetro fueron adaptadas a las normas y leyes correspondientes al país donde se realizaron las mediciones. Esto permitió una evaluación precisa y ajustada a los estándares locales de accesibilidad, lo que garantizó la validez de los resultados obtenidos. Es fundamental asegurar que se

cumplan las normativas vigentes para garantizar la accesibilidad adecuada a todos los usuarios de las vías urbanas.

El tercer requerimiento evaluado en el estudio fue el de "Movilidad". Para obtener la densidad de la calzada en m² por peatón, se realizó un cálculo del área de la calzada, el cual se obtuvo a través del producto entre la medición de la anchura de la calzada y la distancia de la vía analizada. Luego, se dividió el área de la calzada por la cantidad de peatones que pasan por el corredor en un lapso de 30 minutos. Este mismo lapso de tiempo se utilizó para calcular el porcentaje de vehículos ligeros que circulan por el corredor. La evaluación de la movilidad de los corredores se realizó a través de estos parámetros cuantitativos, lo que permitió una medición objetiva y rigurosa de la capacidad de movilidad de cada vía. Esta información es fundamental para la toma de decisiones en la planificación y gestión de la movilidad urbana.

5.2 Cuantificación De Los Indicadores

En este apartado se presentan los resultados y respuestas de cada uno de los indicadores evaluados en este estudio. Los indicadores se agruparon de tal manera que se pueda observar la sensibilidad respecto al modo de transporte que influyen en los corredores utilizados por el transporte público.

Es importante mencionar que la agrupación de los indicadores permitió obtener una visión más clara y precisa de la situación actual de cada corredor analizado, lo que puede contribuir a la toma de decisiones más informadas y efectivas en cuanto a la planificación y gestión de los corredores urbanos.

Tabla 5.2 – Respuesta de los indicadores de los 10 primeros corredores en la ETAPA DE CAMPO.

Requerimiento	Indicadores	N° de vía urbana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	Calidad de la calzada	80	50	40	60	50	40	40	50	40	70
	Calidad de la superficie asfáltica	90	20	90	50	20	20	20	20	20	20
ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	80	20	40	40	50	10	0	20	10	10
	Áreas de circulación	100	0	50	50	50	0	50	50	50	50
MOVILIDAD	Calidad de movilidad	70	40	35	35	40	30	60	35	35	50
	Contaminación Sonora	88	92	84	83	86	80	76	85	80	70
	Interferencias	5	15	15	5	10	10	5	5	10	10
	Calidad de trayecto y seguridad	90	70	90	20	90	90	30	40	25	25
	Calidad de infraestructura y señalización	70	30	40	30	40	30	20	35	40	30

Fuente: Autor (2023).

Tabla 5.3 – Respuesta de los indicadores de los 10 últimos corredores en la ETAPA DE CAMPO.

Requerimiento	Indicadores	N° de vía urbana									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INFRAESTRUCTURA URBANA	Calidad de la calzada	60	40	40	60	60	40	60	60	40	50
	Calidad de la superficie asfáltica	20	50	50	30	20	20	20	20	20	20
ACCESIBILIDAD	Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	50	70	60	40	40	40	40	20	30	10
	Áreas de circulación	50	50	50	50	100	50	50	50	50	50
MOVILIDAD	Calidad de movilidad	50	40	35	55	35	45	30	65	40	35
	Contaminación Sonora	91	95	75	92	89	86	87	92	90	87
	Interferencias	30	10	10	25	25	30	10	30	30	35
	Calidad de trayecto y seguridad	90	20	30	90	100	90	30	25	40	90
	Calidad de infraestructura y señalización	60	40	40	70	70	50	30	50	40	30

Fuente: Autor (2023).

En este estudio, se utilizó una escala de puntos del 0 al 100 para cuantificar el grado de cumplimiento de cada indicador evaluado, con el fin de representar las condiciones en que se encuentra cada vía. Sin embargo, estas respuestas obtenidas del campo presentan unidades múltiples, lo que hace necesario homogeneizarlas a través de funciones de valor específicas para cada indicador. De esta manera, se obtiene la respuesta de valor de todos los indicadores evaluados.

5.3 Pesos De Atributos (AHP)

En esta sección son representados los pesos asignados a los requerimientos, criterios e indicadores según lo indicado en la Tabla 5.4, utilizando la metodología AHP (Proceso de jerarquía analítica).

En el caso específico de la movilidad urbana, la evaluación de las opciones puede ser particularmente compleja debido a la gran cantidad de factores a considerar. Por esta razón, es esencial contar con la participación de especialistas en el área, quienes pueden aportar su experiencia y conocimientos para realizar una evaluación precisa y adecuada.

El resultado de este proceso de asignación de pesos es fundamental para el diseño de políticas y estrategias de movilidad urbana, ya que permite enfocar los esfuerzos y recursos en los aspectos más importantes y relevantes para mejorar la movilidad en las ciudades. En definitiva, la participación de especialistas en el proceso de AHP garantiza una evaluación rigurosa y una asignación de pesos precisa y adecuada para el contexto específico de la movilidad urbana.

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 (10%)	Nivel de Servicio de la calzada	40
		Calidad de movilidad	40
		Contaminación sonora	20
	Vehículo ligero (10%)	Interferencias	100
	Ciclista (10 %)	Calidad de trayecto y seguridad	100
Transporte público (70%)	Calidad de infraestructura y señalización	100	

Fuente: Autor (2023).

5.4 Respuesta De La Función Valor

Esta sección hace referencia al proceso de homogeneización de los resultados obtenidos en la etapa de campo, mediante la transformación de los valores medidos a una escala de valores de 0 a 1. Este proceso se realizó para cada uno de los indicadores evaluados en el estudio, utilizando la función de valor mencionada anteriormente.

Al homogeneizar los resultados de esta manera, se logra obtener valoraciones adimensionales que pueden ser sumadas para obtener una evaluación global del desempeño del sistema evaluado. Este proceso permite comparar diferentes sistemas y evaluar su rendimiento de manera objetiva, ya que los valores están en una escala común y comparable.

Para este caso de estudio, los resultados de cada indicador se presentan en las Tablas 5.5 y 5.6 del estudio. Estos resultados permiten evaluar el desempeño de la movilidad urbana en la ciudad, identificando los puntos fuertes y débiles del sistema evaluado. De esta manera, se pueden diseñar estrategias y políticas que permitan mejorar el rendimiento de la movilidad urbana en Foz de Iguazú.

Tabla 5.5 – Respuesta de cada indicador de los 10 primeros corredores respecto a su FUNCIÓN DE VALOR.

INDICADOR	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Calidad de la calzada	0.96	0.62	0.42	0.78	0.62	0.42	0.42	0.62	0.42	0.9
Calidad de la superficie asfáltica	0.99	0.38	0.99	0.85	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	0.82	0.22	0.42	0.42	0.52	0.11	0	0.22	0.11	0.11
Áreas de circulación	1	0	0.86	0.86	0.86	0	0.86	0.86	0.86	0.86
Calidad de movilidad	0.73	0.43	0.38	0.38	0.43	0.33	0.63	0.38	0.38	0.53
Contaminación sonora	0.57	0.41	0.69	0.69	0.57	0.78	0.85	0.69	0.78	0.91
Interferencias	0.11	0.32	0.32	0.11	0.22	0.11	0.11	0.11	0.22	0.22
Calidad de trayecto y seguridad	0.91	0.72	0.91	0.22	0.91	0.91	0.32	0.42	0.27	0.28
Calidad de infraestructura y señalización	0.72	0.32	0.42	0.32	0.42	0.32	0.21	0.37	0.42	0.32

Fuente: Autor (2023)

Tabla 5.6 – Respuesta de cada indicador de los 10 últimos corredores respecto a su FUNCIÓN DE VALOR.

INDICADOR	N° de vía urbana									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Calidad de la calzada	0.78	0.42	0.42	0.78	0.78	0.42	0.78	0.78	0.42	0.62
Calidad de la superficie asfáltica	0.38	0.85	0.85	0.59	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Adaptaciones en infraestructura para personas con capacidades reducidas	0.52	0.72	0.62	0.42	0.42	0.42	0.42	0.22	0.32	0.11
Áreas de circulación	0.86	0.86	0.86	0.86	1	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Calidad de movilidad	0.53	0.43	0.33	0.58	0.38	0.48	0.33	0.68	0.43	0.38
Contaminación sonora	0.41	0.22	0.85	0.41	0.57	0.57	0.57	0.41	0.41	0.57
Interferencias	0.63	0.22	0.22	0.53	0.53	0.63	0.22	0.63	0.53	0.72
Calidad de trayecto y seguridad	0.91	0.22	0.32	0.91	1	0.91	0.32	0.32	0.42	0.91
Calidad de infraestructura y señalización	0.62	0.42	0.42	0.72	0.72	0.52	0.32	0.52	0.42	0.32

Fuente: Autor (2023)

Los resultados homogeneizados de los indicadores y los pesos asignados a cada uno de ellos son primordiales para la obtención del “valor de los criterios”. Este valor se obtiene a través de la sumatoria del producto entre el valor homogeneizado de los indicadores referentes al mismo criterio y sus respectivos pesos, tal como se muestra en las Tablas 5.7 y 5.8 del estudio.

