



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SISTEMAS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION DE OPERACIONES

www.bdigital.ula.ve

**“Uso de Lógica Difusa para la Evaluación del Impacto del
TROLMÉRIDA en la Calidad del Transporte Público ”**

POR: JOAN VILORIA

PROYECTO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE LOS ANDES COMO REQUISITO FINAL PARA
OPTAR AL TITULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

TUTOR:
PROF. SEBASTIÁN MEDINA

DICIEMBRE DE 2005

www.bdigital.ula.ve

A Mireya...

A quien debo todo cuanto soy y seré.

Agradecimientos

Agradezco cuantiosamente al carísimo Prof. Sebastián Medina
mucho más que un tutor.

A todos los Expertos y demás personas que colaboraron
para la realización de este trabajo de investigación.

www.bdigital.ula.ve

Resumen

En este trabajo de investigación se estudian, adecuan y aplican las metodologías basadas en Lógica Difusa desarrolladas por los catedráticos Jaime Gil Aluja y Arnold Kaufmann en el ámbito de la gestión de expertos, para evaluar el impacto del TROLMÉRIDA en la calidad del sistema de transporte público de pasajeros (STPP) del área metropolitana de Mérida. Lo que implica la adquisición del conocimiento *Subjetivo* de expertos en el área de transporte, este conocimiento subjetivo se cuantifica y manipula con el uso de algunas herramientas que aporta la antedicha metodología y a partir de él: se desarrolla un instrumento para evaluar la calidad de un STPP; se estudia el comportamiento de las relaciones entre las principales variables que componen un STPP y se evalúa la calidad del STPP de Mérida en dos escenarios: uno que representa la situación actual de éste y otro que representa una situación futura, en la que el STPP de Mérida está conformado por el TROLMÉRIDA y las rutas alimentadoras.

Palabras Clave: Lógica Difusa, Incertidumbre, Expertones, Efectos Olvidados

Índice general

I	Generalidades	1
1.	Introducción	2
1.1.	Introducción	2
1.2.	Antecedentes de la investigación	4
1.3.	Planteamiento del problema	5
1.4.	Justificación e importancia de la investigación	5
1.5.	Objetivos	6
1.5.1.	Objetivo general	6
1.5.2.	Objetivos específicos	6
1.6.	Métodos y herramientas	7
1.7.	Delimitación del estudio	8
II	Marco Teórico y Metodológico	10
2.	Lógica difusa	11
2.1.	Lógica Difusa	11
2.2.	Conjuntos difusos	13
2.3.	Funciones de Pertenencia	14
2.3.1.	Números Difusos	14
2.4.	Teoría de la Incertidumbre	15
2.4.1.	Evaluación y Valuación	17

2.4.2.	Expertizaje	18
2.4.3.	Expertones	18
2.4.4.	R± Expertones	25
2.5.	Efectos Olvidados	27
3.	Transporte	35
3.1.	Sistema de transporte público de pasajeros (STPP).	36
3.2.	Calidad.	37
3.2.1.	Calidad de un sistema de transporte público de pasajeros.	37
3.2.2.	Conformación de los Indicadores de Calidad	39
3.3.	Sistema actual de transporte público de pasajeros de Mérida.	44
3.4.	Sistema Futuro de transporte público de pasajeros para Mérida.	46
3.4.1.	Descripción del STPP futuro de Mérida.	47
III	Expertizaje	50
4.	Expertizaje	51
4.1.	Expertos	51
4.2.	Estudio de las variables de un STPP y sus interrelaciones	52
4.2.1.	Definición de las Variables	52
4.2.2.	Efectos olvidados	55
4.3.	Instrumento evaluador de la Calidad de un STPP	62
IV	Evaluación de la Calidad	66
5.	STPP Actual	67
5.1.	Calidad del STPP de Mérida en el escenario actual	67
5.1.1.	Evaluación de las variables	67
5.1.2.	Conversión de variables ordinarias a variables difusas	68

5.2. Construcción de Expertones	71
5.2.1. Indicador de productividad	71
5.2.2. Indicador de nivel de servicio	73
5.2.3. Indicador de calidad del servicio	74
5.2.4. Indicador de tarifa	77
5.3. Evaluación de la calidad del STPP actual de Mérida	77
5.3.1. Evaluación de la calidad del STPP actual de Mérida	79
6. Escenarios futuros	82
6.1. Escenario futuro A del STPP de Mérida	83
6.1.1. Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro A	83
6.1.2. Evaluación de las variables	83
6.1.3. Conversión de variables ordinarias a variables difusas	84
6.1.4. Construcción de Expertones	87
6.1.5. Evaluación de la calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro A	92
6.2. Escenario futuro B del STPP de Mérida	94
6.2.1. Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro B	94
6.2.2. Expertizaje	95
6.2.3. Valuación de las variables	96
6.2.4. Diseño de las variables difusas	97
6.2.5. Construcción de Expertones	99
6.2.6. Evaluación de la Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro B	100
V Conclusiones	103
7. Conclusiones	104
7.1. Conclusiones	104
7.2. Recomendaciones	107

Bibliografía	109
A. Expertos	113
A.1. Expertos Consultados	113
B. Algoritmos	116
B.1. Algoritmo I. Construcción de Expertones	116
B.2. Algoritmo II. Cálculo de R_{\pm} -Expertones	122
B.3. Algoritmo III. Para el cálculo de los efectos olvidados	123

www.bdigital.ula.ve

Indice de Tablas

2.1.	M^1 . Matriz de causas-efectos o de efectos directos	28
2.2.	M^2 . Matriz de causas-causas o de efectos de primera generación.	30
2.3.	M^3 . Matriz de efectos-efectos o de efectos de primera generación.	30
4.1.	Matriz M^1 : Matriz de efectos de la primera generación. Causas-Efectos . . .	57
4.2.	Matriz de efectos de la primera generación. Causas-Causas	58
4.3.	Matriz de efectos de la primera generación. Efectos-Efectos	59
4.4.	Matriz de los efectos de segunda generación	61
4.5.	Incidencia de las variables sobre el indicador de Productividad	64
4.6.	Incidencia de las variables sobre el indicador de Nivel de Servicio	64
4.7.	Incidencia de las variables sobre el indicador de Calidad del Servicio	65
4.8.	Incidencia de las variables sobre el indicador de Tarifa del Servicio	65
4.9.	Incidencia de los Indicadores sobre la Calidad del STPP	65
5.1.	Variables que componen el STPP actual	69
5.2.	Variables difusas	80
5.3.	Variables difusas normalizadas	81
6.1.	Variables que componen el escenario futuro A.	84
6.2.	Variables difusas	85
6.3.	Variables difusas normalizadas	86
6.4.	Variables difusas	98

Indice de figuras

- 2.1. Representación gráfica de la variable difusa presión arterial. 15
- 2.2. Representación gráfica de las propiedades de un número difuso 16
- 2.3. Representación gráfica de las relaciones de incidencia de un par de variables. 29

www.bdigital.ula.ve

Parte I

Generalidades

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 1

Introducción

En el presente capítulo se describen las generalidades y características de este trabajo de investigación.

www.bdigital.ula.ve

1.1. Introducción

En el aspecto más general la información siempre manifiesta el acontecer de los hechos del pasado y el presente, e incluso de los del futuro. Si la información puede ser medida con alguno de los medios con que dispone la ciencia se dice que es *objetiva*, aunque también con frecuencia se le considera objetiva si es aceptada por un poderoso o numeroso grupo de personas, en el extremo opuesto esta la *subjetiva* que hace referencia a un individuo o unos pocos. Se puede decir que el conocimiento es el resultado de la experiencia o del razonamiento sobre la experiencia de uno, algunos o muchos hombres. Según el catedrático de la Universidad de Barcelona, Dr. Jaime Gil Aluja [Kaufmann and Gil Aluja, 1993], el conocimiento no puede catalogarse nunca como perfectamente objetivo pues éste es producto de modelos construidos por nuestra mente y dichos modelos comparados de un individuo a otro pueden llegar a ser muy diferentes; a partir de esto pudiéramos pensar que el co-

nocimiento se debate entre los contrarios de la objetividad y subjetividad. Por lo que la ciencia ha tenido que recurrir a desarrollar nuevas técnicas que le den versatilidad para poderse adecuar a los diferentes ámbitos entre lo subjetivo y objetivo que domina el mundo en el que vivimos, a raíz de esta necesidad nace la metodología en que se sostiene esta investigación: *La Lógica Difusa*.

Con la ambición de contribuir al afianzamiento del conocimiento del espectro que separa (o une) lo objetivo de lo subjetivo, en esta investigación se estudia la metodología del Dr. Gil Aluja y se realiza la aplicación de los métodos que propone al estudio de la *Calidad* de un complejo sistema socioeconómico, un *Sistema de Transporte Público de Pasajeros* (STPP) y específicamente a la evaluación del impacto del TROLMÉRIDA en la calidad del STPP de Mérida.

La investigación está compuesta por cinco partes:

La primera parte la compone el capítulo introductorio, en él se describen las generalidades del trabajo de investigación, como el problema planteado, los objetivos propuestos, las delimitaciones de la investigación entre otras.

La segunda engloba los capítulos ?? y 3, es el marco teórico y metodológico. En el capítulo ?? se presentan los fundamentos de la lógica difusa, los conjuntos y números difusos, las funciones de pertenencia; se hace una introducción a la teoría de la incertidumbre y el desarrollo de los métodos a emplear para alcanzar los objetivos propuestos. En el capítulo 3 se habla sobre las generalidades del transporte, se define la calidad de un STPP y las variables que lo componen y se explica en detalle cómo es el STPP actual en Mérida y el planificado a futuro.

La tercera parte está representada por el capítulo 4, en él se desarrolla la técnica del expertizaje para cumplir con los objetivos del diseño del instrumento evaluador de la calidad de un STPP y del estudio de las relaciones de las variables que lo componen.

La cuarta parte consta de los capítulos 5 y 6, es la evaluación de los escenarios propuestos, usando el instrumento evaluador de la calidad de un STPP desarrollado en el capítulo anterior. En el capítulo 5 se miden las variables que componen el STPP actual de Mérida y se evalúa su calidad; en el capítulo 6 se evalúa la calidad del futuro STPP de Mérida (es decir, con el TROLMÉRIDA implantado) por dos vías distintas, la primera a partir de la evaluación de las variables que lo componen y la segunda a partir de un expertizaje.

Finalmente en la quinta parte se describen las conclusiones generadas a partir de la investigación, así como algunas recomendaciones pertinentes.

1.2. Antecedentes de la investigación

La lógica difusa, ha sido muy utilizada en las últimas décadas, tanto a nivel mundial como en nuestro país, para el estudio y solución de problemas en diversas áreas del saber y la ciencia, pero su empleo ha sido mucho más reciente para el estudio de ambientes con incertidumbre, para la toma de decisiones y la gestión de expertos, véase por ejemplo [López, 2000, Lira M., 2000]; se propone esta investigación hacer uso de ella aplicándola a un sistema socioeconómico complejo como lo es el sistema de transporte público de pasajeros, planteando diversos escenarios donde algunos de ellos pueden evolucionar en el tiempo.

Desde que en la ciudad de Mérida se plantea la posibilidad de implantar un nuevo sistema de transporte, se han desarrollado en nuestra Universidad (véase [Vásquez, 2005, Terán, 2003, Calderas, 2001]) y en otras instancias (véase [SYSTRA et al., 1999, ALG Group et al., 2000, CARB Consultores, 2003]) diversas investigaciones con el fin de estudiar y simular dicho planteamiento. Se espera que esta investigación pueda hacer un aporte al cúmulo de conocimientos en esta materia, existentes en la región y sirva como

punto de partida a otras, que desemboquen en su materialización para un beneficio colectivo.

1.3. Planteamiento del problema

Es de una dificultad considerable poder medir, ponderar o evaluar la *calidad* de algo, pues el término calidad por si solo no dice mucho, debe medirse la *calidad* en términos de ciertas propiedades, pero la dificultad pudiera verse incrementada al referirse a la *calidad* de un sistema complejo, compuesto por innumerables variables y más aun si no se tiene claro sobre cuáles propiedades debe medirse ésta, como es el caso de un STPP, el problema pudiera llegar a maximizarse cuando el sistema en estudio se vea evolucionar en el tiempo y se posicione en una situación futura (totalmente cargada de incertidumbre, por el hecho de estar en el futuro) y se pretenda aun medir la *calidad* de él, situación ésta que queda claramente ilustrada al referirse al futuro STPP de Mérida y su calidad a partir de la implantación del TROLMÉRIDA.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

En la actualidad en nuestro país se llevan a cabo simultáneamente la implementación de diversos tipos de sistemas de transporte, entre ellos trenes, metros y trolebuses que en conjunto apuestan al desarrollo de la nación y al beneficio de la sociedad venezolana. La implantación del TROLMÉRIDA como un nuevo STPP es, sin ninguna duda, el proyecto de su tipo de mayor envergadura llevado a cabo en los andes venezolanos y es para la colectividad merideña el tema de mayor vigencia y discusión en los últimos tiempos. Se considera lícita y pertinente cualquier investigación que pueda hacer aportes, de cualquier tipo, a un tema de tanta trascendencia e importancia para la nación y en especial la región.

La metodología empleada es excelente para el estudio de escenarios o ambientes con incertidumbre y trabajar con conocimiento subjetivo; situaciones éstas que depara el problema planteado.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Adecuación y aplicación de las metodologías basadas en *Lógica Difusa* desarrolladas por Gil Aluja y Kaufmann en el ámbito de la gestión de expertos, para evaluar el impacto del TROLMÉRIDA en la calidad del STPP de Mérida.