Por ejemplo, para el criterio de “Estado físico del elemento” en la primera vía, el valor se calcula multiplicando el valor homogeneizado del indicador correspondiente (por ejemplo, "Calidad de la calzada") por el peso asignado a dicho indicador para el criterio de "Estado físico del elemento". Luego, se realiza esta operación para cada uno de los indicadores que conforman el criterio, y se suman los resultados para

obtener el valor del criterio.

Peso del indicador “calidad de la calzada” conforme atributo AHP: 0.30

Respuesta del indicador conforme función de valor: 0.96

Peso del indicador “calidad de la superficie asfáltica” conforme atributo AHP: 0.70

Respuesta del indicador conforme función de valor: 0.99

Resultado del criterio “Estado físico del elemento” = $(0.30 \cdot 0.96) + (0.7 \cdot 0.99) = 0.98$

Este proceso se repite para cada uno de los criterios evaluados en el estudio, lo que permite obtener una evaluación global del desempeño del sistema de movilidad urbana en la ciudad evaluada.

Tabla 5.7 – Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores de los 10 primeros corredores.

CRITERIO	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estado físico del elemento	0.98	0.45	0.82	0.83	0.45	0.39	0.39	0.45	0.39	0.54
Cumplimiento de la normatividad	0.93	0.1	0.68	0.68	0.72	0.04	0.52	0.60	0.56	0.56
Peatón	0.70	0.43	0.44	0.44	0.46	0.42	0.67	0.44	0.46	0.61
Vehículo ligero	0.11	0.32	0.32	0.11	0.22	0.11	0.11	0.11	0.22	0.22
Ciclista	0.91	0.72	0.91	0.22	0.91	0.91	0.32	0.42	0.27	0.28
Transporte público	0.72	0.32	0.42	0.32	0.42	0.32	0.21	0.37	0.42	0.32

Fuente: Autor (2023).

Tabla 5.8 – Resultados de valor para cada CRITERIO respecto a sus indicadores de los 10 últimos corredores.

CRITERIO	N° de vía urbana									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Estado físico del elemento	0.50	0.72	0.72	0.65	0.52	0.39	0.50	0.50	0.39	0.5
Cumplimiento de la normatividad	0.72	0.80	0.76	0.68	0.77	0.68	0.78	0.60	0.64	0.56
Peatón	0.51	0.39	0.43	0.55	0.42	0.50	0.38	0.63	0.43	0.42
Vehículo ligero	0.63	0.22	0.22	0.53	0.53	0.63	0.22	0.63	0.53	0.72
Ciclista	0.91	0.32	0.32	0.91	1	0.91	0.32	0.32	0.42	0.91
Transporte público	0.62	0.42	0.42	0.72	0.72	0.52	0.32	0.52	0.42	0.32

Fuente: Autor (2023).

Por otra parte, para el cálculo del “valor de los requerimientos”, se obtiene a través de la sumatoria del producto entre el valor de los criterios referentes al mismo requerimiento y sus respectivos pesos de los criterios. Este proceso se realiza para cada uno de los requerimientos evaluados en el estudio, tal como se muestra en las Tablas 5.9 y 5.10 del estudio.

Por ejemplo, para el requerimiento de "Infraestructura urbana" en la primera vía analizada, se debe sumar el producto entre el valor del criterio "Estado físico del elemento" y su respectivo peso para este requerimiento. En este caso, si el valor del criterio "Estado físico del elemento" es 0.98 y su peso para este requerimiento es 1, entonces el valor del requerimiento "Infraestructura urbana" para la primera vía sería igual a $(0.98 \times 1) = 0.98$.

Este proceso se repite para cada uno de los requerimientos evaluados en el estudio, lo que permite obtener una evaluación detallada del desempeño del sistema

de movilidad urbana en la ciudad evaluada.

Tabla 5.9 – Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios de los 10 primeros corredores.

REQUERIMIENTO	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INFRAESTRUCTURA URBANA	0.98	0.45	0.82	0.83	0.45	0.39	0.39	0.45	0.39	0.54
ACCESIBILIDAD	0.93	0.09	0.68	0.68	0.72	0.04	0.52	0.60	0.56	0.56
MOVILIDAD	0.68	0.37	0.46	0.30	0.45	0.37	0.26	0.36	0.39	0.33

Tabla 5.10 – Resultado de valor para cada REQUERIMIENTO respecto a sus criterios de los 10 últimos corredores.

REQUERIMIENTO	N° de vía urbana									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INFRAESTRUCTURA URBANA	0.50	0.72	0.72	0.65	0.50	0.39	0.50	0.50	0.39	0.45
ACCESIBILIDAD	0.72	0.80	0.76	0.68	0.77	0.68	0.68	0.60	0.64	0.56
MOVILIDAD	0.64	0.38	0.39	0.70	0.70	0.57	0.32	0.52	0.43	0.43

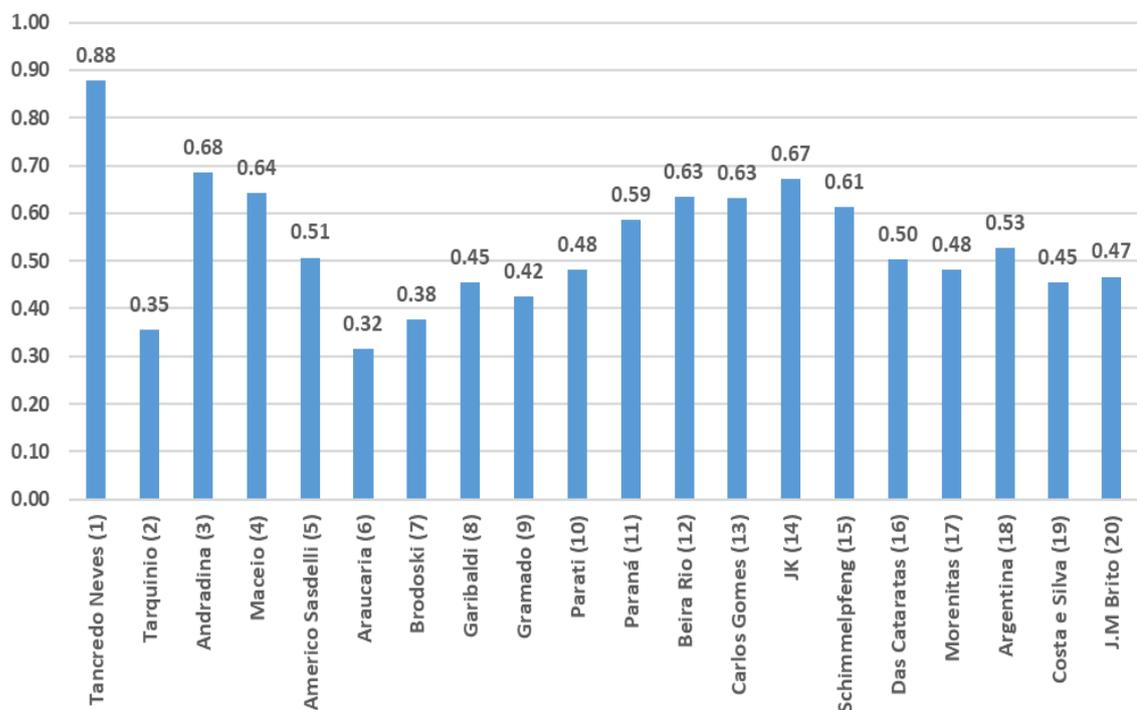
Fuente: Autor (2023).

5.5 Índice De Sostenibilidad

La evaluación de este estudio “Índice de sostenibilidad” o “Índice de movilidad” de los corredores a través de la metodología MIVES analizadas 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.

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.



Fuente: Autor (2023).