1.5.2. Objetivos específicos

- Estudiar la bibliografía para documentarse sobre las áreas de lógica difusa y transporte público de pasajeros.
- Determinar, a partir de la bibliografía, el conjunto de variables que son de interés en el estudio de los STPP.
- Realizar entrevistas con personas expertas en el tema de transporte de pasajeros.
- Determinar las relaciones existentes entre las variables más representativas que definen el comportamiento de un STPP.
- Definir la *Calidad* de un STPP basado en un conjunto de indicadores.
- Diseñar y aplicar herramientas de tipo encuesta para que los expertos entrevistados valúen las interrelaciones entre las variables que definen un STPP y su ponderación

sobre los indicadores que conforman la calidad del mismo; así como, valorar dichas variables que definen el comportamiento actual y futuro del STPP de Mérida.

- Desarrollar los algoritmos de cálculo que requieren las metodologías de lógica difusa que se aplican en este trabajo.
- Programar los algoritmos desarrollados¹.
- Aplicar los algoritmos y programas desarrollados a la información recogida de los expertos mediante las herramientas tipo encuesta, con la finalidad de calcular los parámetros necesarios.
- Construir un instrumento de evaluación de la calidad de un STPP.
- Determinar el valor de las variables que componen los indicadores que definen la Calidad del STPP actual de Mérida y aplicar el instrumento de evaluación construido.
- Evaluar la calidad del STPP futuro de Mérida, cuando esté en funcionamiento el TROLMÉRIDA, a partir de la gestión de expertos y mediante el uso del instrumento de evaluación construido.

1.6. Métodos y herramientas

La metodología a utilizar es la propuesta por el Dr. Jaime Gil Aluja, que hace uso de la lógica difusa para el análisis de escenarios y la toma de decisiones en ambientes con incertidumbre, esta metodología permite la organización, identificación y manejo de los datos que, en cierto grado, reflejan las características, condiciones y comportamiento de un sistema, no amerita el manejo de grandes modelos matemáticos de los sistemas a estudiar

¹ La programación se realizará en el lenguaje de comandos de Octave, que es una herramienta similar en funcionalidad al Matlab, pero de fuente abierta (Open Source)

o de una precisión numérica estricta, en lugar de esto se hace uso de la experiencia y conocimiento (que puede ser subjetivo) de quienes son “expertos” en la materia de estudio, con el fin de reflejar la tendencia u orientación de las variables de interés que están asociadas al sistema, esta técnica se denomina *Gestión de Expertos* o *Expertizaje*.

El uso de las técnicas señaladas, implica también hacer uso de una herramienta matemática denominada *Expertones* que permite la agregación del conocimiento de los expertos consultados, con el fin de poder cuantificarlo y manejarlo matemáticamente para con él valorar variables y construir los escenarios e instrumentos necesarios.

Por último, el uso del método de los *Efectos Olvidados* que es una herramienta poderosa para determinar la complejidad de las relaciones existentes entre las variables que componen un sistema y que aporta información muy útil para entender el comportamiento del sistema en estudio.

www.bdigital.ula.ve

1.7. Delimitación del estudio

El desarrollo del estudio implica la realización de expertizajes, es decir, la consulta a expertos en el área de transporte, entendiendo por experto la persona facultada por sus conocimientos (comprobables) y/o experiencia en el área del transporte, que sea accesible y esté dispuesto a cooperar con la investigación, por lo que el número de expertos a consultar estará limitado nada mas que por el acceso a los expertos localizados y la disposición de los mismos.

Se considera como zona de interés para el estudio el área metropolitana de la ciudad de Mérida, que está compuesta por las jurisdicciones de los municipios Libertador y Campo Elías.

Teniendo en cuenta que el fin último de esta investigación no es el de un estudio de transporte con toda la rigurosidad que ello amerita, sino la aplicación de una metodología en particular a un problema de transporte y considerando la versatilidad que ésta tiene para el modelado de sistemas sin tener complicados modelos matemáticos y excesiva precisión en los datos, se contempla que para la evaluación de las muchas variables del STPP de Mérida, se puede recurrir a las diversas fuentes de datos que se amerite, teniendo en cuenta la implicación que la vigencia y precisión de los datos pueda influir en errores en los cálculos realizados.

www.bdigital.ula.ve

Parte II

Marco Teórico y Metodológico

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 2

Lógica difusa

Es este capítulo se desarrolla parte del marco teórico metodológico, todo lo concierne al conocimiento de la Lógica Difusa y la incertidumbre, necesario para sustentar los métodos a utilizar.

www.bdigital.ula.ve

2.1. Lógica Difusa

La lógica difusa se considera como una extensión de la lógica clásica, también puede ser vista como una lógica multievaluada pues contempla poder usar tantos valores como puedan existir en el intervalo $[0, 1]$. Su creación se adjudica al catedrático Lotfi A. Zadeh de la universidad de Berkeley, California, en 1965. Esta metodología permite manipular y procesar información ambigua, imprecisa o aproximada con la finalidad de generar modelos y obtener soluciones a problemas de diferente índole, se ha utilizado exhaustivamente en áreas como: control de procesos, predicciones de series de tiempo, sistemas neuro-difusos, metodologías de archivo y búsqueda en bases de datos, sistemas expertos, mantenimiento predictivo y gestión de expertos entre otras.

La lógica difusa ha proliferado en los últimos tiempos en diversas áreas debido a que los sistemas basados en ella son considerablemente sencillos y adaptables, con pocas variaciones de parámetros se adaptan fácilmente a casos particulares, de manera unificada se puede trabajar con expresiones lingüísticas y con datos numéricos, no requieren de algoritmos sofisticados para su implementación, pero su principal sustento es que facilita la manipulación de lo subjetivo y lo incierto, debido a que el razonamiento humano y el sentido común son aproximados y como nuestro lenguaje es impreciso, hacen que esto sea posible. Conociendo lo anterior podemos definir las siguientes premisas [López, 2000]:

- El razonamiento exacto es visto como un caso particular del aproximado, al igual que la lógica clásica lo es a la lógica difusa, esta última utiliza además de los clásicos cero (0) y uno (1) los valores contenidos entre ellos para representar grados medios de pertenencia.
- El decisor puede ubicar sus intervalos o conjuntos difusos en un campo de aproximación numérica, lo que permite una representación matemática fundamentada del proceso que se estudia.
- El decisor puede estimar la aproximación numérica en un intervalo de incertidumbre en donde se encontrará la media del proceso.
- El decisor puede proveer un protocolo en términos lingüísticos cualitativos, cuando no se pueda proveer estimados numéricos, esto además enriquecerá la perspectiva del investigador en su intento por lograr una identificación del sistema.
- Todo sistema lógico puede hacerse difuso, este postulado puede lograrse a través de la generalización de los conceptos de los conjuntos clásicos a conjuntos difusos con

límites difusos.

- En la lógica difusa, el conocimiento es interpretado como una colección de restricciones difusas de una colección de variables.
- La inferencia es vista como un proceso de propagación de restricciones, facilitando así la interpretación de los resultados de un fenómeno.

2.2. Conjuntos difusos

Un conjunto difuso A se define como una *Función de Pertenencia* que enlaza o empareja los elementos de un dominio o Universo de discurso X con los elementos del intervalo $[0, 1]$. Cuanto más cerca esté $A(x)$ del valor 1, mayor será la pertenencia del objeto x al conjunto A . Los valores de pertenencia varían entre 0 (no pertenece en absoluto) y 1 (pertenencia total) ([Klir and Yuan, 1995]).

Los subconjuntos difusos y otros conceptos que se derivan de ellos tienen como objetivo el tratamiento de datos y sistemas en los que una parte o la totalidad de los elementos que intervienen se conocen de una manera incierta y/o subjetiva ([Kaufmann and Gil Aluja, 1993]).

Los conjuntos difusos tienen su aplicación tanto en el campo continuo como en el discreto. Las operaciones y propiedades de los conjuntos difusos soportan las mismas operaciones y propiedades de los conjuntos clásicos, unión, intersección, negación, asociativa, distributiva, conmutativa, idempotencia, entre otras, existen operadores especiales para el uso de los conjuntos difusos denominados t-normas y t-conormas, de cualquier forma el soporte matemático que sustenta la metodología en estudio es bastante amplia, por lo que

para la presente investigación se expondrán los fundamentos básicos o necesarios.

2.3. Funciones de Pertenencia

Es la función que permite asignar un valor entre $[0, 1]$ (o grado de pertenencia) a cualquier elemento del dominio.

$$A : X \mapsto [0, 1]$$

Cualquier función A es válida, su definición exacta depende del concepto a definir, del contexto al que se esté refiriendo y de de la aplicación. En general, es preferible usar funciones simples, debido a que simplifican muchos cálculos y no pierden exactitud, debido a que precisamente se está definiendo un concepto difuso [Galindo G., 2002].

Las funciones de pertenencia más usadas son las de tipo triangular y las de tipo trapezoidal.

A manera de ejemplo, planteemos representar una variable difusa que simbolice la presión arterial de un ser humano, ésta estaría compuesta por cinco subconjuntos difusos, como se muestra en la figura ??.

2.3.1. Números Difusos

Un número difuso, puede ser interpretado como un subconjunto difuso sobre la recta real siempre que este sea un subconjunto normalizado, es decir que por lo menos uno de sus valores tenga pertenencia total al subconjunto

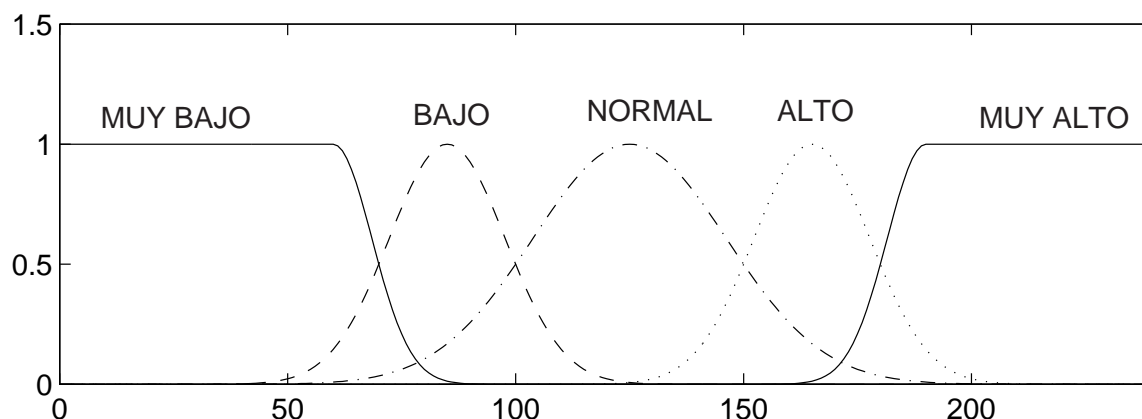


Figura 2.1: Representación gráfica de la variable difusa presión arterial.

Las propiedades de un número difuso son:

- **Función característica:** Función que devuelve para todo real el grado de pertenencia de éste al número difuso. Representada por: $A(x)$.
- **Alfa-corte a un nivel:** Intervalo real para el cual todos sus elementos pertenecen al número difuso con un nivel de confianza mayor o igual a α . Algebraicamente:

$$\forall \alpha \in [0, 1] : \{x \in \mathbb{R} \mid A(x) \geq \alpha\}$$

- **Soporte:** Alfa-corte de nivel cero. Representado por: $A(0)$.
- **Moda o uno-corte:** Alfa-corte de nivel uno. Representado por: $A(1)$.

2.4. Teoría de la Incertidumbre

En la presente investigación se usa parte de la metodología utilizada por el Dr. Jaime Gil Aluja, investigador de la Universidad de Barcelona, España, quien ha profundizado en

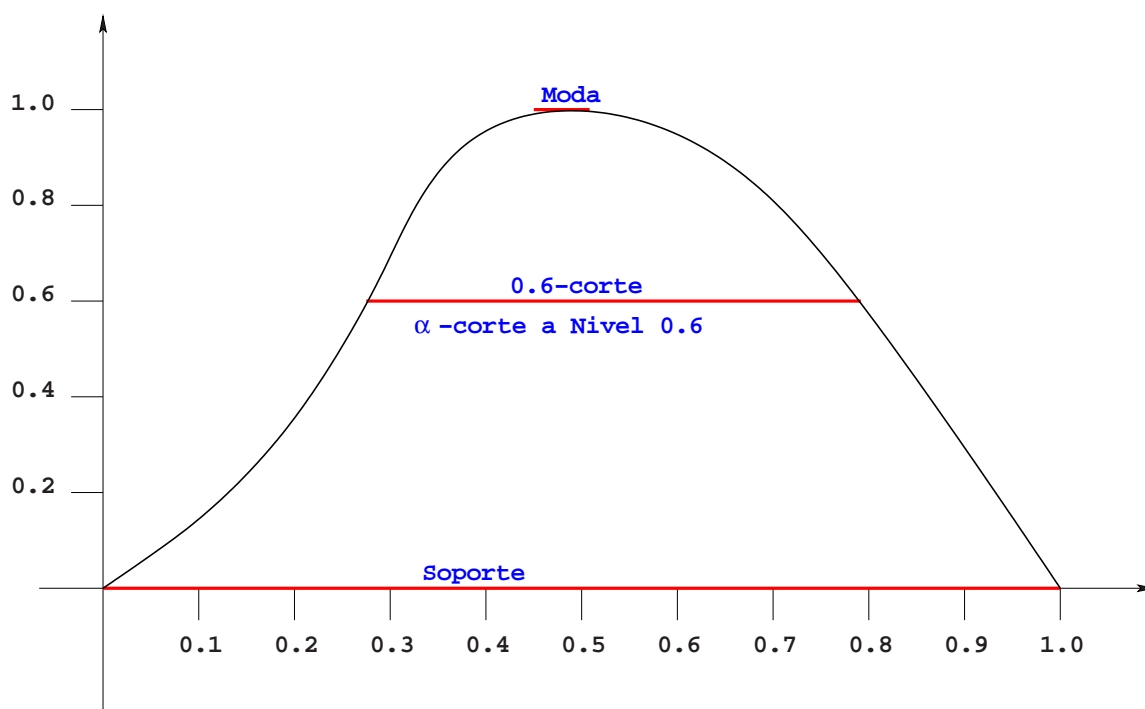


Figura 2.2: Representación gráfica de las propiedades de un número difuso

los estudios de la incertidumbre y la lógica que la sustenta, aportando mucho al soporte lógico-matemático que da base a nuevas técnicas de toma de decisiones en ambientes con incertidumbre. Aluja como uno de muchos científicos por más de dos mil años, notó la severidad y limitaciones del principio en el que se basa la lógica clásica, que es fundamento de gran parte de la ciencia moderna, el llamado principio del “Tercio Excluido¹” que plantea que “Una proposición puede ser verdadera o falsa, pero nunca verdadera y falsa a la vez”, pero además planteó el principio de la “Simultaneidad Gradual” que incorpora al del tercio excluido como un caso particular, este expresa “Una proposición puede ser a la vez verdadera y falsa, a condición de asignar un grado a su verdad y un grado a su falsedad” del que se despliegan numerosas técnicas capaces de estudiar y manipular situaciones en ambientes con incertidumbre [Gil Aluja, 1999].

¹ Se adjudica su autoría a Aristóteles en unos casos, en otros a Crisípides

2.4.1. Evaluación y Valuación

Evaluación es la asociación de un valor numérico (negativo, nulo o positivo) a un objeto de cualquier naturaleza, físico o abstracto realizada por un experto. Una Valuación es la expresión de un nivel de verdad, nivel que toma sus valores del segmento $[0, 1]$, esta puede ser en el ámbito binario o difuso, en el primero la valuación viene dada por 0 ó por 1, mientras en el segundo es un número entre 0 y 1 [Kaufmann and Gil Aluja, 1993], dicho de otra forma puede considerarse la evaluación como una asignación numérica objetiva (realizada con ayuda de un instrumento o técnica) mientras que la valuación como una estimación subjetiva expresada numéricamente.

La función de pertenencia entre 0 y 1 puede ser discreta o continua. Para el desarrollo del presente estudio se utiliza la discreta, planteándola en una escala compuesta por once términos, también llamada escala endecadaria [Kaufmann and Gil Aluja, 1993] que pretende establecer una correspondencia semántica entre los valores en $[0, 1]$ y los términos del lenguaje que habitualmente representan nuestros pensamientos. Esta escala puede plantearse como sigue:

- 0 : Falso
- 0.1 : Prácticamente falso
- 0.2 : Muy falso
- 0.3 : Bastante falso
- 0.4 : Más falso que verdadero
- 0.5 : Tan falso como verdadero
- 0.6 : Más verdadero que falso
- 0.7 : Bastante verdadero
- 0.8 : Muy verdadero
- 0.9 : Prácticamente verdadero
- 1 : Verdadero

Los términos lingüísticos pueden variar a razón de adecuarse de mejor manera a un problema en particular, en caso de hacerlo se harán las consideraciones pertinentes.

2.4.2. Expertizaje

Es la consulta que se realiza a un conjunto de expertos sobre un tema en particular, entendiendo como experto el individuo capacitado por sus conocimientos a partir de su experiencia, académica, profesional o empírica para opinar con propiedad sobre el tema en estudio.

2.4.3. Expertones

Un Expertón es un instrumento matemático que permite agregar la opinión de un conjunto de expertos, cada experto da su valuación utilizando la escala endecadaria, éste tiene la libertad de hacerlo mediante un número del segmento $[0, 1]$, o a través de un intervalo de confianza en $[0, 1]$; teniendo en cuenta que 0 corresponde a falso, 1 es verdadero, 0.5 es una indecisión, es decir no es verdadero ni falso y una negativa a decidir es representada por el intervalo completo $[0, 1]$ [Kaufmann and Gil Aluja, 1993].

Ejemplo² : A un conjunto de siete expertos se les pregunta sobre la posesión de una cualidad por un objeto físico o mental. Las respuestas son las siguientes:

Experto 1: 0.3

Experto 2: $[0.6, 0.7]$

Experto 3: $[0.8, 0.9]$

Experto 4: 0.6

Experto 5: 1

² Tomado de [Kaufmann and Gil Aluja, 1993]

Con esta información se construye una estadística sobre los once valores del universo de respuesta (la escala endecadaria). No tiene importancia alguna las características de los expertos, solo su respuesta, se elabora el vector o cuadro:

0		
0.1		
0.2		
0.3	1	1
0.4		
0.5		
0.6	2	1
0.7		1
0.8	1	
0.9		1
1	1	1

Se ha hecho una tabla de frecuencias, en la izquierda se encuentra el número de extremos inferiores y al a derecha el de extremos superiores. Con el fin de hacer del Expertón un ente más general, procedemos a normalizarlo dividiendo cada elemento entre el número de expertos, cinco en este caso.

0		
0.1		
0.2		
0.3	0.2	0.2
0.4		
0.5		
0.6	0.4	0.2
0.7		0.2
0.8	0.2	
0.9		0.2
1	0.2	0.2

Ahora se calcula la función acumulada complementaria, es decir, se suma cada elemento con el inmediato siguiente, por cada extremo, empezando desde el nivel 1, así obtenemos:

0	1	1
0.1	1	1
0.2	1	1
0.3	1	1
0.4	0.8	0.8
0.5	0.8	0.8
0.6	0.8	0.8
0.7	0.4	0.6
0.8	0.4	0.4
0.9	0.2	0.4
1	0.2	0.2

De esta manera se ha construido un Expertón. El valor más representativo del Expertón es su esperanza matemática, ésta constituye la información de mayor relevancia para la

toma de decisiones, ésta debe ser calculada siempre lo más tarde posible, después de haber realizado la mayor parte de las operaciones matemáticas. La esperanza de un Expertón se calcula sumando sus valores por el extremo izquierdo y derecho independientemente, sin incluir el nivel 0, luego se divide el resultado entre 10; para el ejemplo anterior sería:

$$E = \frac{1}{10} ([1, 1] + [1, 1] + [1, 1] + [1, 1] + [0,8, 0,8] + [0,8, 0,8] + [0,8, 0,8] + [0,4, 0,6] + [0,4, 0,4] + [0,2, 0,4] + [0,2, 0,2]) = [0,66, 0,77]$$

El Expertón posee tres propiedades características importantes:

- Monotonía creciente horizontal no estricta, el elemento del extremo inferior izquierdo es menor o igual al del extremo superior derecho.

$$\forall \alpha \in [0, 1] : a_1(\alpha) \leq a_2(\alpha) \text{ en } [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$$

- Monotonía creciente vertical no estricta, todo elemento a nivel α' es más grande o igual a todo elemento al nivel α , si $\alpha < \alpha'$.

$$\forall \alpha < \alpha' \in [0, 1] : (a_1(\alpha) \leq a_1(\alpha'), a_2(\alpha) \leq a_2(\alpha'))$$

- Al nivel 0 siempre se tiene 1.

$$(\alpha = 0) \Rightarrow (a_1(\alpha) = 1, a_2(\alpha) = 1)$$

Una variable difusa es un Expertón, también lo es un intervalo de confianza [Kaufmann and Gil Aluja, 1993], esto podemos evidenciarlo a continuación:

	0	1	1		0	1	1
	0.1	1	1		0.1	1	1
	0.2	1	1		0.2	1	1
	0.3	1	1		0.3	1	1
	0.4	1	1		0.4	1	1
0.7 =	0.5	1	1	[0.4, 0.6] =	0.5	0	1
	0.6	1	1		0.6	0	1
	0.7	1	1		0.7	0	0
	0.8	0	0		0.8	0	0
	0.9	0	0		0.9	0	0
	1	0	0		1	0	0

Cuando el Expertón posee todos sus elementos del extremo inferior izquierdo iguales al superior derecho, se le denomina también singletón de un subconjunto difuso.

Todas las operaciones que pueden realizarse con variables o intervalos de confianza en el intervalo $[0, 1]$ también pueden realizarse con los expertones. Se pueden realizar todas estas operaciones con un conjunto de expertones independientemente de cuántos expertos hayan conformado cada uno de ellos.

Es muy frecuente toparse con la interrogante de si usar la media de las valuaciones hechas por los expertos, o los expertones, los resultados pueden llegar a ser diferentes según sea el caso, si se usan operadores no lineales (como el operador u otras t-normas, s-conormas o inferencias) el uso de la media de las valuaciones puede hacernos cometer un error, considerando que para ello hay que tener presentes ciertas reglas estadísticas [Kaufmann and Gil Aluja, 1993]. Se muestra un ejemplo que pueda ilustrar esto:

Ejemplo. De dos expertizajes se quiere calcular el mínimo de ellos.

Expertizaje I:

Experto 1: 0.8
 Experto 2: [0.5, 0.7]
 Experto 3: 1
 Experto 4: 0.6
 Experto 5: [0.3, 0.4]
 Experto 6: 0.7

Expertón I:

0	1	1
0.1	1	1
0.2	1	1
0.3	1	1
0.4	0.833	1
0.5	0.833	0.833
0.6	0.666	0.833
0.7	0.500	0.666
0.8	0.333	0.333
0.9	0.166	0.166
1	0.166	0.166

Expertizaje II:

Experto 1: [0.9, 1]
 Experto 2: 0.7
 Experto 3: [0.8, 1]
 Experto 4: [0.1, 0.3]

Expertón II:

0	1	1
0.1	1	1
0.2	0.75	1
0.3	0.75	1
0.4	0.75	0.75
0.5	0.75	0.75
0.6	0.75	0.75
0.7	0.75	0.75
0.8	0.50	0.50
0.9	0.25	0.50
1	0	0.50

Se utiliza el operador \wedge para agrupar los expertones o calcular el mínimo, resulta:

	I			II			I \wedge II			
0	1	1		0	1	1	0	1	1	
0.1	1	1		0.1	1	1	0.1	1	1	
0.2	1	1		0.2	0.75	1	0.2	0.75	1	
0.3	1	1		0.3	0.75	1	0.3	0.75	1	
0.4	0.83	1		0.4	0.75	0.75	0.4	0.75	0.75	
0.5	0.83	0.83	\wedge	0.5	0.75	0.75	=	0.5	0.75	0.75
0.6	0.67	0.83		0.6	0.75	0.75		0.6	0.75	0.75
0.7	0.50	0.67		0.7	0.75	0.75		0.7	0.50	0.67
0.8	0.33	0.33		0.8	0.50	0.50		0.8	0.33	0.33
0.9	0.17	0.17		0.9	0.25	0.50		0.9	0.17	0.17
1	0.17	0.17		1	0	0.50		1	0	0.17

Con el uso de la media de las valuaciones se obtendría:

$$m_1 = \frac{1}{6} ([0,8, 0,8] + [0,5, 0,7] + [1, 1] + [0,6, 0,6] + [0,3, 0,4] + [0,7, 0,7]) = [0,65, 0,70]$$

$$m_2 = \frac{1}{4} ([0,9, 1] + [0,7, 0,7] + [0,8, 1] + [0,1, 0,3]) = [0,625, 0,750]$$

$$m_1 \wedge m_2 = [0,65, 0,70] \wedge [0,625, 0,750] = [0,625, 0,70]$$

Calculando la esperanza matemática del Expertón III se obtiene:

$$E(I \wedge II) = \frac{1}{10} ([1, 1] + [1, 1] + [0,75, 1] + [0,75, 1] + [0,75, 0,75] + [0,75, 0,75] \\ + [0,75, 0,75] + [0,5, 0,66] + [0,333, 0,333] + [0,166, 0,166] + [0, 0,166])$$

$$E(I \wedge II) = [0,5665, 0,6581]$$

Se puede notar que los resultados obtenidos son considerablemente distintos, en

muchos otros casos la diferencia puede llegar ser mayor. “Esto es porque al utilizar las medias se hace caer la entropía más pronto, mientras que con los expertones que representan las leyes estadísticas sin reducirlas se hace caer la entropía al final” [Kaufmann and Gil Aluja, 1993].

2.4.4. R_{\pm} Expertones

Son expertones en los que la agregación de las valuaciones de los expertos son hechas a partir de un intervalo $[A_*, A^*]$ de referencia, donde $A_* \geq 0$ y $A^* \geq A_*$. Los expertos deben elegir un valor puntual o un intervalo continuo entre $[A_*, A^*]$ tomando posiciones en $[0, 1]$ en relación con los extremos inferiores y superiores del intervalo dado, a partir de una escala en endecadario, como la siguiente:

- 0 : para A_*
- 0.1 : para prácticamente A_*
- 0.2 : para casi A_*
- 0.3 : para cercano A_*
- 0.4 : para mas de A_* que de A^*
- 0.5 : para tan cerca A_* de cómo de A^*
- 0.6 : para mas de A^* que de A_*
- 0.7 : para cercano A^*
- 0.8 : para casi A^*
- 0.9 : para prácticamente A^*
- 1 : para A^*

Si el experto X, elige el intervalo $[\alpha_1, \alpha_2]$ le corresponde la siguiente transformación lineal:

$$[A_1, A_2] = A_*(+) ((A^* - A_*) (\cdot) [\alpha_1, \alpha_2])$$

Supongamos que un conjunto de expertos hace sus valuaciones sobre un intervalo de referencia $[A_*, A^*] = [300, 500]$

Expertizaje	Expertón	
	0	1
	0.1	0.86
Experto 1: [0.3, 0.4]	0.2	0.86
Experto 2: [0.6, 0.7]	0.3	0.71
Experto 3: 0.5	0.4	0.57
Experto 4: [0.9, 1]	0.5	0.57
Experto 5: [0.6, 0.7]	0.6	0.43
Experto 6: 0	0.7	0.14
Experto 7: [0.2, 0.4]	0.8	0.14
	0.9	0.14
	1	0

Ahora se define el R_{\pm} Expertón:

	0	1	1		0	500	500
	0,1	0,86	0,86		0,1	471	421
	0,2	0,86	0,86		0,2	471	421
	0,3	0,71	0,86		0,3	443	421
	0,4	0,57	0,86		0,4	414	421
	0,5	0,57	0,57		0,5	414	421
$300(+)((500 - 300)(\cdot)$	0,6	0,43	0,43	$) =$	0,6	386	386
	0,7	0,14	0,43		0,7	328	386
	0,8	0,14	0,14		0,8	328	328
	0,9	0,14	0,14		0,9	328	328
	1	0	0,14		1	300	328
						388	406

El último renglón del Expertón corresponde a su esperanza matemática.