La evaluación del índice de sostenibilidad ha demostrado resultados positivos en los corredores viales más cercanos a las áreas turísticas, lo que indica que no se han encontrado tramos con una condición muy mala o cercana a cero. En esta perspectiva, la investigación ha evaluado de forma integrada el rendimiento de los tramos viales, al mismo tiempo que ha analizado y evaluado las respuestas correspondientes a los tres requisitos planteados de manera individual.

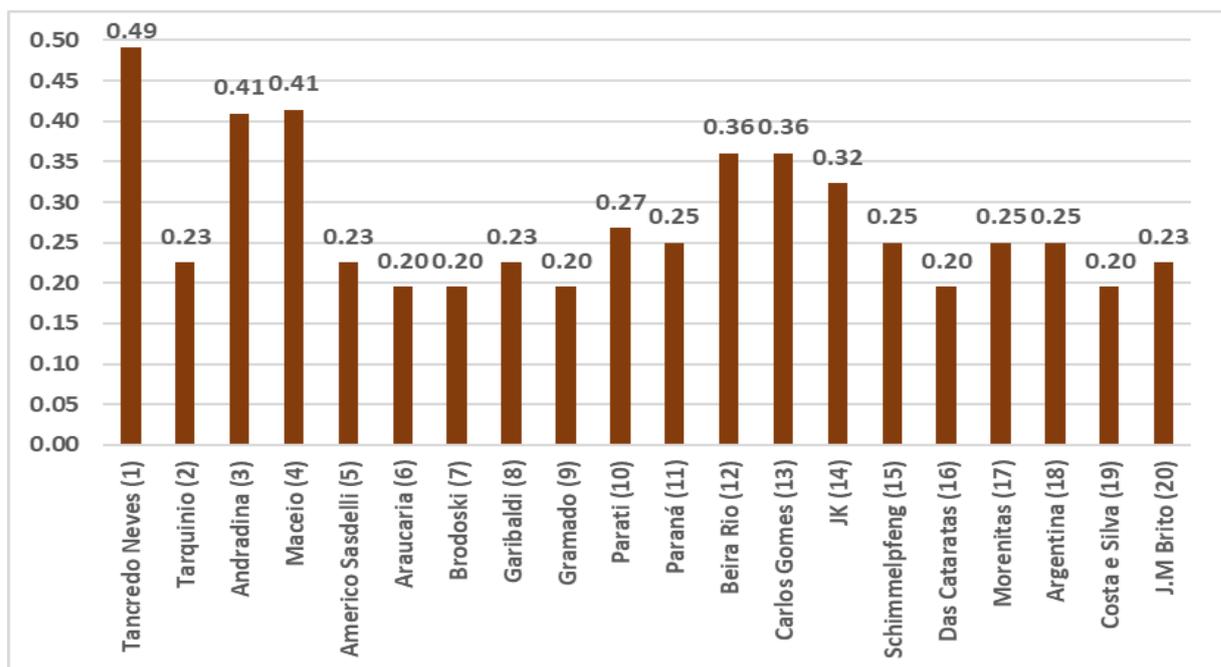
El objetivo principal de esta evaluación consiste en reconocer y comprender las brechas y deficiencias existentes en cada uno de los requerimientos, con la finalidad de diseñar y aplicar las intervenciones públicas correspondientes para mejorar el rendimiento del sistema de movilidad urbana en la ciudad examinada. Mediante el

índice de sostenibilidad, se ha logrado obtener información pertinente y útil para la toma de decisiones y la implementación de políticas públicas eficaces y eficientes en esta área.

La figura 5.2 muestra los resultados obtenidos en el estudio respecto al requerimiento de infraestructura urbana. En este requerimiento, se han evaluado aspectos críticos como la calidad de la calzada, que incluye la inspección, continuidad e iluminación de la misma, así como la calidad de la superficie asfáltica.

Dado que este requerimiento tiene un peso del 50%, su índice puede variar entre 0 y 0,5. Los resultados obtenidos son fundamentales para identificar y analizar las deficiencias en la infraestructura urbana de la ciudad, con el objetivo de desarrollar estrategias y políticas públicas que permitan mejorar la calidad de la calzada y la superficie asfáltica, lo que contribuirá a mejorar la movilidad urbana en la ciudad evaluada.

Figura 5.2 – Índices de valor para infraestructura urbana.



Fuente: Autor (2023).

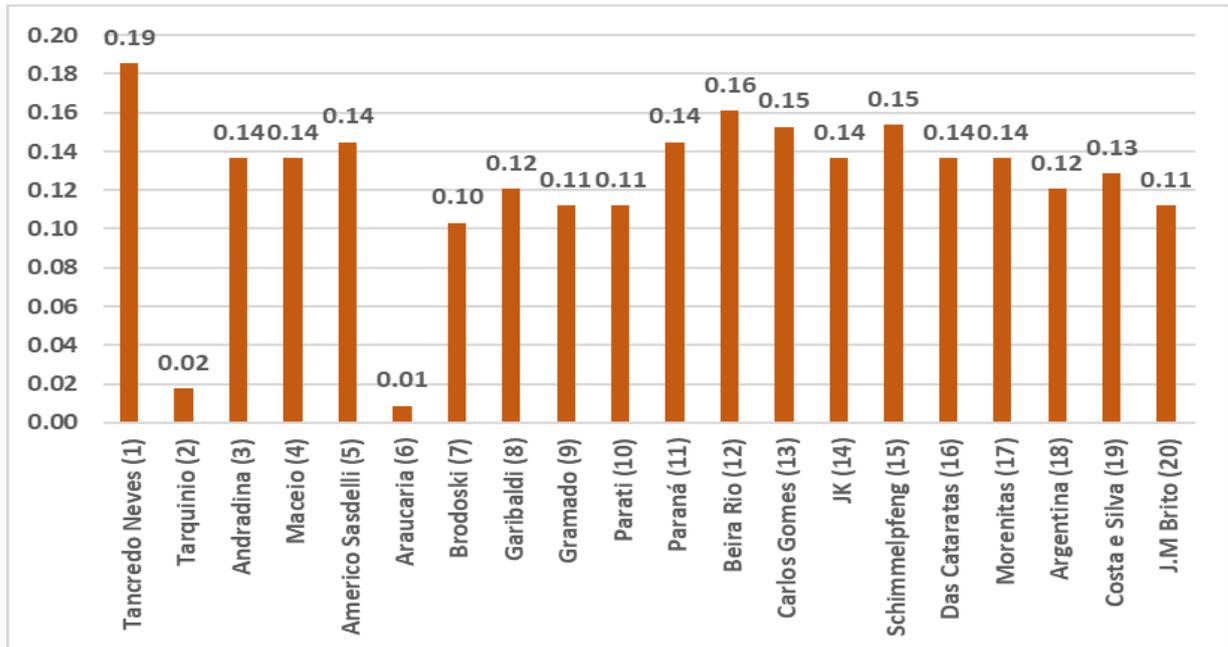
Según la figura 5.2, se observa que las avenidas "Tarquínio Santos", "Américo Sasdelli", "Araucaria", "Brodoski", "Garibaldi", "Gramado", "Das Cataratas", "Costa Silva" y "J. M. Brito" presentan una insuficiencia en el nivel de servicio de su infraestructura, lo que limita significativamente la interacción entre las distintas líneas de transporte que operan en esa zona.

Además, es probable que estas limitaciones afecten negativamente la calidad de vida de los habitantes de la zona, ya que podrían tener dificultades para acceder a servicios y oportunidades ubicados en otras partes de la ciudad. Por lo tanto, es importante que se tomen medidas para mejorar la infraestructura y el nivel de servicio en estos corredores, con el fin de potenciar la movilidad y la conectividad de la zona.

En cuanto al requerimiento de accesibilidad, se han observado resultados menos favorables en la mayoría de los corredores evaluados. Este resultado indica una clara deficiencia en la infraestructura urbana para mejorar la calidad de movilidad, especialmente en lo que respecta a la accesibilidad para personas con discapacidad.

La normativa ABNT NBR 9050:2004 es una regulación nacional vigente que establece los criterios y parámetros técnicos para la accesibilidad en el país. Los resultados obtenidos indican que se necesitan mejoras significativas en la infraestructura urbana de la ciudad evaluada para cumplir con los requisitos de esta normativa y garantizar la accesibilidad adecuada para todas las personas, independientemente de sus capacidades. Esto es fundamental para lograr una ciudad más inclusiva y sostenible en términos de movilidad.

La figura 5.3 exhibe los resultados del análisis del cumplimiento del requerimiento de accesibilidad en cada uno de los corredores examinados., se puede apreciar que existen dos corredores – Tarquinio y Araucaria – que indica una notoria deficiencia en la movilidad de las personas con discapacidad. El valor más alto alcanzado fue de 0.19, que se aproxima a lo que se considera un valor ideal para este requisito. Estos resultados ponen en evidencia la necesidad de mejorar la infraestructura urbana para garantizar el cumplimiento de la normativa vigente en materia de accesibilidad.

Figura 5.3 – Índices de valor para acessibilidade.


Fuente: Autor (2023).

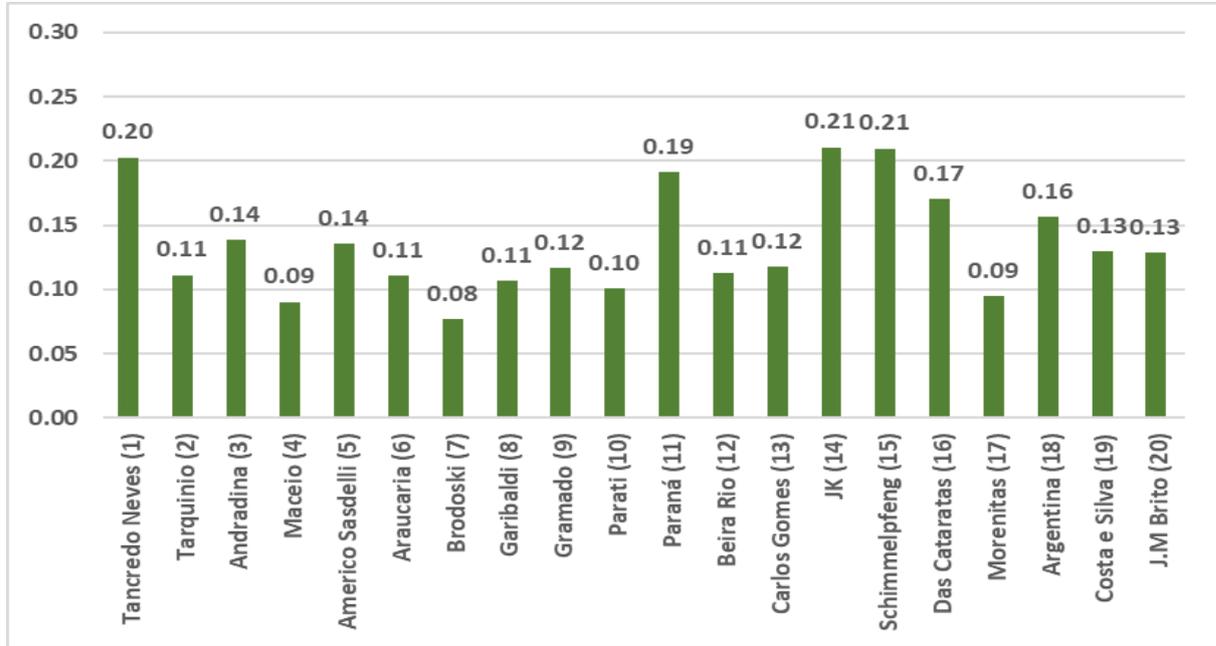
La baja accesibilidad en los corredores analizados puede generar diversas dificultades para las personas con discapacidad, como por ejemplo limitaciones para acceder a servicios y lugares de interés, mayor tiempo y esfuerzo para desplazarse, y en general, una mayor exclusión social. Además, esta situación puede resultar en un incumplimiento de las normativas nacionales e internacionales en materia de accesibilidad y derechos humanos.

Es importante destacar que la mejora de la accesibilidad en la infraestructura urbana no solo beneficia a las personas con discapacidad, sino que también contribuye a una ciudad más inclusiva, segura y sostenible, que promueve la participación y el bienestar de todas las personas, independientemente de sus capacidades.

El requerimiento de Movilidad fue evaluado mediante la consideración de múltiples aspectos, tales como la calidad de movilidad, la contaminación sonora, las interferencias de paso y la seguridad del trayecto, con una ponderación del 30%. Los resultados presentados en la figura 5.4 revelan que la mayoría de los corredores examinados alcanzan un índice de valor relativamente alto, indicando una buena calidad de movilidad en términos generales. No obstante, algunos corredores presentan deficiencias en aspectos específicos, como la contaminación sonora y las

interferencias de paso, lo que enfatiza la necesidad de implementar medidas precisas para mejorar estos aspectos y asegurar una movilidad óptima en dichos corredores.

Figura 5.4 – Índices de valor para movilidad.



Fuente: Autor (2023).

De acuerdo con la figura 5.4, en términos generales se puede apreciar que la gran mayoría de los corredores evaluados presentan un índice de valor bajo, cercano a 0.10 y 0.20, lo que indica que requieren intervenciones indispensables para mejorar la calidad de movilidad de los usuarios de dichas zonas. Aunque estos corredores presentan un índice de valor global similar al resto, se destaca la necesidad de llevar a cabo acciones específicas para abordar las problemáticas particulares de estos corredores y garantizar una movilidad más efectiva y eficiente en esas regiones

Finalmente, en las tablas 5.11 y 5.12 está representado un resumen de los resultados del índice de valor de forma global, por requerimiento y por criterio resumiendo los 20 corredores analizados para el caso Foz de Iguazú.

Tabla 5.11 – Resumen de los resultados del índice de valor de los 10 primeros corredores.

Índice de valor	N° de vía urbana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Global	0.88	0.35	0.68	0.64	0.51	0.32	0.38	0.45	0.42	0.48
Por Requerimiento										
Infraestructura urbana	0.49	0.23	0.41	0.41	0.23	0.20	0.20	0.23	0.20	0.27
Accesibilidad	0.19	0.02	0.14	0.14	0.14	0.01	0.10	0.12	0.11	0.11
Movilidad	0.20	0.11	0.14	0.09	0.14	0.11	0.08	0.11	0.12	0.10
Por criterio										
Estado físico del elemento	0.98	0.45	0.82	0.83	0.45	0.39	0.39	0.45	0.39	0.54
Cumplimiento de la normatividad	0.93	0.09	0.68	0.68	0.72	0.04	0.52	0.60	0.56	0.56
Peatón	0.07	0.04	0.04	0.04	0.05	0.42	0.07	0.04	0.05	0.06
Vehículo ligero	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Ciclista	0.09	0.07	0.09	0.02	0.09	0.09	0.03	0.04	0.03	0.03
Transporte público	0.50	0.22	0.29	0.22	0.29	0.22	0.15	0.26	0.29	0.22

Tabla 5.12 – Resumen de los resultados del índice de valor de los 10 últimos corredores.

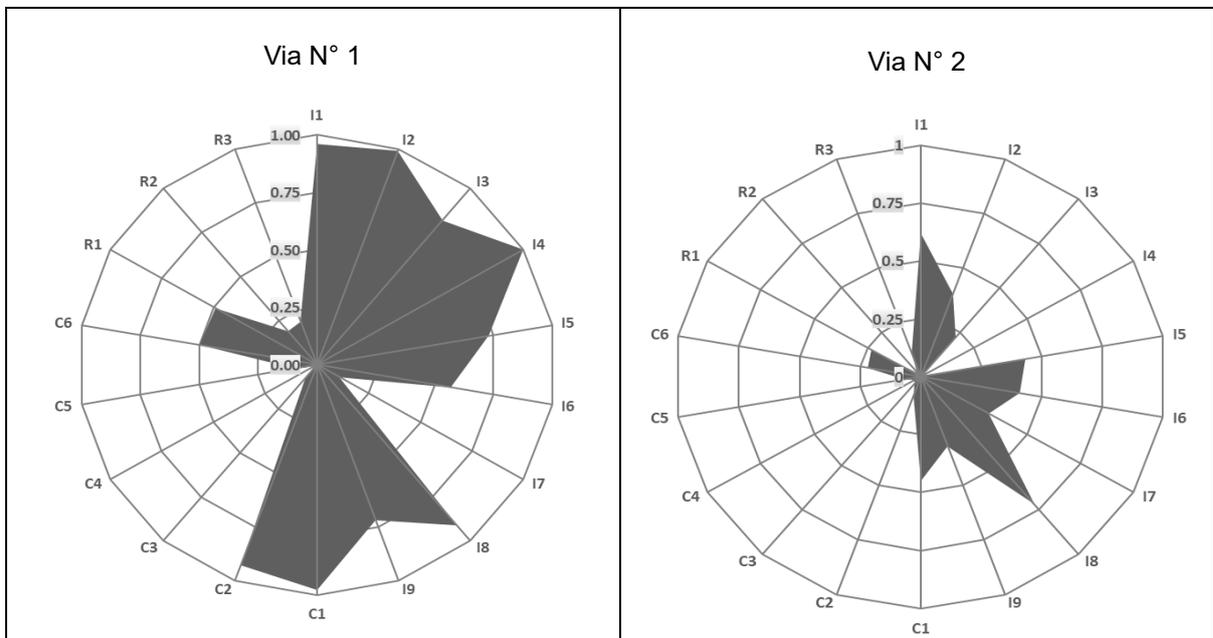
Índice de valor	N° de vía urbana									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Global	0.59	0.63	0.63	0.67	0.61	0.50	0.48	0.53	0.45	0.47
Por Requerimiento										
Infraestructura urbana	0.25	0.36	0.36	0.32	0.25	0.20	0.25	0.25	0.20	0.23
Accesibilidad	0.14	0.16	0.15	0.14	0.15	0.14	0.14	0.12	0.13	0.11
Movilidad	0.19	0.11	0.12	0.21	0.21	0.17	0.09	0.16	0.13	0.13
Por criterio										
Estado físico del elemento	0.50	0.72	0.72	0.65	0.50	0.39	0.50	0.50	0.39	0.50
Cumplimiento de la normatividad	0.72	0.80	0.76	0.68	0.77	0.68	0.68	0.60	0.64	0.56
Peatón	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.04	0.04
Vehículo ligero	0.06	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06	0.02	0.06	0.05	0.07
Ciclista	0.09	0.02	0.03	0.09	0.10	0.09	0.03	0.03	0.04	0.09
Transporte público	0.43	0.29	0.29	0.50	0.50	0.36	0.22	0.36	0.29	0.22