Siempre todo R_{\pm} Expertón va asociado a un Expertón, a partir del R_{\pm} Expertón se puede conocer su Expertón asociado.

2.5. Efectos Olvidados

Un método muy utilizado para estudiar y entender las variables de un sistema y su comportamiento es plantear un sistema causa-efecto, para determinar cómo ciertas variables denominadas causas (causan el comportamiento del sistema) afectan a las variables denominadas efectos (son los efectos del comportamiento del sistema), de esta manera se pueden evidenciar relaciones de suma importancia que pudieran ayudar al investigador a la toma de decisiones, además de aportar información útil para entender el sistema, pues siempre su comportamiento está sujeto a la interrelación de las variables que lo conforman.

Nunca es posible plantear todas las relaciones de incidencia de las variables causa-efecto, con el clásico sistema causa-efecto. Un sistema bien definido, con un número finito de variables, con dos conjuntos de n causas y m efectos, siempre tendrá muchas más relaciones que las $n \times m$ que puedan llegar a evidenciarse directamente (cosa que no siempre es fácil), exactamente tendrá $n \times n + n \times m + m \times m$, pues las causas poseen una relación de incidencia sobre las mismas causas, como también los efectos tienen sus relaciones de incidencias sobre los mismos efectos. A modo de ejemplo, sean dos conjuntos causa-efectos de $n \times m$ variables, con $n = 16$ y $m = 12$, las relaciones de incidencias directas (evidentes) serían:

	E_1	E_2	\dots	E_{12}
C_1	$m_{1,1}^1$	$m_{1,2}^1$	\dots	$m_{1,12}^1$
C_2	$m_{2,1}^1$	$m_{2,2}^1$	\dots	$m_{2,12}^1$
C_3	$m_{3,1}^1$	$m_{3,2}^1$	\dots	$m_{3,12}^1$
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
C_{16}	$m_{16,1}^1$	$m_{16,2}^1$	\dots	$m_{16,12}^1$

Tabla 2.1: M^1 . Matriz de causas-efectos o de efectos directos

Se puede percibir que la relación de incidencia de la variable C_1 para con la variable E_1 está definida por $\mu_{1,1}$ y de igual manera para las demás relaciones de incidencia, esta cantidad está dada por $n \times m$, el total de relaciones es $16 * 12 = 192$. Pero la totalidad de las relaciones está definida por

$$T = (16 * 16) + (16 * 12) + (12 * 12) = 592$$

Por ejemplo, con $n = 8$ y $m = 6$ la incidencia real de C_1 con la variable E_1 es:

Este razonamiento es igual para los demás pares de variables.

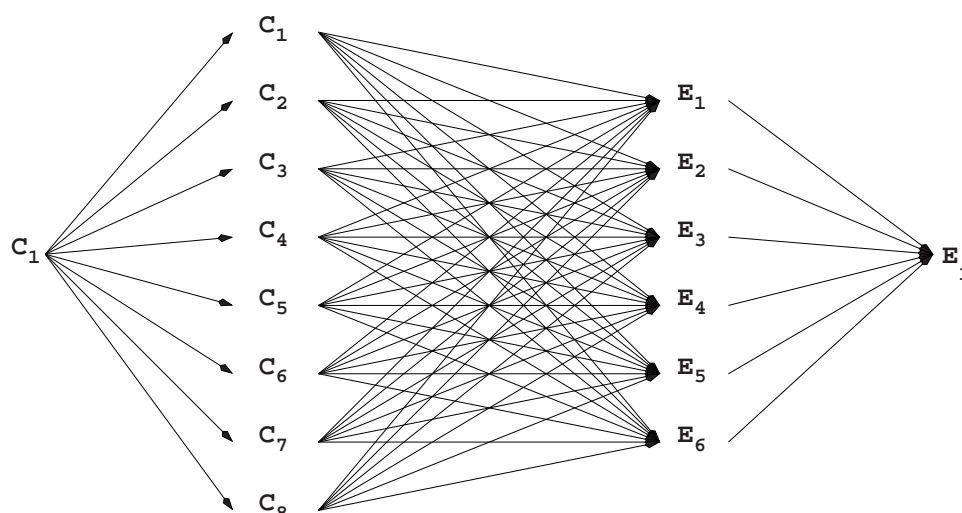


Figura 2.3: Representación gráfica de las relaciones de incidencia de un par de variables.

Evaluar la relación de incidencia que puede existir entre un par de variables es un hecho que está cargado completamente de incertidumbre.

El método de los efectos olvidados, basado en la lógica difusa, da la posibilidad de superar los inconvenientes que se acaban de plantear. Es una herramienta poderosa para entender el comportamiento de los sistemas a partir del estudio de la interrelación de sus variables.

Para el desarrollo del método se construyen tres matrices, la matriz M^1 de causas-efectos o de efectos directos, la matriz M^2 de causas-causas, de tamaño $n \times n$ la y la matriz M^3 de efectos-efectos, de tamaño $m \times m$, éstas últimas son denominadas también matrices de efectos de la primera generación.

Si ahora se realiza una composición *maxmin* entre M^1 , M^2 y M^3 , procediendo por pares, en primer lugar se realiza la composición entre M^1 y M^2 obteniendo la matriz:

$$M^{4'} = M^1 \circ M^2$$

	C_1	C_2	C_3	\dots	C_{16}
C_1	$m_{1,1}^2$	$m_{1,2}^2$	$m_{1,3}^2$	\dots	$m_{1,16}^2$
C_2	$m_{2,1}^2$	$m_{2,2}^2$	$m_{2,3}^2$	\dots	$m_{2,16}^2$
C_3	$m_{3,1}^2$	$m_{3,2}^2$	$m_{3,3}^2$	\dots	$m_{3,16}^2$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
C_{16}	$m_{16,1}^2$	$m_{16,2}^2$	$m_{16,3}^2$	\dots	$m_{16,16}^2$

Tabla 2.2: M^2 . Matriz de causas-causas o de efectos de primera generación.

	E_1	E_2	E_3	\dots	E_{12}
E_1	$m_{1,1}^3$	$m_{1,2}^3$	$m_{1,3}^3$	\dots	$m_{1,12}^3$
E_2	$m_{2,1}^3$	$m_{2,2}^3$	$m_{2,3}^3$	\dots	$m_{2,12}^3$
E_3	$m_{3,1}^3$	$m_{3,2}^3$	$m_{3,3}^3$	\dots	$m_{3,12}^3$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
E_{16}	$m_{12,1}^3$	$m_{12,2}^3$	$m_{12,3}^3$	\dots	$m_{12,12}^3$

Tabla 2.3: M^3 . Matriz de efectos-efectos o de efectos de primera generación.

luego se hace la composición de $M^{4'}$ con M^3 , y se obtiene:

$$M^4 = M^{4'} \circ M^3 = M^1 \circ M^2 \circ M^3$$

La matriz M^4 representa los efectos acumulados de primera y segunda generación, si a esta matriz le restamos los efectos directos de la matriz M^1 , obtenemos una matriz de efectos olvidados de segunda generación, es decir:

$$M^5 = M^4 - M^1$$

M^5 contendrá los efectos que se olvidaron o pasaron por alto cuando se diseñó inicialmente M^1 .

Ejemplo³ : En la fabricación de un paraguas se han considerado cuatro necesidades básicas de los usuarios a partir de la investigación de mercado:

- n_1 = Sencillo de abrir y cerrar.
- n_2 = Cómodo de transportar.
- n_3 = Que tenga larga vida útil.
- n_4 = Resistente a los golpes.

El equipo que reúne expertos de marketing-comercial, ingeniería, fabricación y calidad, ha establecido 6 características de calidad para el nuevo modelo de paraguas:

- c_1 = Número de movimientos para abrir y cerrar.
- c_2 = Peso.
- c_3 = Dimensiones (ratio de la superficie cubierta cuando el paraguas está abierto y la longitud cuando el paraguas está cerrado y plegado al máximo).
- c_4 = Peso de óxido tras ensayo acelerado en cámara de niebla salina.
- c_5 = Número de golpes admitido manteniéndose en buen uso.
- c_6 = Fuerza del viento (m/s) sin doblarse (ensayo en túnel de viento).

La matriz de causas-efectos correspondiente es:

³ Tomado de [Ruiz Fernández and Zubillaga, 2002]

	n_1	n_2	n_3	n_4
c_1	0.9	0	0	0
c_2	0	0.5	0	0
c_3	0.1	0.9	0	0
c_4	0	0	0.5	0
c_5	0.3	0	0.7	0.9
c_6	0.1	0.7	0.3	0.5

La matriz de causas-causas, correspondiente es:

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
c_1	1	0	0.9	0.1	0.3	0
c_2	0	1	0	0	0.5	0.7
c_3	0.9	0.3	1	0	0	0.9
c_4	0	0	0	1	0	0
c_5	0	0	0	0	1	0.1
c_6	0	0.5	0.9	0	0.1	1

La matriz de efectos-efectos, correspondiente es:

	n_1	n_2	n_3	n_4
n_1	1	0.5	0	0.1
n_2	0.7	1	0.3	0.1
n_3	0.1	0.3	1	0.1
n_4	0.7	0	0.5	1

Se realiza la composición *maxmin* de M^1 , M^2 y M^3 y se obtiene la matriz M^4 :

	n_1	n_2	n_3	n_4
c_1	0.9	0.9	0.3	0.3
c_2	0.7	0.7	0.5	0.5
c_3	0.9	0.9	0.5	0.5
c_4	0.1	0.3	0.5	0.1
c_5	0.7	0.3	0.7	0.9
c_6	0.7	0.9	0.5	0.5

Finalmente se obtiene M^5 a partir de la resta algebraica de $M^4 - M^1$:

	n_1	n_2	n_3	n_4
c_1	0	0.9	0.3	0.3
c_2	0.7	0.2	0.5	0.5
c_3	0.8	0	0.5	0.5
c_4	0.1	0.3	0	0.1
c_5	0.4	0.3	0	0
c_6	0.6	0.2	0.2	0

Se consideran los efectos olvidados de importancia, los que tengan un nivel de significancia mayor o igual a 0.6, estos son:

- $(c_1 n_2)$: N° Movimientos abrir/cerrar → Cómodo de Transportar = 0.9
- $(c_2 n_1)$: Peso → Sencillo de abrir y cerrar = 0.7
- $(c_3 n_1)$: Dimensiones → Sencillo de abrir y cerrar = 0.8
- $(c_6 n_1)$: Fuerza del viento → Sencillo de abrir y cerrar = 0.6

Para el primer efecto olvidado, $(c_1 n_2)$, se observa que en la matriz de efectos directos la relación es nula ($(c_1 n_2) = 0$) aunque existe una relación indirecta, ésta es la siguiente:

$$c_1 \xrightarrow{0,9} c_3 \xrightarrow{0,9} n_2$$

Lo anterior significa que el diseño de N° de movimientos para abrir y cerrar va a afectar las dimensiones del paraguas, las cuales están directamente relacionadas con la comodidad de transporte. El razonamiento es similar para las demás relaciones mostradas en esta matriz.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 3

Transporte

El transporte implica mucho más que el término movimiento, en cualquier sociedad del mundo por pequeña que esta sea, el trajinar diario de la vida en ella, se ve influenciado directamente por la diversidad de medios de transporte que se usen. Desde el siglo XIX se ha considerado el transporte como un asunto de interés social, pero es aproximadamente en las primeras décadas del siglo pasado¹ que el transporte público de pasajeros es parte fundamental de los sistemas de transporte en las ciudades, por esta razón es que un sinnúmero de esfuerzos se han realizado desde entonces para estudiar, planificar, diseñar e implementar sistemas de transporte de pasajeros que sean eficientes y que se adapten a las constantes condiciones de cambio de las sociedades modernas. Son muchos los trabajos resaltantes desarrollados en materia de sistemas de transporte público de pasajeros a lo largo del mundo, muchos de ellos tienen su cuna en varios países europeos, en Asia se destacan los estudios japoneses y chinos, y en América son pioneros los trabajos brasileños, mexicanos y estadounidenses. Las ciudades de nuestro país crecen rápidamente, y de ahí la necesidad de implementar sistemas de transporte público de pasajeros organizados, eficientes, permanentes en el tiempo, ajustados a las particularidades de ellas, en aras del incremento de la

¹ Ya para 1911 en Buenos Aires, Argentina se construía la primera línea del primer metro o subterráneo de América Latina. Tomado de: <http://www.monografias.com/trabajos/transporte/transporte.shtml>

calidad de vida de la sociedad Venezolana.

3.1. Sistema de transporte público de pasajeros (STPP).

Un STPP es todo un conjunto, compuesto por variables de índole humana, de infraestructura, material y legislativo, que conjuga una cantidad inmensa de interrelaciones entre sus variables, que hacen posible la prestación del servicio del transporte público a una sociedad determinada.