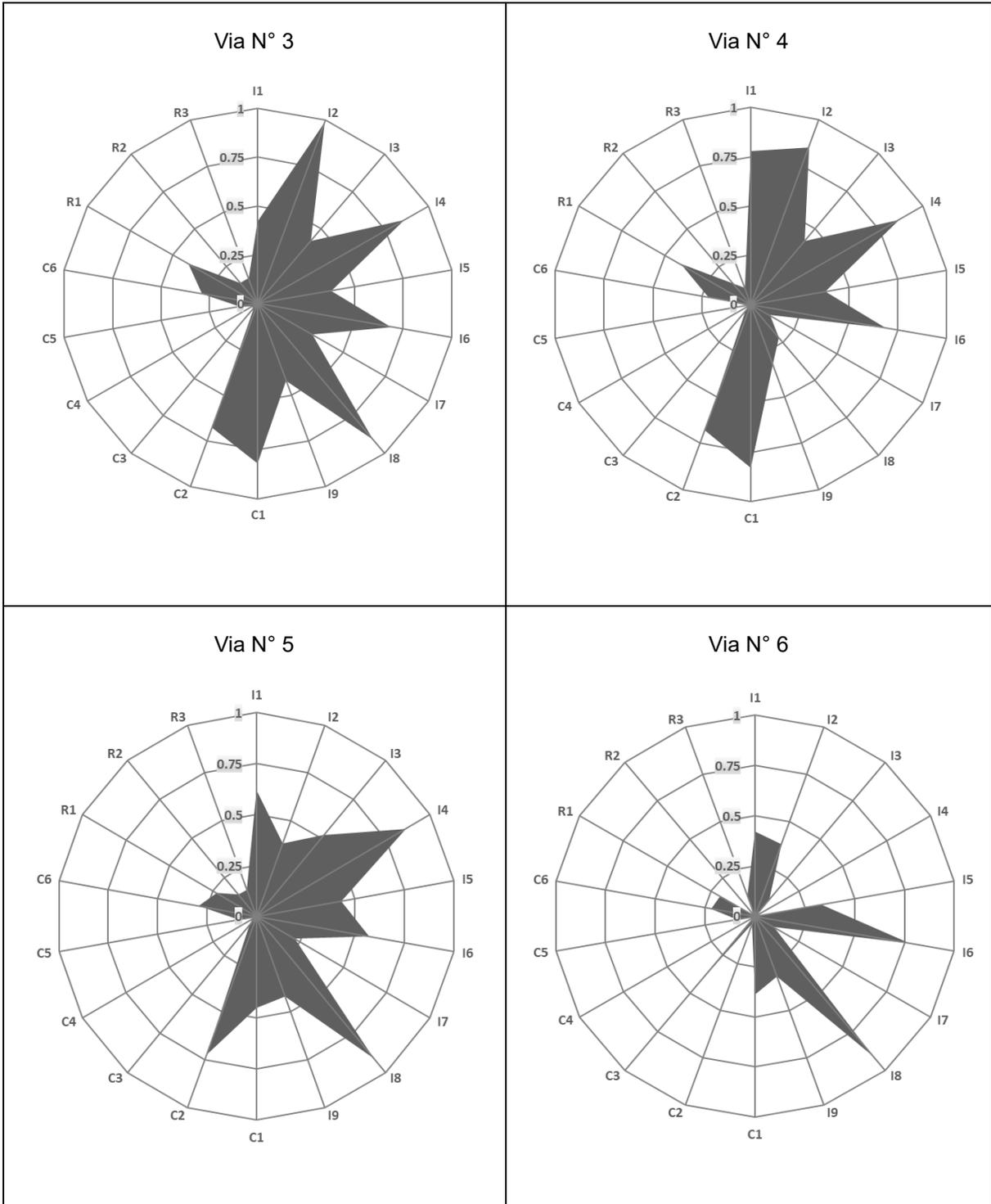
Fuente: Autor (2023).

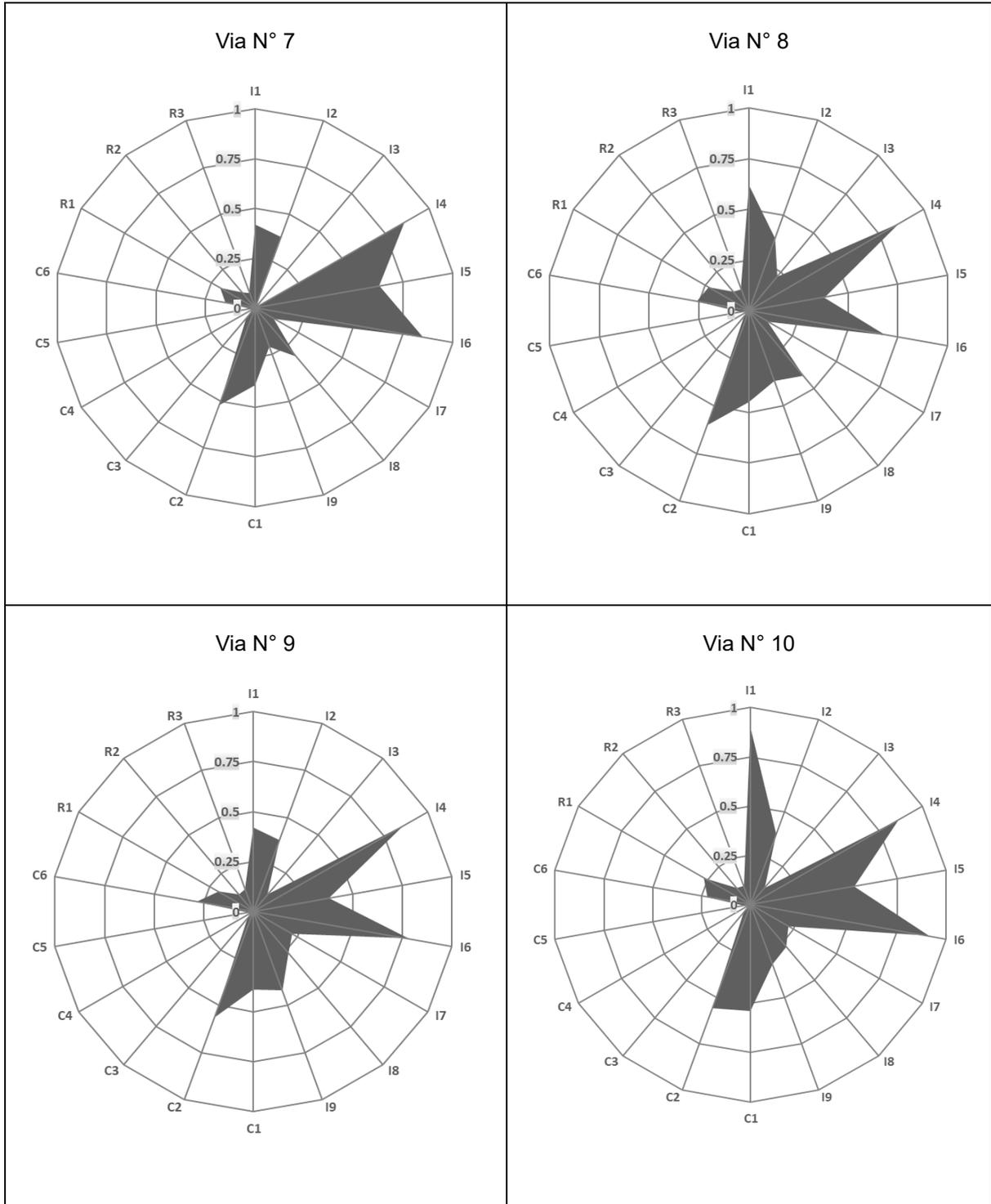
A continuación, se presentan figuras que muestran los valores obtenidos para cada indicador, criterio y requerimiento evaluado en tres escenarios diferentes: infraestructura urbana, accesibilidad y movilidad, para cada una de las vías analizadas. Estas figuras permiten visualizar la distancia entre el valor del índice de sostenibilidad obtenido para cada vía y el valor ideal propuesto en este estudio. Esto facilita la identificación de las fortalezas y deficiencias de cada vía en términos de su sostenibilidad. En los gráficos, los anillos exteriores tienen un intervalo de 0.25 y las líneas de borde de color guinda representan el valor ideal del índice de sostenibilidad.

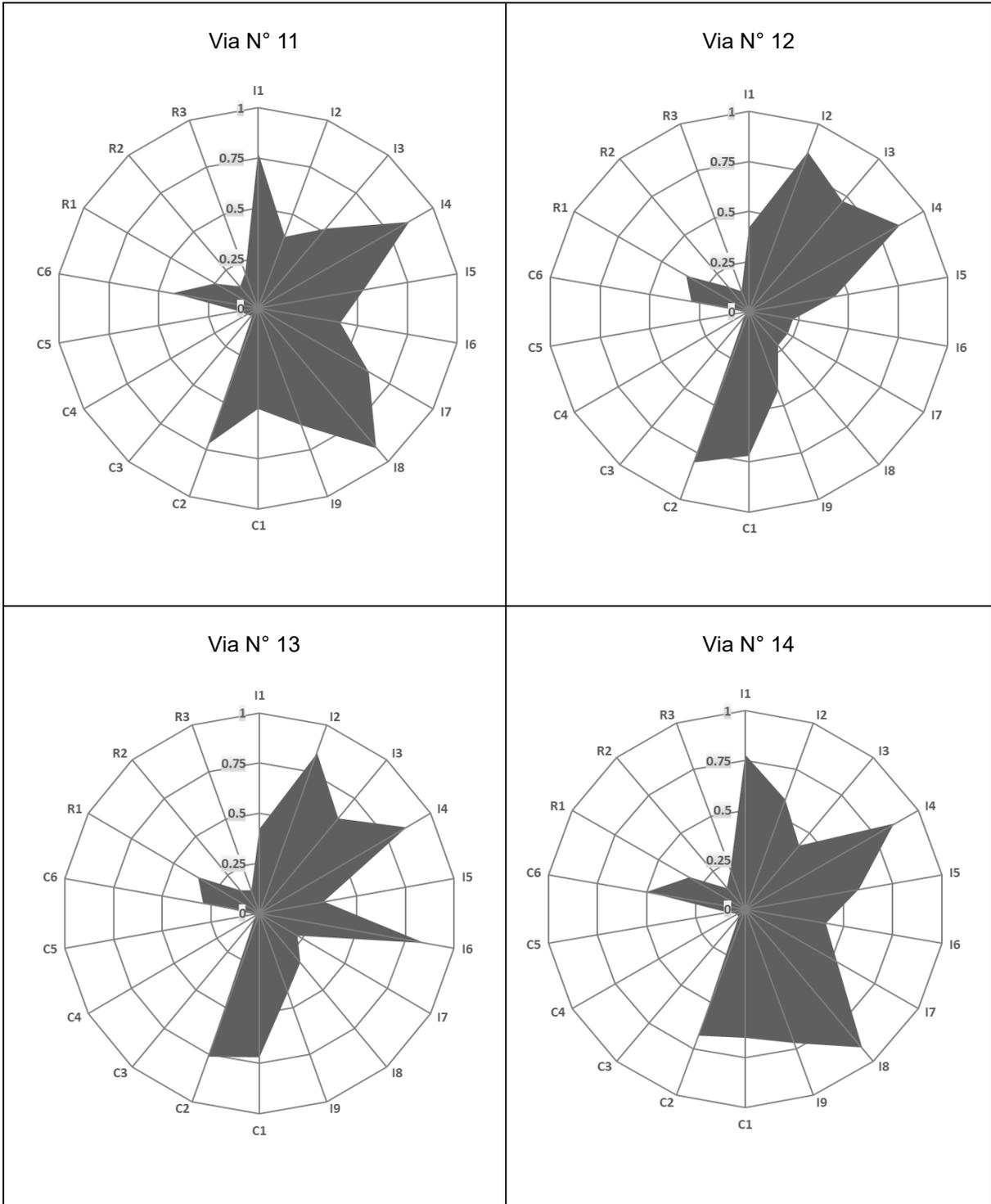
La figura 5.6 muestra una representación visual de la evaluación de las 20 vías que fueron analizadas en el estudio. Esta figura indica que las vías con un mayor número de anillos pintados y menos estrellas son aquellas que están en mejor estado y tienen menos deficiencias. Por otro lado, las vías con menos anillos pintados y más estrellas son las que están en peor estado y tienen mayores deficiencias. Esta representación gráfica facilita la identificación de las vías que necesitan mayor atención y mejora en su infraestructura y movilidad, con el objetivo de aumentar su índice de sostenibilidad y mejorar la calidad de vida de los usuarios de estas vías.

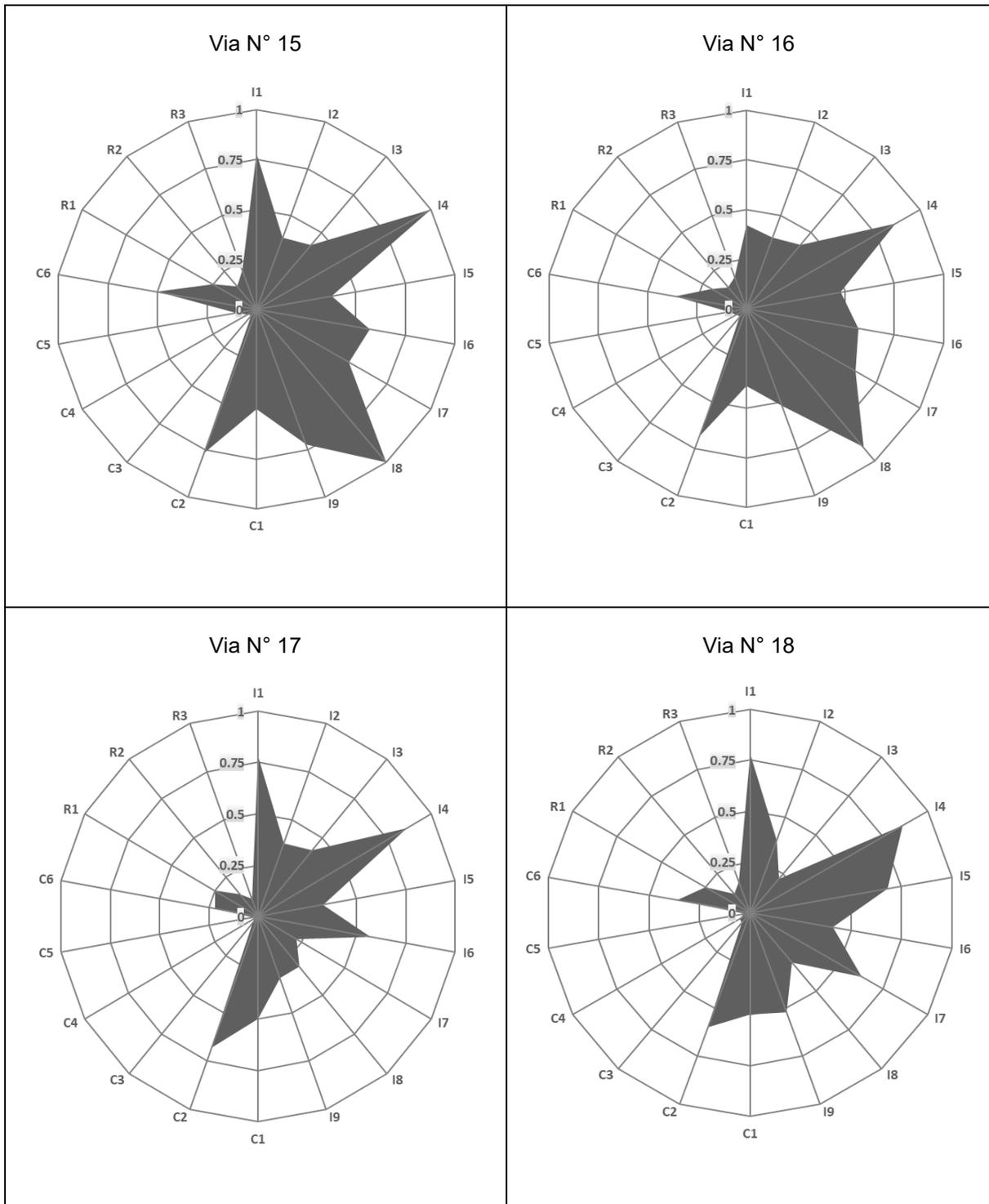
Figura 5.6 – Resultados de evaluación del índice de sostenibilidad.