Un STPP tiene tres tipos de actores fundamentales, que hacen posible su funcionamiento y permanencia en el tiempo:

El prestador del servicio o transportista, es el ente ejecutor, quien realiza el trabajo principal o presta el servicio, sin estar limitado a la conducción de una unidad de transporte, la categoría es extensiva a todo el conjunto de personas que contribuyan a este fin, como mecánicos, personal administrativo, entre otras.

Los usuarios o pasajeros, son la razón de ser del STPP, ya que a ellos va dirigido el servicio.

El ente regulador o gubernamental, es quien con ayuda de la legislación, regula, controla, planifica en pro del buen funcionamiento del STPP, en base a las exigencias y necesidades de los otros dos partícipes.

Partimos de la premisa que todos los actores poseen igualdad de importancia o peso en las diferentes aristas del desenvolvimiento del STPP.

3.2. Calidad.

Según el diccionario de la Real Academia Española se define como calidad la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor, dicho de otra forma, puede definirse la calidad de algo en términos o en función de un conjunto de propiedades.

3.2.1. Calidad de un sistema de transporte público de pasajeros.

Definiremos la calidad de un STPP como una entidad conceptual que se sostiene en cuatro pilares o propiedades fundamentales, éstas son: productividad, nivel de servicio, calidad del servicio² y tarifa.

Para definir estas propiedades es conveniente establecer una relación directa de ellas con los diferentes actores del sistema.

Productividad.

Representa la rentabilidad económica que tiene prestar el servicio de transporte para el transportista y no necesariamente tiene que ser enfocado como “El negocio del transporte”; representa parte de los costos asociados al servicio y en base a esto se puede tener un estimado de la eficiencia de la gestión del transportista.

² Nótese que para definir este pilar se ha usado el término calidad, ella está definida en términos de las variables que lo componen. No debe confundirse con la calidad del STPP

Nivel de Servicio.

Representa la situación real de la demanda, ésta es determinada por los pasajeros, en base a ella debe ajustarse la oferta, ello depende esencialmente de los otros actores, transportista y ente regulador.

Calidad del Servicio.

Está enfocado desde el punto de vista del usuario, recoge las propiedades que éste considera de mayor importancia en el servicio que él utiliza. El ente regulador debe garantizar que esto se cumpla a un determinado nivel mínimo.

Tarifa.

Representa la tarifa ideal que debe costar el servicio prestado por el STPP conveniente para usuarios y transportistas. El ente regulador juega un papel decisivo en este aspecto.

Teniendo una idea más sólida de las propiedades que definen la calidad de un STPP podemos decir que cada una de ellas está determinada o compuesta por un conjunto de variables. En adelante nos referiremos a las propiedades como indicadores.

3.2.2. Variables que conforman los indicadores de la calidad de un STPP.³

Variables que conforman el indicador de Productividad.

Densidad de Empleados.

Es la tasa de Km. recorridos con respecto a los empleados del STPP. Esta variable proporciona información sobre el servicio principal prestado con respecto al número de empleados. Valores altos de esta tasa ponen de manifiesto una mejor adecuación de la plantilla respecto a la actividad principal realizada. Se trata de una variable a maximizar.

Grado de Utilización de las Unidades del STPP.

Esta variable representa el rendimiento medio y el grado de utilización de las unidades del STPP. Aunque generalmente exista una relación directa entre los km. recorridos, la concentración de la ciudad y el número de unidades en servicio, la eficiencia en la gestión se incrementa proporcionalmente con la variable.

Consumo de Combustible.

El consumo de combustible representa uno de los costos variables más representativos de la actividad realizada por el STPP. Esta variable representa la media del consumo de cada una de las rutas estudiadas. Algunos factores que pueden influir en el nivel de consumo de combustible son la antigüedad de las Unidades, la marca, así como las peculiaridades

³ Parte de las Variables que componen los indicadores son tomadas de [Sindicatura de Comptes de Catalunya, 1994]

propias de cada trayecto (conflictividad del tráfico, número de paradas, entre otras).

Costo por Kilómetro recorrido.

Es el costo asociado de recorrer un Km. para cada unidad del STPP. El coste del servicio, en relación a los Kms. recorridos, representa una de las medidas de más contenido informativo en el análisis tanto de economía como de eficiencia, a pesar de ser necesaria la aplicación de técnicas de contabilidad analítica.

Costo por pasajero.

Es el costo asociado de transportar un pasajero para cada unidad del STPP. Aporta información diferente a la variable “costo por Km.”, tal vez complementaria, ya que variará en función de la concentración de la población.

Variables que conforman el indicador de nivel de servicio.

Cantidad de pasajeros por hora.

Representa la cantidad promedio de pasajeros que usan el STPP en una hora cualquiera del día.

Cantidad de pasajeros por Kilómetro.

Representa la distribución de la demanda a lo largo de la red vial. Puede interpretarse como la cantidad de pasajeros que se encuentran en un Km. determinado de la red utilizada

por el STPP.

Oferta de Transporte Público.

Representa un índice de cómo se adecua la oferta a la demanda. Esta variable representa la oferta de transporte público de la ciudad, en el sentido que cuanto más grande sea esta tasa más unidades de transporte hay en servicio, o mayor es su recorrido.

Proporción de pasajeros.

Es la proporción de pasajeros que diariamente usan el STPP respecto a los habitantes de la zona de estudio.

Cobertura.

Representa la cobertura geográfica, el porcentaje de la red vial cubierta por el STPP.

Variables que conforman el indicador de calidad de servicio.

Velocidad Comercial.

Representa la velocidad comercial del STPP, es el promedio de las velocidades de todas las rutas.

Antigüedad del Parque del STPP.

Es el promedio de edad de las Unidades que conforman la flota del STPP.

Número de Accidentes.

Cantidad promedio de Accidentes ocurrido en un mes en la entidad, donde han tenido parte las unidades del STPP.

Acceso a personas con movilidad reducida.

Porcentaje de vehículos de la flota del STPP que provean acceso a personas con movilidad reducida.

www.bdigital.ula.ve

Frecuencia.

Representa la agilidad en la prestación del servicio, está referida a la frecuencia con que pasan las unidades del STPP por determinado lugar. Está dada por relación de vehículos por hora.

Confort.

Es una medida de la comodidad de las unidades del STPP, normalmente ésta la determinan diversas propiedades como la comodidad de los asientos, el espacio físico de la unidad, la temperatura y el ruido, entre otros; para el presente estudio se ha reducido a la condición de ir sentado en el viaje. Es una relación entre las personas que viajan, con respecto a

cantidad de asientos que dispone la unidad.

Impacto Ambiental.

La contaminación ambiental generada por vehículos se puede dividir en contaminación por ruido y contaminación del aire, normalmente en esta última se tienen en cuenta las emisiones al aire de ocho componentes: partículas, óxidos de azufre, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos (ozono), metales (plomo) y olores. Para este estudio se limita esta variable sólo a contaminación del aire y específicamente a las emisiones sólo de tres sustancias tóxicas, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC) expelidas al ambiente por todas las unidades del STPP.

Variables que conforman el indicador de tarifa.

Ingresos por pasajero.

Es el valor promedio de la tarifa de todo el STPP.

Subvenciones.

Es el porcentaje de viajes subsidiados (por parte del estado) respecto de la totalidad de los viajes.

Según la definición de cada una de las variables, puede interpretarse que cada una de ellas puede influir positiva, negativa o neutralmente en cada uno de los indicadores al cual pertenece.

3.3. Sistema actual de transporte público de pasajeros de Mérida.

El STPP de Mérida está constituido por las organizaciones que tienen rutas de carácter municipal e intermunicipal. En el primer caso, las rutas operan dentro de la jurisdicción de un municipio en particular, bien sea Libertador o Campo Elías, y en el segundo las rutas operan realizando viajes entre los dos municipios. Las organizaciones de carácter municipal deben ajustarse a las normativas y exigencias de su respectivo ente controlador, la Dirección de Vialidad Urbana adscrita a la alcaldía del municipio correspondiente y las de carácter intermunicipal tienen como este controlador directo al Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTTT) con sede en la capital de la república.

En el municipio Libertador existe un total de diecinueve organizaciones de transporte (también son llamadas “Líneas” de transporte) entre ellas forman un conjunto de setenta y siete rutas de carácter municipal. En el municipio Campo Elías existe un total de seis Organizaciones de Transporte, entre ellas conforman dos conjuntos de rutas, las de carácter municipal con un total de dieciocho rutas, y las de carácter intermunicipal con un total de dieciocho rutas.

La Universidad de los Andes posee un servicio de transporte para sus estudiantes y empleados, conformado por tres rutas urbanas y una interurbana, éste no se tiene en cuenta en el presente estudio pues se considera que es poco representativo para el STPP ya que es un servicio especial, poco regular y cuenta con una flota que varía diariamente entre dos y ocho Unidades.

En general el STPP cuenta con veintiséis organizaciones, noventa y cinco rutas de carácter municipal y dieciocho de carácter intermunicipal.

Las figuras legales en las que están enmarcadas las diferentes organizaciones del trans-

porte son: sociedades civiles, asociaciones civiles y cooperativas, en cualquiera de los casos éstas las dirige una junta directiva compuesta por algunos de los socios⁴ de la organización, todas estas organizaciones se constituyen en dos entes sindicales a nivel estatal, uno denominado “Sindicato de trabajadores del transporte y sus similares del estado Mérida”, y otro denominado “Sindicato único del transporte del estado Mérida”, a su vez éstos se encuentran adscritos a varios entes sindicales a nivel nacional, uno de los más representativos de estos es la denominada “Federación de Transporte de Venezuela” (FEDETRANSPORTE).

Las principales competencias de los diferentes entes controladores son:

- Estudiar el comportamiento del STPP, llevar un sistema de información con estadísticas, eventos y registros.
- Plantear e implantar soluciones a los diversos problemas concernientes con respecto al STPP.
- Establecer los criterios técnicos para el funcionamiento de los vehículos del que conforman la flota del STPP.
- Revisar la flota del STPP con el fin de garantizar el cumplimiento de los criterios de funcionamiento.
- Realizar los análisis económicos pertinentes que permitan fijar las tarifas del servicio.
- Emitir autorización de prestación del servicio a nuevas unidades, solo en organizaciones ya establecidas, previa realización de estudios pertinentes.

El ente regulador a nivel municipal no tiene la potestad de:

⁴ Se le llama socio, al propietario de una unidad de transporte, no necesariamente el socio es el conductor de la unidad, en ocasiones éste contrata a uno o dos chóferes, a quienes se les denomina avances

- Autorizar o crear nuevas rutas, tampoco de determinar las tarifas, ellos se limitan a realizar los estudios pertinentes previos, la decisión posterior es competencia de la cámara municipal respectiva.
- Asignar las unidades correspondientes a cada una de las rutas, solo regula la cantidad de unidades de cada organización, la asignación de unidades a las respectivas rutas está a cargo de la directiva de cada organización.

3.4. Sistema Futuro de transporte público de pasajeros para Mérida.

En la actualidad en Mérida se lleva a cabo la planificación y construcción de un STPP integrado, el cual está compuesto por un conjunto de unidades articuladas llamadas trolebuses, que conforma el subsistema denominado TROLMÉRIDA y un conjunto de unidades convencionales que formarán un subsistema denominado rutas alimentadoras. De esta manera se espera cubrir la demanda actual y futura del servicio de transporte público en el área metropolitana de Mérida.

Los objetivos principales que se quieren alcanzar con la implementación del SITPP son⁵

- Mejorar significativamente el STPP actual en aspectos como:
 - Mejorar la fluidez del tránsito en la red vial del sistema, reduciendo significativamente los tiempos de viaje de los usuarios del STPP.
 - Atender de modo eficiente la demanda creciente de transporte público, en especial su componente de desplazamientos de larga distancia.

⁵ Tomado de [SYSTRA et al., 1999]

- Permitir la reorganización de las rutas actuales que prestan el servicio para que puedan servir como alimentadoras al TROLMÉRIDA, y funcionar de manera complementaria, creando así un SITPP.
- Orientar su implementación, con el propósito de lograr efectos positivos en cuanto a la seguridad física y calidad del medio ambiente.
- Asegurar el desarrollo sostenible y preservar la estructura urbana colonial para las futuras generaciones, y que el sistema promueva y facilite la ejecución de proyectos de ordenamiento, mejoramiento y renovación urbana en ciertas zonas de la ciudad como el área del Río Albarregas y el centro de la ciudad.

3.4.1. Descripción del STPP futuro de Mérida.

Subsistema TROLMÉRIDA.

Estará compuesto por un total de tres líneas⁶, en la actualidad se ejecutan las obras correspondientes a la línea uno del subsistema, la cual contempla tener un recorrido de 18,2 kilómetros, desde la estación terminal en Ejido hasta la estación la Hechicera donde termina el recorrido, a lo largo de gran parte de la vía el subsistema contará con canales exclusivos de circulación, independientes de los canales de circulación del tránsito convencional. Se distribuirán 33 estaciones en todo el recorrido que permiten a los usuarios el abordaje a los vehículos [Vásquez, 2005].

Las estaciones contarán con tres áreas diferenciadas, el área de espera que tiene una capacidad para albergar a 75 pasajeros cuenta con tres puertas automáticas que se sincronizan con las de los trolebuses, el área de acceso que cuenta con una caseta para la venta de

⁶ Siempre que se mencione el subsistema TROLMÉRIDA se estará haciendo referencia sólo a la línea uno.

boletos, equipos de localización de vehículos y torniquetes de acceso y finalmente el área de salida [Terán, 2003].