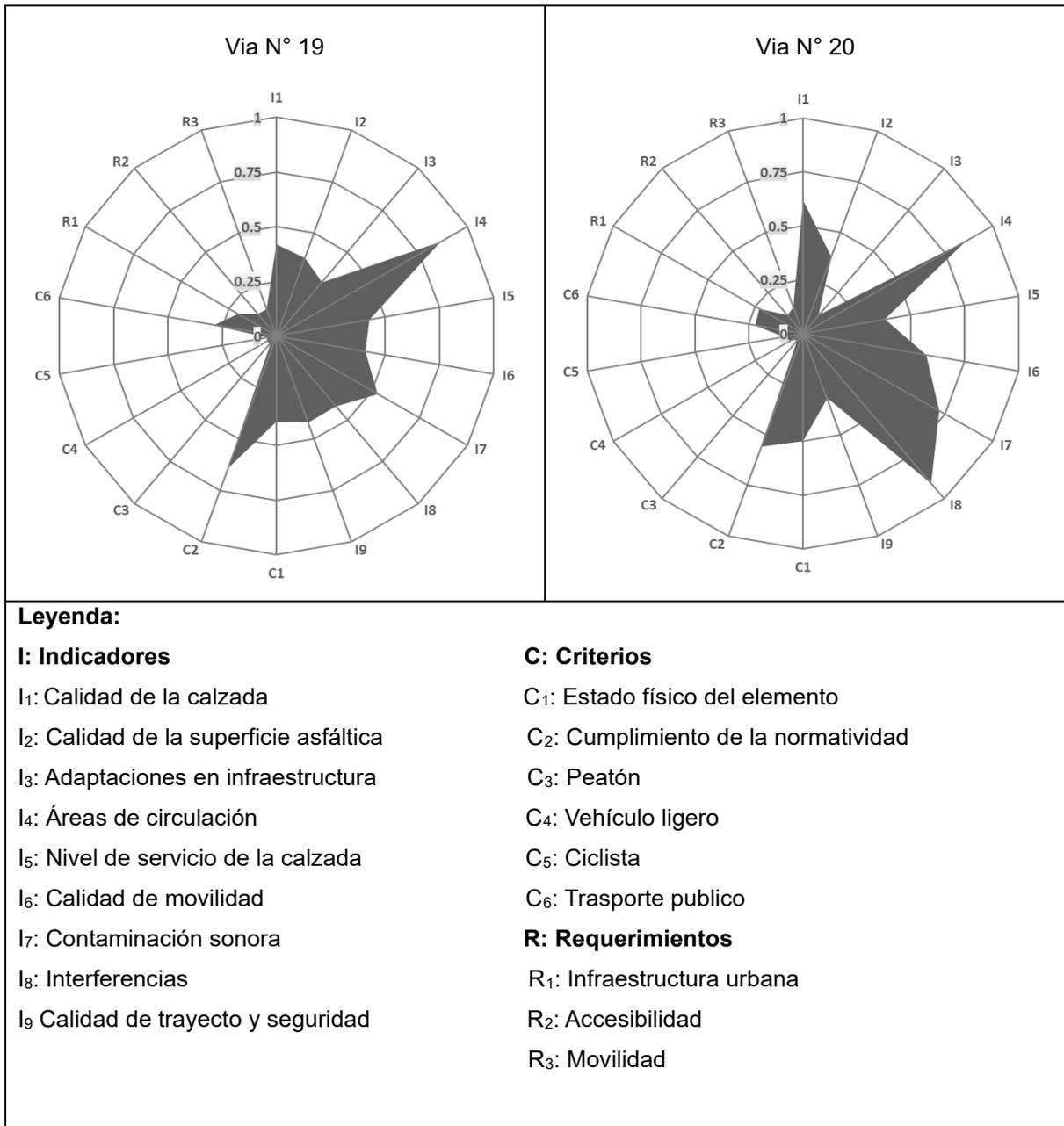












Fuente: Autor (2023).

6. CONCLUSIONES

Este trabajo de evaluación de la movilidad urbana referente al transporte público a través de una propuesta de mejora en el procedimiento para evaluar componentes urbanos, ha permitido identificar fortalezas y debilidades en cada corredor y medir el índice de sustentabilidad de la ciudad. La aplicación de nuevas configuraciones dentro de las metodologías utilizadas, junto con el uso de herramientas como AHP, ha permitido no solo priorizar atributos, sino también cuantificar las respuestas de cada corredor.

Es importante destacar que el modelo matemático utilizado es de fácil aplicación, lo que permite priorizar actuaciones para mejorar la calidad de vida de los usuarios de cada corredor. Además, el estudio ha demostrado la facilidad de uso de la metodología y su aplicación en cualquier escenario, como fue aplicado para la ciudad de Foz de Iguazú.

El estudio también ha revelado la deficiencia en los componentes urbanos, especialmente en la zona metropolitana de Foz de Iguazú, donde se han identificado carencias en la infraestructura urbana en la mayoría de los corredores. Además, la accesibilidad presenta respuestas y resultados menos favorables para personas con discapacidad, y el transporte público presenta baja frecuencia en los tramos estudiados, lo que reduce significativamente la interconexión con otros sistemas modales. La contaminación también es un problema, ya que todos los corredores superan el límite permitido.

Finalmente, este estudio representa una combinación de diversas áreas de trabajo asociadas, y para el desarrollo de infraestructura urbana sostenible, es importante que la gestión pública invierta de forma paralela en todos los requerimientos y no solo en las avenidas principales y destinos turísticos. Se debe considerar la interconexión de todos los barrios de la zona, especialmente en el transporte público, para lograr una visión completa y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la protección del medio ambiente. Estos resultados pueden servir como punto de partida para futuros estudios y evaluaciones en el ámbito de la sostenibilidad de los corredores urbanos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050:2020 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO 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.

AGUIAR, S. (2011). **Dinámicas de la segregación urbana**. Movilidad Cotidiana En Montevideo. Revista de Ciencias Sociales. V. 24 N° 28.

AGUADO, A; CANO, A; DE LA CRUZ, M; GOMEZ, 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).

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). **Documento de Marco Sectorial de Transporte**. 2014.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). **Sistemas de transporte urbano en América Latina y el Caribe: lecciones y retos**. Octubre, 2019.

BANCO MUNDIAL. **Desarrollo Urbano: Panorama general**. Ciudad de Washington, Oct 06, 2022.

CAFISO, SALVATORE, ALESSANDRO DI GRAZIANO, HENRY KERALI, AND J ODOKI. 2002. **“Multicriteria Analysis Method for Pavement Maintenance Management.”** Journal of Transportation Research Record, no. 1816:73–85.

CASTELLO BRANCO, MARIA LUISA GOMES (2005). **Cidades médias no Brasil. In: Seminário Internacional. Cidades médias: dinâmica econômica e produção do espaço urbano**, 1.: Presidente Prudente: GASPERR, p. 1-19. 2005. 1 CD-ROM.

CERVERO, ROBERT (1998). **The Transit Metropolis: A Global Inquiry**. Washington D.C. Island Press. ISBN: 1-55963-591-6.