Se tiene previsto implementar equipos de control de tráfico, como un sistema centralizado de semáforos, un sistema de ayuda a la operación, sistemas de telefonía y radio, un sistema de información de pasajeros, un sistema de ayuda a la operación-información de pasajeros y un sistema de localización a bordo a través de GPS, entre otros [SYSTRA et al., 1999].

Características de los vehículos.

El trolebús es un vehículo de gran escala para transportar pasajeros, posee dos fuentes distintas de tracción, la principal es eléctrica, posee un motor trifásico y éste se alimenta de un cableado mediante unas pértigas o troles, el cableado se encuentra a lo largo de toda la vía, el vehículo consume energía mientras se desplaza de manera ascendente y genera energía mientras se desplaza de manera descendente, además está provisto con un motor de combustión Diesel que utiliza como desplazamiento secundario en momentos de contingencia, es un vehículo ecológico, confortable y silencioso, las siguientes son unas de algunas de sus características físicas:

1. Capacidad para subir pendientes de hasta 13 %.
2. Longitud 18 metros, ancho 2.5 metros y alto 3 metros.
3. Radio de giro 11 a 12 metros.
4. Posee tres puertas laterales de acceso de 1,20 metros de ancho, la altura de éstas con respecto al piso es de 0.72 metros.
5. Tiene capacidad para transportar 120 pasajeros, 45 de ellos sentados.

Subsistema de las Rutas Alimentadoras.

Este subsistema es la complementación al TROLMÉRIDA, está compuesto por tres conjuntos de rutas: el primero corresponde a las catorce rutas que circulan dentro de los límites del municipio Campo Elías, el segundo lo conforman veintiún rutas que circulan dentro del municipio Libertador, y el tercero está conformado por tres rutas intermunicipales que viajan desde Tabay (Municipio Santos Marquina) hasta el municipio Libertador. Cabe hacer notar que no se contemplan rutas intermunicipales que operen entre los municipios Campo Elías y Libertador pues ésta es precisamente la vía del TROLMÉRIDA. Las diferentes rutas están configuradas de manera tal que formen una suerte de alimento para el TROLMÉRIDA, es decir que atiendan la demanda que éste no puede cubrir, transportando a los pasajeros que se encuentren alejados de la vía del TROLMÉRIDA hasta ella.

www.bdigital.ula.ve

Parte III

Expertizaje
www.bcdigital.ula.ve

Capítulo 4

Expertizaje

En el presente capítulo, a través del expertizaje se desarrollan dos modelos teóricos, a fin de consolidar dos de los objetivos planteados al inicio de la investigación, el primero es capaz de mostrar las múltiples y complejas interrelaciones existentes en un STPP y el segundo es un instrumento evaluador de la calidad de los STPP.

4.1. Expertos

Para el expertizaje se contempla la participación de expertos pertenecientes a tres áreas, éstas son:

- **Gubernamental:** Profesionales pertenecientes o relacionados a los entes controladores de diferentes STPP regionales y nacionales.
- **Transportista:** Profesionales pertenecientes o relacionados al sector transporte, en al ámbito regional y nacional.
- **Académica:** Profesores pertenecientes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad

de los Andes.

No existe categorización alguna entre los diferentes expertos consultados, es decir todos tienen el mismo peso e influencia, independientemente que pertenezcan a diferentes áreas.

4.2. Estudio de las variables de un STPP y sus interrelaciones

Un STPP está compuesto por un sinnúmero de variables (internas) de interés que determinan su funcionamiento y comportamiento, existen además muchas otras variables que no forman parte de él directamente (externas) y que influyen sobre él de manera exógena, ambos conjuntos de variables, internas y externas, conjuntamente determinan cómo se desenvuelve un STPP, por tal razón se ha creído conveniente estudiar de manera somera las interrelaciones existentes a partir de un número finito de ellas. La interrelación entre algunas de las variables es en ocasiones evidente, pero en otras no, tratándose en algunos de estos casos de relaciones muy marcadas que pasan desapercibidas; determinar y entender tales interrelaciones puede ser de mucha utilidad a razón de entender con mayor detalle los STPP, para tal fin se puede aplicar el método de los Efectos Olvidados.

4.2.1. Definición de las Variables

Variables Internas

Estas variables son las que definen la calidad de un STPP, fueron descritas en el capítulo anterior. En los casos cuando más de una variable se refiere a un solo tópico, no se consideran todas ellas, sino que se agrupan en una variable única; esto ha ocurrido en casos

como la demanda y los costos. El conjunto de las variables internas representa los “Efectos” del comportamiento y funcionamiento del STPP y está compuesto por un total de catorce variables.

Variables Externas

Este conjunto de variables representa las causas que determinan el comportamiento y funcionamiento del STPP, se pueden interpretar como las “Causas” que generan los Efectos. Inicialmente se escogió un conjunto grande de variables y se determinó con ayuda de algunos de los expertos cuáles de ellas eran las más importantes y representativas. Finalmente se redujo el conjunto a un número de diecinueve variables, que se muestran a continuación.

1. **Experiencia del conductor.** Qué tan experimentado es el conductor promedio del STPP, en el cumplimiento de su labor, desde el punto de vista de la conducción, mantenimiento del vehículo y el trato con los pasajeros.
2. **Congestionamiento vehicular.** El congestionamiento vehicular de la entidad donde se estudia de STPP, representado por el parque automotor en general, es decir los vehículos privados y la flota del STPP.
3. **Ubicación de las paradas.** Cómo están ubicadas éstas a lo largo de la red vial que usa el STPP, así como su cantidad. Una parada es el sitio donde el pasajero espera por la unidad que presta el servicio de transporte.
4. **Semaforización.** Representa la cantidad de semáforos existentes, la ubicación de éstos, su estado físico y las condiciones de funcionamiento.
5. **Estado de las unidades.** Se refiere al estado físico de las unidades de la flota del STPP. Desde cierta perspectiva puede considerarse como una variable interna del

STPP, en el presente estudio no se considera así.

6. **Planificación inadecuada de las autoridades.** Se refiere a la planificación, gestión y modo de trabajo del órgano rector o gerencial del STPP y si éste es adecuado a las exigencias del STPP.
7. **Estado de la vialidad.** Condiciones viales en la entidad donde opera el STPP.
8. **Condiciones geográficas de la entidad.** Se refiere a las características geográficas de la región.
9. **Legislación inadecuada.** Se refiere a las leyes que rigen el comportamiento no solo del STPP, sino también del tránsito terrestre y la vialidad en general.
10. **Delincuencia.** El índice delictivo de la entidad donde opera el STPP.
11. **Condiciones climáticas.** Son las condiciones climáticas de la entidad donde opera el STPP.
12. **Imprudencia conductores de los vehículos privados.** Se refiere al comportamiento inadecuado de los conductores de los vehículos privados a lo largo de toda la red vial de la entidad.
13. **Situación económica del venezolano.** Se refiere a las condiciones económicas del país en el momento actual y por ende de la economía de la población.
14. **Uso de transporte alternativo.** Se entiende por transporte alternativo el uso de un medio de desplazamiento que no sea el vehículo privado, bien sea a pie, en bicicleta, el uso del STPP entre otros, por parte de la población.
15. **Población de la ciudad.** El índice poblacional de la entidad donde opera el STPP.
16. **Cantidad de vehículos privados.** Cantidad de vehículos privados que existen y transitan en la entidad donde opera el STPP.

17. **Desempleo de la población.** El índice de desempleo existente en la entidad donde opera el STPP.
18. **Cantidad de unidades.** Es la cantidad de unidades que conforma la flota del STPP. Desde cierta perspectiva puede considerarse como una variable interna del STPP, en el presente estudio no se considera así.
19. **Cantidad de estacionamientos.** Se refiere a la cantidad de estacionamientos de uso público existentes en la entidad donde opera el STPP, independientemente de si éstos pertenecen al sector público o al privado.

4.2.2. Efectos olvidados

Se construyen tres matrices, de Causas-Efectos (M^1), de Causas-Causas (M^2) y de Efectos-Efectos (M^3), se elabora una herramienta¹ para llevar a cabo un expertizaje con un grupo de nueve (9) expertos². Cada uno de los expertos valuó las tres matrices; para un número total de 27 matrices: 9 matrices M^1 , 9 matrices M^2 , y 9 matrices M^3 .

Los expertos, haciendo uso de la escala endecadaria proporcionada, dan su valuación a la siguiente pregunta:

¿Cuál considera usted que es la relación de incidencia de la variable X, para con la variable Y?

Esto se hace para cada par de variables en cada una de las matrices.

Se procede a agregar las 9 matrices M^1 obteniendo una sola, ésta representa el conocimiento agregado de los expertos. El proceso de agregación se hace de la siguiente forma.

¹ Ver Anexo C, Herramienta 1, parte B

² Ver Anexo A, Grupo de Expertos N° 2

Cada elemento de M^1 (los $m_{i,j}^1$) representa la valuación de un experto para la relación de un par de variables, como hay 9 matrices M^1 , también 9 elementos $m_{i,j}^1$, con estos elementos se construye el Expertón $_{ij}$, que representa la opinión agregada de todos los expertos respecto a ese tópico. Por lo que se construyen tantos expertones como elementos $m_{i,j}^1$ existen: $19 \times 16 = 304$ expertones; se considera la esperanza matemática de estos y se toman los valores de éstas redondeados a dos decimales. De igual manera se procede para las matrices M^2 y M^3 . La construcción de los expertones se hace con la ayuda de un algoritmo construido³ para ese fin.

Las variables externas e internas que se denominan “Efectos” y “Causas” respectivamente se listan a continuación:

Efectos	
E_1	Experiencia del Conductor del STPP
E_2	Congestionamiento Vehicular
E_3	Ubicación de Paradas
E_4	Semaforización
E_5	Estado de las Unidades
E_6	Planificación Inadecuada – Autoridades
E_7	Estado de la Vialidad
E_8	Condiciones Geográficas de la Ciudad
E_9	Legislación Inadecuada
E_{10}	Delincuencia
E_{11}	Condiciones Climáticas
E_{12}	Imprudencia Conduct. Vehículos P.
E_{13}	Situación Económica del Venezolano
E_{14}	Uso de Transporte Alternativo
E_{15}	Población de la Ciudad
E_{16}	Cantidad de Vehículos Privados
E_{17}	Desempleo de la Población
E_{18}	Cantidad de Autobuses
E_{19}	Cantidad de Estacionamientos

Causas	
C_1	Cantidad Empleados - Sector Transporte
C_2	Kilómetros Recorridos
C_3	Consumo de Combustible
C_4	Costos de Operación
C_5	Demanda (Cantidad de Pasajeros)
C_6	Velocidad Comercial
C_7	Antigüedad Autobuses
C_8	Accidentes de Transito
C_9	Acceso Personas Discapacitadas
C_{10}	Frecuencia
C_{11}	Confort de las Unidades
C_{12}	Impacto Ambiental
C_{13}	Ingresos
C_{14}	Cantidad de Subsidios

Las matrices resultantes después de la agregación son las siguientes:

³ Ver Anexo A, Algoritmo N° 1.

M^1	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}
C_1	0.21	0.4	0.32	0.51	0.07	0.56	0.13	0.72	0.18	0.26	0.28	0.08	0.3	0
C_2	0.08	0.6	0.76	0.72	0.56	0.83	0.18	0.47	0	0.78	0.26	0.76	0.67	0.02
C_3	0.03	0.47	0.37	0.42	0.66	0.67	0.13	0.47	0.4	0.46	0.09	0.24	0.36	0
C_4	0	0.38	0.56	0.59	0.16	0.76	0.18	0.6	0	0.52	0.03	0.24	0.21	0
C_5	0.03	0.6	0.74	0.87	0.54	0.76	0.68	0.74	0.33	0.49	0.93	0.84	0.66	0.29
C_6	0.48	0.48	0.41	0.48	0.67	0.54	0.51	0.46	0.66	0.68	0.42	0.58	0.58	0.56
C_7	0.17	0.64	0.7	0.79	0.32	0.78	0.33	0.66	0.31	0.61	0.26	0.56	0.48	0.2
C_8	0.07	0.61	0.79	0.57	0.42	0.69	0.24	0.43	0.18	0.42	0.01	0.28	0.16	0.01
C_9	0.19	0.12	0.08	0.1	0.19	0.24	0.51	0.51	0.59	0.31	0.54	0.71	0.23	0.48
C_{10}	0.08	0.13	0	0.17	0.62	0.04	0	0.28	0	0.2	0.53	0.01	0.54	0
C_{11}	0	0.38	0.51	0.53	0.66	0.64	0.09	0.72	0.3	0.68	0.16	0.11	0.49	0
C_{12}	0.06	0.19	0.22	0.19	0.11	0.46	0.02	0.77	0.02	0.38	0.03	0.09	0.21	0
C_{13}	0.36	0.06	0.01	0.08	0.62	0.01	0.56	0.16	0.11	0.07	0.28	0.09	0.5	0.44
C_{14}	0.27	0.22	0.22	0.49	0.7	0.34	0.03	0.27	0.11	0.31	0.28	0.49	0.67	0.12
C_{15}	0.52	0.53	0.51	0.63	0.88	0.42	0.03	0.46	0.42	0.51	0.27	0.47	0.8	0.28
C_{16}	0.28	0.29	0.46	0.48	0.67	0.71	0.2	0.6	0.13	0.46	0.08	0.7	0.54	0.09
C_{17}	0.49	0.12	0.01	0.1	0.7	0.13	0.02	0.01	0	0.16	0.1	0	0.54	0.29
C_{18}	0.84	0.68	0.73	0.72	0.72	0.56	0.49	0.47	0.26	0.67	0.42	0.76	0.69	0.43
C_{19}	0.11	0.1	0.08	0.23	0.31	0.2	0.01	0.2	0.01	0.08	0.02	0.47	0.32	0

Tabla 4.1: Matriz M^1 : Matriz de efectos de la primera generación. Causas-Efectos