CHEN, S., JIANG, Y., LUI, Y. & DIAO, C. (2012). **Cost constrained mediation model for analytic hierarchy process negotiated decision making**. Journal of MultiCriteria Decision Analysis, 19, 3-13.

CIVITAS (2012). CIVITAS. **Obtenido de:** http://www.civitas.eu/sites/default/files/civitas_lflt_es_web.pdf. Acceso: 20/02/2023.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA (CEPAL). **Las nuevas funciones urbanas: gestión para la ciudad sostenible. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos**. Santiago de Chile, abril de 2002.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA (CEPAL). **Transporte y Desarrollo en América Latina**, Vol. I, No. 1. (2018). ISSN: 2610-7937

CONTRERAS, E. Y PACHECO, J. F. (2007). **Evaluación Multicriterio para Programas y Proyectos Públicos**.

COSTA, J. E.; SANTOS, V. (2006). **O desenvolvimento do sistema integrado de transporte coletivo de Aracaju e suas contradições**. Candeieiro, 9. 77-83 p.

D. WARD (1964). «**A Comparative Historical Geography of Streetcar Suburbs in Boston, Massachusetts and Leeds, England. 1850-1920**», Annals of the Association of American Geographers, 54.

DANIELS P. W y WARNE A. M. (1983). **Movimiento en ciudades. Transporte y Tráfico urbanos**. Colección Nuevo Urbanismo 37. Edición española. Madrid, España. 607 pp.

DUARTE, C. F. (2006). **Forma e Movimento**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley: Ed. PROURB.

FACUA. (2007). facua. (F. Andalucía, Ed.) **Obtenido de:** <http://www.facua.org/es/guia.php?id=77>. Acceso: 25/02/2023.

FARIAS, L. (2012). **El transporte público urbano bajo en carbono en América Latina, Innovación ambiental de servicios urbanos y de infraestructura: Hacia una economía baja en carbono**. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. (2001). **Transporte público urbano**. São Carlos: Rima. 367p.

FOZ DO IGUAÇU (PR). **Prefeitura**. 2013. Disponível em: <http://www.pmfi.pr.gov.br>. Acesso: fev. 2023.

GARRIDO, RODRIGO H. (2001). **Modelación de sistemas de distribución de carga**. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.

GUTIÉRREZ, A. (2010). **Movilidad, transporte y acceso: una renovación aplicada al ordenamiento territorial**. (U. d. Barcelona, Ed.) Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, XIV (331).

HERNÁNDEZ, D. (2012). **El transporte público y los desafíos del bienestar. Movilidad y accesibilidad en sectores populares de la ciudad de Montevideo**. Tesis de doctorado en Arquitectura y Estudios Urbanos. Pontificia Universidad Católica de Chile.

IBGE. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 10 de julho de 2020**.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. SIPS - **Sistema de Indicadores**

de Percepção Social: mobilidade urbana - 2011/2012. 2.ed. Brasília: IPEA, 2011.

LEVY, J. (2000). **Os Novos Espaços da Mobilidade.** Universidade de Reims e Instituto de Estudos Políticos de Paris.

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.

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: 25/04/2023.

MIRALLES-GUASCH, C. (2002). **Ciudad y Transporte.** El binomio perfecto. Ariel Geografía. España.

MOLINERO ÁNGEL Y IGNACIO SÁNCHEZ ARELLANO, 1997: **Transporte público, planeación, diseño, operación y administración.** México: Universidad Autónoma del Estado de México, pp 7-8.

MOURA, ROSA; KLEINKE, Maria de Lourdes Urban. **Espacialidades de concentração na rede urbana da Região Sul.** Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, n. 95, pp. 3-25, jan./abr.1999.

MUNDA, G. (1993). **Información difusa en los modelos de evaluación multicriterio Ambiental.** (Tesis de Doctorado). Ámsterdam: Universidad Libre de Ámsterdam.

NACIONES UNIDAS. **Perspectivas de la urbanización mundial.** Nueva York: ONU, 2018a.

NACIONES UNIDAS. **Ciudades sostenibles, movilidad humana y migración internacional.** Nueva York: ONU, 2018b.

NACIONES UNIDAS. **Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo.** Nueva York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU, 2018c.

NETO, OSWALDO LIMA (2004). **Um novo quadro institucional para os transportes públicos: condição sine quanon para a melhoria da mobilidade e acessibilidade metropolitana.** In E. Santos e J. Aragão (Orgs.), Transporte em tempos de reforma: estudos sobre o transporte urbano (pp. 193-216). Natal-RN, Editora: EDUFRN.

OBREGÓN-BIOSCA, SAÚL (2010), “**Estudio comparativo del impacto en el desarrollo socioeconómico en dos carreteras: Eix Transversal de Catalunya, España y MEX120, México**”, Economía Sociedad y Territorio, X (32), El Colegio Mexiquense, a. c., Zinacantepec, pp. 1-47.

RABAZA, JERÓNIMO (2009), “**Tamaño vehicular óptimo para el servicio público de superficie**”, tesis de grado de ingeniería, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). **Obtenido de:** <http://www.rae.es/>. Acceso: 20/01/2023.

SAATY, T. AHP: **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill (1980).

SAINZ Z., R. O., ÁLVAREZ V., R Y HENRÍQUEZ A., F. (2012). **Objetivos múltiples para la evaluación del desempeño de centros de investigación**.

SANT'ANNA, J. A. (2002). **AUTOBUSES URBANOS: Sistemas modernos y tradicionales en el Mercosur ampliado**. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DA MOBILIDADE URBANA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICO - SIMOB/ANTP. **Relatório geral 2018**. Mayo de 2020.

SPAGGIARI, P. L. (1990) **I trasporti nella citta del futuro**. En A. Gasparini, & P. Guidicini (Eds.). Innovazione tecnologica e nuevo ordine urbano (pp. 78-92) Milán: Franco Angeli.

TEJADA, J. M. (2002). **El Transporte Colectivo Urbano: Aplicación del Enfoque de Sistemas para un mejor Servicio**. FERMENTUM, 285-302.

THOMPSON, J M. (1976) **Teoría económica del transporte**. Ed. Alianza Universidad. Madrid, España.

TOSKANO H., G. B. (2005). **El Proceso de análisis jerárquico como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores**. Monografía. Facultad de Ciencias Matematicas. E.A.P. de Investigacion Operativa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

URIBE T., D. A. (2001). **La evaluación multicriterio y su aporte en la construcción de una función de valor económico total para los bosques en piedras blancas**. (Tesis de Maestría en Bosques y Conservación Ambiental). Medellín: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

VASCONCELLOS, Eduardo de Alcântara (2013). **Políticas de transporte no Brasil. A construção da mobilidade excludente**. 1.ed. São Paulo. Editora: Manole.

VILLEGAS, N. (2009). **Análisis de valor en la toma de decisión aplicado a carreteras**. Tesis doctoral, Universidad Politecnica de Cataluna UPC. Departamento de Caminos, canales y puertos de Barcelona

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. (2009). MIVES: **Modelo integrado de valor para evaluaciones de sostenibilidad** – ICSMM 2009. Universidad Politécnica de Cataluña. II Congrés internacional de Mesura i modelització de la sostenibilitat ICSMM 2009. Barcelona. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/files/2022/02/Articulo-MIVES.pdf>. Acceso: 23/04/2023.

8. APENDICE I

INFORMACIÓN GENERAL					
Nombre de la avenida				Perfil de la vía (marque con "x")	
Distancia analizada (km):				Comercial	Turístico
Fecha del levantamiento:				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Horario levantamiento	Inicio:			<input type="checkbox"/>	Residencial
	Conclusión:			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
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 con 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
Fecha del levantamiento:				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Horario levantamiento	Inicio:			<input type="checkbox"/>	Residencial
	Conclusión:			<input type="checkbox"/>	
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)		
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:		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
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					

<i>Parámetro: sombreadamiento</i>			
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		
<i>Parámetro: presencia de radares</i>			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
Si	25		
No	0		
<i>Parámetro: interrupciones de vehículos ligeros al peatón</i>			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
sin interrupciones	15		
entre 1 y 5	5		
Más de 5	0		
<i>Parámetro: Porcentaje de vehículos ligeros</i>			
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		
<i>Parámetro: ciclovía</i>			
Grado de cumplimiento	Ponderación	Nivel de cumplimiento (puntos)	
El tramo considera ciclo vía	50		
El tramo no considera ciclo vía	0		

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