M^2	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{18}	C_{19}
C_1	1	0.27	0.07	0.15	0.55	0.02	0	0	0	0.05	0	0.15	0.12	0.15	0.2	0.1	0.13	0.28	0
C_2	0.05	1	0.55	0.65	0.25	0.38	0.55	0.18	0.08	0.27	0.33	0.68	0.17	0.53	0.32	0.63	0.18	0.6	0.57
C_3	0	0.75	1	0.38	0.12	0.3	0.47	0.12	0.17	0.27	0	0.35	0.18	0.4	0.15	0.13	0.17	0.27	0.08
C_4	0.17	0.8	0.35	1	0.17	0.22	0.28	0.22	0	0.3	0.02	0.23	0.08	0.15	0.22	0.17	0.12	0.17	0.17
C_5	0.1	0.53	0.2	0.2	1	0.22	0.38	0.17	0.13	0.25	0.17	0.28	0.25	0.62	0.07	0.48	0.17	0.23	0.17
C_6	0.33	0.65	0.72	0.72	0.65	1	0.7	0.07	0.4	0.38	0.07	0.32	0.45	0.6	0.28	0.43	0.32	0.6	0.63
C_7	0.22	0.78	0.4	0.2	0.72	0.17	1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.53	0.2	0.42	0.23	0.42	0.25	0.3	0.13
C_8	0.07	0.5	0.43	0.2	0.45	0.15	0.3	1	0.13	0.17	0.17	0.15	0.03	0.33	0.32	0.37	0.18	0.27	0.17
C_9	0.25	0.42	0.32	0.33	0.58	0.53	0.47	0.07	1	0.43	0	0.5	0.05	0.4	0.2	0.22	0.13	0.32	0.52
C_{10}	0	0.07	0	0.07	0.3	0.05	0.1	0	0	1	0.15	0.07	0.22	0.23	0.12	0.08	0.02	0.07	0.12
C_{11}	0.27	0.62	0.27	0.13	0.22	0.08	0.57	0.4	0.15	0.2	1	0.13	0.1	0.33	0.28	0.43	0.12	0.25	0.13
C_{12}	0.13	0.53	0.08	0.23	0.15	0.2	0.13	0.15	0.08	0.22	0	1	0.05	0.17	0.02	0.02	0.08	0.08	0
C_{13}	0.02	0.02	0	0	0.58	0.05	0.45	0.03	0.08	0.6	0.07	0.08	1	0.43	0.15	0.5	0.6	0.27	0.28
C_{14}	0	0.47	0.38	0.53	0.28	0.07	0.28	0	0	0.08	0	0.18	0.17	1	0.1	0.4	0.02	0.52	0.32
C_{15}	0.17	0.42	0.32	0.45	0.3	0.13	0.47	0	0.05	0.32	0	0.17	0.12	0.48	1	0.53	0.18	0.52	0.33
C_{16}	0	0.87	0.22	0.58	0.18	0.28	0.67	0.07	0	0.22	0.08	0.68	0.27	0.57	0.1	1	0.18	0.42	0.63
C_{17}	0.08	0.15	0.17	0.1	0.02	0.15	0.17	0	0	0.78	0	0.17	0.72	0.47	0.23	0.35	1	0.18	0.02
C_{18}	0.17	0.78	0.67	0.6	0.57	0.23	0.45	0.23	0	0.15	0.12	0.42	0.13	0.53	0.28	0.42	0.15	1	0.32
C_{19}	0.02	0.7	0.18	0.2	0.17	0.17	0.17	0.17	0.13	0.12	0.17	0.52	0.17	0.5	0.1	0.42	0.2	0.17	1

Tabla 4.2: Matriz de efectos de la primera generación. Causas-Causas

M^3	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}
E_1	1	0.08	0	0.57	0	0.1	0	0.08	0	0.15	0.02	0	0.5	0.03
E_2	0.12	1	0.83	0.8	0.57	0.65	0.45	0.33	0	0.37	0.25	0.5	0.77	0.15
E_3	0	0.8	1	0.8	0.05	0.55	0.17	0.02	0	0.22	0	0.78	0.7	0.17
E_4	0.62	0.58	0.65	1	0.37	0.47	0.32	0.28	0.05	0.47	0.32	0.37	0.73	0.13
E_5	0.28	0.63	0.5	0.53	1	0.65	0.4	0.43	0.37	0.75	0.72	0.33	0.85	0.78
E_6	0.25	0.72	0.73	0.73	0.6	1	0.2	0.67	0.17	0.58	0.4	0.42	0.62	0.27
E_7	0.2	0.68	0.83	0.82	0.62	0.72	1	0.65	0.55	0.43	0.68	0.83	0.63	0.13
E_8	0	0.22	0.18	0.17	0.18	0.35	0.13	1	0.2	0.27	0.07	0.12	0.2	0
E_9	0	0	0	0.23	0.47	0.15	0	0.15	1	0.05	0.4	0.1	0.07	0.33
E_{10}	0.28	0.58	0.58	0.65	0.73	0.62	0.12	0.25	0.1	1	0.33	0.27	0.72	0.22
E_{11}	0	0.27	0.22	0.52	0.67	0.3	0.25	0.23	0.53	0.27	1	0.05	0.5	0.12
E_{12}	0	0.12	0.32	0.3	0.02	0.25	0.17	0.28	0	0.12	0.13	1	0.07	0
E_{13}	0.57	0.52	0.33	0.32	0.48	0.17	0.65	0.03	0.32	0.27	0.57	0.18	1	0.23
E_{14}	0.08	0.07	0	0.3	0.72	0.1	0.1	0	0.08	0.1	0.15	0.17	0.73	1

Tabla 4.3: Matriz de efectos de la primera generación. Efectos-Efectos

Ahora se procede a encontrar los efectos acumulados de primera y segunda generación, para ello se realiza la composición *maxmin* entre M^1 , M^2 y M^3 , en primer lugar se realiza la composición entre M^1 y M^2 obteniendo la matriz $M^{4'} = M^1 \circ M^2$, luego se hace la composición de ésta con M^3 , obteniendo $M^4 = M^{4'} \circ M^3 = M^1 \circ M^2 \circ M^3$

El cálculo de M^4 se realiza a través de un algoritmo⁴, que efectúa las composiciones pertinentes entre las matrices implicadas.

Con el fin de obtener los efectos olvidados de segunda generación, se calcula la diferencia algebraica de $M^5 = M^4 - M^1$.

En la tabla 4.4 se muestra la matriz M^5 resultante.

Análisis de las relaciones de incidencia entre las variables

Se consideran (arbitrariamente) en M^5 sólo los valores con un nivel de significancia mayores o iguales a cero punto seis (0.6), pues ellos representan los valores que en los efectos directos (M^1) los expertos no pudieron visualizar como una relación de incidencia de importancia para un tópico en particular y que, sin embargo, existe de manera significativa de forma indirecta.

En la matriz M^1 se encuentran las relaciones de incidencia consideradas por los expertos como principales para los diferentes pares de variables. Para entender las relaciones expresadas en M^5 , se explica mediante un ejemplo con una de ellas.

Por ejemplo, la relación de incidencia directa entre C_{14} y E_7 en M^1 es prácticamente nula (0.03). Sin embargo, existe una relación de incidencia media entre ellos a través C_{18} . Además, existe otra relación de incidencia alta entre C_{14} y E_7 mediante E_{13} . Todo esto, dicho en los términos adecuados, se interpreta como que: “el uso del transporte alternativo

⁴ Ver Anexo A, Algoritmo N° 3

M^S	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}
C_1	0.34	0.16	0.24	0.05	0.49	0	0.42	0	0.37	0.3	0.27	0.47	0.26	0.54
C_2	0.54	0.16	0	0.04	0.17	0	0.47	0.21	0.49	0	0.37	0	0.05	0.61
C_3	0.59	0.28	0.38	0.33	0.07	0.08	0.52	0.2	0	0.29	0.57	0.51	0.36	0.66
C_4	0.62	0.38	0.2	0.17	0.57	0.04	0.47	0.07	0.37	0.26	0.54	0.52	0.51	0.56
C_5	0.59	0.14	0	0	0.13	0	0	0	0.22	0.13	0	0	0.07	0.33
C_6	0.14	0.24	0.31	0.24	0.01	0.18	0.14	0.21	0	0	0.25	0.12	0.12	0.11
C_7	0.45	0.12	0.06	0	0.41	0	0.35	0.06	0.24	0.17	0.46	0.2	0.25	0.36
C_8	0.5	0.18	0	0.22	0.18	0	0.26	0.24	0.27	0.16	0.49	0.5	0.54	0.49
C_9	0.39	0.46	0.5	0.48	0.39	0.34	0.07	0.07	0	0.27	0.04	0	0.35	0.06
C_{10}	0.46	0.49	0.5	0.36	0	0.58	0.54	0.15	0.53	0.42	0.09	0.32	0.08	0.62
C_{11}	0.62	0.26	0.13	0.12	0.02	0.01	0.53	0	0.07	0	0.5	0.51	0.19	0.66
C_{12}	0.47	0.34	0.31	0.34	0.42	0.07	0.51	0	0.35	0.15	0.5	0.44	0.32	0.53
C_{13}	0.22	0.56	0.57	0.5	0	0.61	0.02	0.42	0.44	0.55	0.34	0.49	0.12	0.18
C_{14}	0.3	0.41	0.31	0.04	0	0.31	0.62	0.26	0.38	0.39	0.42	0.04	0.03	0.58
C_{15}	0.1	0.1	0.12	0	0	0.23	0.62	0.07	0.07	0.24	0.45	0.06	0.05	0.5
C_{16}	0.34	0.47	0.3	0.28	0.06	0.12	0.45	0.08	0.29	0.32	0.59	0.06	0.18	0.58
C_{17}	0.05	0.51	0.55	0.46	0	0.52	0.54	0.55	0.55	0.54	0.6	0.56	0.16	0.41
C_{18}	0	0.08	0.03	0.04	0.01	0.22	0.16	0.2	0.29	0.11	0.3	0	0.03	0.29
C_{19}	0.51	0.6	0.62	0.47	0.39	0.5	0.64	0.47	0.36	0.62	0.55	0.23	0.38	0.56

Tabla 4.4: Matriz de los efectos de segunda generación

tiene una incidencia media en la cantidad de unidades del STPP, esto incide de igual forma en los ingresos del STPP, lo cual incide altamente en la antigüedad de las unidades del STPP". Se puede realizar un razonamiento similar para los demás casos.

4.3. Instrumento evaluador de la Calidad de un STPP

A razón de construir un instrumento con el que se pueda evaluar la calidad de un STPP y a partir de la definición de calidad de un STPP construida, se realiza un expertizaje para determinar los pesos o las relaciones de incidencia de cada una de las variables para con sus respectivos indicadores y a su vez de éstos para con la calidad del STPP. Con esta finalidad se entrevista un conjunto de 14 expertos⁵ y se aplica la Herramienta N° 1⁶, utilizando la escala endecadaria proporcionada. Cada uno de los expertos dio sus valuaciones para los pesos de todas las variables y todos los indicadores.

Nótese que este es un expertizaje netamente conceptual y nunca se hace referencia a un STPP en particular.

Se agrega la opinión de cada uno de los expertos construyendo un expertón para cada variable a partir de las valuaciones dadas, es decir, para cada variable se tienen 14 opiniones o valuaciones, a partir de ellas se construye un expertón, luego se calcula su esperanza matemática y ésta es el valor correspondiente a la agregación de las valuaciones de los expertos sobre las variables. Se construye un expertón para cada variable y para cada indicador lo que representa un total de 23 de ellos. La construcción de los expertones se hace con la ayuda de un algoritmo diseñado⁷ con ese fin.

A manera de ejemplo, se muestra el procedimiento realizado para el cálculo de la va-

⁵ Ver Anexo A, Grupo de Expertos N° 1

⁶ Ver Anexo C, Herramienta N° 1, parte A

⁷ Ver Anexo B, Algoritmo N° 1.

riable Frecuencia, correspondiente al indicador de Nivel de Servicio:

Las valuaciones de los expertos a la pregunta: *¿Cuál es el peso o relación de incidencia de la variable Frecuencia para con el indicador Calidad del Servicio?*, se muestran a continuación, junto con el expertón correspondiente:

Expertizaje			
Experto 1: [9]			
Experto 2: [1]		1	1
Experto 3: [1]	0.1	1	1
Experto 4: [1]	0.2	1	1
Experto 5: [1]	0.3	1	1
Experto 6: [5]	0.4	1	1
Experto 7: [1]	0.5	1	1
Experto 8: [7]	0.6	0.929	0.929
Experto 9: [8]	0.7	0.857	0.857
Experto 10: [1]	0.8	0.714	0.714
Experto 11: [7]	0.9	0.571	0.571
Experto 12: [1]	1	0.5	0.5
Experto 13: [8]		0.857	0.857
Experto 14: [6]			

Para los fines requeridos se utiliza sólo la esperanza matemática del expertón. De igual manera se procede para las demás variables e indicadores.

A continuación se muestran los resultados de la agregación de las valuaciones de los expertos. Las columnas *Valuación* y *Normalizado* muestran la esperanza matemática de los expertones y sus valores normalizados, la suma de los ellos es igual a la unidad.

Las ponderaciones hechas representan también una jerarquización de las variables en un indicador determinado, pues se sabe cuál de ellas tiene mayor peso. De igual manera

Variable	Productividad	
	Valuación	Normalizado
Cantidad de Empleados STPP	0.678	0.26
KM. Recorridos por Unidad	0.65	0.21
Consumo de Combustible	0.542	0.179
Costo / KM	0.65	0.21
Costo / Pasajero	0.714	0.213

Tabla 4.5: Incidencia de las variables sobre el indicador de Productividad

Variable	Nivel de Servicio	
	Valuación	Normalizado
Cantidad Pasajeros / Hora	0.814	0.216
Cantidad Pasajeros / Km.	0.664	0.186
Oferta STPP → Km. Año/Habitantes	0.693	0.192
Proporción Pasajeros	0.757	0.25
Cobertura	0.736	0.21

Tabla 4.6: Incidencia de las variables sobre el indicador de Nivel de Servicio

www.bdigital.ula.ve

puede procederse con cada indicador. Se puede observar, que según los expertos la variable Frecuencia es la de mayor importancia en el indicador de calidad del servicio, pues ha sido la más ponderada, mientras que la menos ponderada fue la variable Impacto Ambiental.

Para evaluar un STPP en particular basta con tener el valor de cada una de las variables que lo componen y asociarlas a sus respectivos pesos para obtener el valor de los indicadores, éstos también se asocian a sus respectivos pesos y se obtiene un valor que representa la calidad de ese STPP.

Se puede notar a partir de lo anterior, que es necesario determinar qué tipo de influencia o peso ejerce cada variable en su respectivo indicador, es decir si la variable y el indicador son proporcionales directa o inversamente, también se presenta el caso en el que la influencia no tiene un sentido definido de proporcionalidad. En cualquier caso, el tipo de influencia está determinado por la misma definición de cada variable. Esto se percibirá claramente en el siguiente capítulo.

Variable	Calidad del Servicio	
	Valuación	Normalizado
Velocidad Comercial	0.771	0.145
Antigüedad del Parque del STPP	0.85	0.156
Numero de Accidentes	0.77	0.136
Acceso Discapacitados	0.657	0.129
Frecuencia	0.857	0.157
Confort	0.814	0.151
Impacto Ambiental	0.636	0.126

Tabla 4.7: Incidencia de las variables sobre el indicador de Calidad del Servicio

Variable	Tarifa	
	Valuación	Normalizado
Ingresos	0.864	0.559
Subsidios	0.629	0.441

Tabla 4.8: Incidencia de las variables sobre el indicador de Tarifa del Servicio

Variable	Calidad del STPP	
	Valuación	Normalizado
Productividad	0.779	0.243
Nivel de Servicio	0.857	0.262
Calidad del Servicio	0.893	0.271
Tarifa	0.7	0.223

Tabla 4.9: Incidencia de los Indicadores sobre la Calidad del STPP

Parte IV

Evaluación de la Calidad

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 5

STPP Actual

En el presente capítulo se lleva a cabo la evaluación del STPP de Mérida en el escenario actual, dicho escenario no es otro que el que vive hoy día la sociedad emeritense, con las particularidades del servicio que prestan las ciento trece rutas y todos los pormenores que caracterizan dicho sistema.

5.1. Calidad del STPP de Mérida en el escenario actual

5.1.1. Evaluación de las variables

Con el fin de poder diagnosticar la calidad del STPP actual de Mérida, es necesario evaluar cada una de las variables que lo conforman. Para ello se procede de la siguiente manera:

De las diecinueve organizaciones del transporte público del municipio Libertador, se consideran diecisiete de ellas, pues dos son de tipo suburbano, (ellas son las que prestan servicio hacia las Lomas de Mérida y la población de los Nevados) y su inclusión repre-

sentaría una mayor dificultad para obtención de los datos sin aportar una mayor precisión a éstos, las rutas correspondientes a este municipio suman un total de setenta rutas urbanas. Correspondiente al municipio Campo Elías se seleccionaron las 6 organizaciones de transporte público, con sus 36 rutas. En total se trabaja con un total de 106 rutas, que son la representación del STPP de Mérida.

Para la evaluación de algunas Variables no se considera el total de las rutas sino una muestra de ellas, en tales casos se hará las observaciones pertinentes.

La descripción detallada de cada variable se explica en el anexo D, junto a sus respectivas evaluaciones.

El resumen de la evaluación de las variables que componen el STPP actual de Mérida se muestra en la tabla 5.1

5.1.2. Conversión de variables ordinarias a variables difusas

Se transforman las variables ordinarias a variables difusas, para ello se construye un universo de discurso o dominio, se define en todos los casos como rango mínimo del dominio el valor cero (0) y como rango superior se consideraron tres criterios:

1. En el caso de las variables que se calculan para las diferentes rutas y cuyo resultado definitivo es el promedio del valor de ellas, se considera el valor máximo obtenido de ellas más el veinte por ciento.
2. En los casos en el que el valor definitivo de la variable es calculado directamente a partir de la fórmula correspondiente, se toma en cuenta el doble del valor obtenido.
3. En el caso que la unidad en que se expresa la variable es un porcentaje, se considera como rango superior el valor cien (100).

Código de la Variable	Nombre de la Variable	Valor
01-01	Densidad Empleados	0.92 Km./Empleados
01-02	Grado Utilización Unidades de Transporte	20.8 km. / Vehículo
01-03	Consumo de Combustible	296 Litros/Km.
01-04	Costo por Km.	906 Bs./Km.
01-05	Costo por Pasajero	468 Bs./Pasajero
02-01	Demanda de Pasajeros	27320 Pasajeros/Hora
02-02	Distribución de Pasajeros	22620.87 Pasajeros/Km.
02-03	Oferta Transporte Público	192.89 Km./Habitante
02-04	Proporción de Pasajeros	1.1827 (Pasajeros/Día)/Habitantes
02-05	Cobertura del STPP	17.51 %
03-01	Velocidad Comercial	18.35 Km./Hora
03-02	Antigüedad Media del Parque	20.85 Años
03-03	Siniestralidad	31 Accidentes/Mes
03-04	Accesibilidad Personas Movilidad Reducida	0 %
03-05	Frecuencia	9.8 Unidades/Hora
03-06	Confort	0,78
03-07	Impacto Ambiental	22632.34 Gramos/Km.
04-01	Ingreso por Usuario	492.85 Bs./Usuario
04-02	Subvenciones	47 %

Tabla 5.1: Variables que componen el STPP actual

Se hace la transformación del valor puntual obtenido para cada variable a un número difuso triangular, éste consta de tres valores que lo definen, a, b y c, donde b es el valor de máxima presunción y tiene pertenencia máxima al subconjunto difuso, el soporte del número difuso se determina (manera arbitraria) como el diez por ciento del tamaño del dominio; por lo que los valores a y c están ubicados cinco por ciento del tamaño del dominio a la izquierda y a la derecha del valor b respectivamente. Las variables difusas se muestran de manera resumida en la tabla 5.2.

La mayoría de las variables están definidas con diferentes tipos de unidades de medida, se considera conveniente normalizarlas a fin de unificar las medidas y poder manipularlas

con igualdad de importancia. Las variables normalizadas se muestran en la tabla 5.3.

A continuación se realiza una correspondencia de los números difusos con los expertos.

Se muestra en el expertón de cada variable el tipo de influencia que ésta tiene para con el indicador al cual pertenece, se usa la siguiente nomenclatura:

- Influencia positiva, con signo mas (+).
- Influencia negativa, con un signo menos (-).
- Influencia neutral, sin ningún signo.

www.bdigital.ula.ve

5.2. Construcción de Expertones

5.2.1. Indicador de productividad

		Empleados				G. Utilización	
		1-01 (+)				1-02 (+)	
0		1	1	0		1	1
0.1		1	1	0.1		1	1
0.2		0.31	0.31	0.2		1	1
0.3		0	0	0.3		0.48	0.48
0.131 =	0.4	0	0	0.248 =	0.4	0	0
	0.5	0	0		0.5	0	0
	0.6	0	0		0.6	0	0
	0.7	0	0		0.7	0	0
	0.8	0	0		0.8	0	0
	0.9	0	0		0.9	0	0
	1	0	0		1	0	0
		0.131	0.131			0.248	0.248

www.bdigital.ula.ve

		C. Combustible				Costo km.	
		1-03 (-)				1-04 (-)	
	0	1	1		0	1	1
	0.1	1	1		0.1	1	1
	0.2	1	1		0.2	1	1
	0.3	1	1		0.3	1	1
0.499 =	0.4	1	1	0.326 =	0.4	0.26	0.26
	0.5	0.99	0.99		0.5	0	0
	0.6	0	0		0.6	0	0
	0.7	0	0		0.7	0	0
	0.8	0	0		0.8	0	0
	0.9	0	0		0.9	0	0
	1	0	0		1	0	0
		0.499	0.499			0.326	0.326

		Costo Pasajero	
		1-05 (-)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.365 =	0.4	0.65	0.65
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.365	0.365

www.bdigital.ula.ve

5.2.2. Indicador de nivel de servicio

		Demanda H.	
		2-01	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.5 =	0.4	1	1
	0.5	1	1
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0

		Distrib. Pasajeros	
		2-02	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.5 =	0.4	1	1
	0.5	1	1
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0

		Oferta T. Publico	
		2-03 (+)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.499 =	0.4	1	1
	0.5	0.99	0.99
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0

0.5 0.5

0.499 0.499

		Prop. Pasajeros	
		2-04	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.394 =	0.4	0.94	0.94
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0

0.5 0.5

0.394 0.394

www.bdigital.ula.ve

		Cobertura	
		2-05 (+)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	0.75	0.75
	0.3	0	0
0.175 =	0.4	0	0
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.175	0.175

5.2.3. Indicador de calidad del servicio

		Velocidad	
		3-01 (+)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.51 =	0.4	1	1
	0.5	1	1
	0.6	0.1	0.1
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.51	0.51

		Antigüedad	
		3-02 (-)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.632 =	0.4	1	1
	0.5	1	1
	0.6	1	1
	0.7	0.32	0.32
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.632	0.632

		Siniestralidad	
		3-03 (-)	
0.5 =	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
	0.4	1	1
	0.5	1	1
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
1	0	0	
		0.5	0.5

		Acceso PMR	
		3-04 (+)	
0 =	0	1	1
	0.1	0	0
	0.2	0	0
	0.3	0	0
	0.4	0	0
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
1	0	0	
		0	0

		Frecuencia	
		3-05 (+)	
0.306 =	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
	0.4	0.06	0.06
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
1	0	0	
		0.306	0.306

		Confort	
		3-06 (-)	
0.195 =	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	0.95	0.95
	0.4	0	0
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
1	0	0	
		0.195	0.195

www.bdigital.ula.ve

		Impacto A.	
		3-07 (-)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.311 =	0.4	0.11	0.11
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.311	0.311

En el caso de la variable confort, se considera de influencia negativa debido a que éste se calcula a partir del índice de ocupación, es decir a medida que aumenta éste, el valor del confort disminuye. Pero la influencia de la variable para con el indicador es positiva.

5.2.4. Indicador de tarifa

		Tarifa	
		4-01	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		1	1
0.408 =	0.4	1	1
	0.5	0.08	0.08
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.408	0.408

		Subvenciones	
		4-02	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		1	1
0.474 =	0.4	1	1
	0.5	0.74	0.74
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.474	0.474

5.3. Evaluación de la calidad del STPP actual de Mérida

Teniendo las variables difusas en términos de expertones se procede a condensar sus valores en el indicador correspondiente, utilizando el evaluador de la calidad de los STPP desarrollado en el capítulo anterior.

Para el empleo del instrumento evaluador:

- El valor de cada variable está representado por la esperanza matemática del expertón correspondiente a ella.
- Las variables con influencia positiva y neutral aportan incremento en el indicador, por lo que se usa su valor tal cual es, mientras que las de influencia negativa aportan un incremento negativo en su indicador, por lo que lugar de su valor se usa el

complemento de éste.

- El peso de cada variable se asocia al valor de ella mediante el operador de multiplicación.

La operación es como sigue:

Sea Indicador $i = 1, 2, 3, 4$.

Sea Variable $j = 1, 2, 3, \dots, m$ (m es el número de variables del indicador i).

Sea peso $\lambda = 1, 2, 3, \dots, m$ (λ = peso de la variable j sobre indicador i).

$$\text{Indicador}_i = \sum_{j=1}^m j \cdot \lambda$$

El valor resultante para cada indicador se muestra a continuación:

- **Evaluación del indicador de productividad**

$$\begin{aligned} \text{Productividad} &= (0,131 \cdot 0,2063) + (0,248 \cdot 0,2006) + ((1 - 0,499) \cdot 0,1791) \\ &+ ((1 - 0,326) \cdot 0,2006) + ((1 - 0,365) \cdot 0,2134) = 0,69055 \end{aligned}$$

- **Evaluación del indicador de nivel de servicio**

$$\begin{aligned} \text{Nivel de servicio} &= (0,5 \cdot 0,2163) + (0,5 \cdot 0,1863) + (0,499 \cdot 0,1920) \\ &+ (0,394 \cdot 0,2048) + (0,175 \cdot 0,2006) = 0,4129 \end{aligned}$$

- **Evaluación del indicador de calidad de Servicio**

$$\begin{aligned}
 \text{Calidad de Servicio} &= (0,51 \cdot 0,1450) + ((1 - 0,632) \cdot 0,1563) \\
 &+ ((1 - 0,5) \cdot 0,1359) + (0 \cdot 0,1287) \\
 &+ (0,306 \cdot 0,1573) + ((1 - 0,195) \cdot 0,1512) \\
 &+ ((1 - 0,311) \cdot 0,1257) = 0,4558
 \end{aligned}$$

■ **Evaluación del indicador de tarifa**

$$\text{Tarifa} = (0,408 \cdot 0,5589) + (0,474 \cdot 0,4411) = 0,4371$$

De igual manera se procede para condensar los distintos indicadores en un solo valor que represente la calidad del STPP actual de Mérida, salvo que en ese caso la influencia de todos los indicadores para con la calidad siempre es positiva.

5.3.1. Evaluación de la calidad del STPP actual de Mérida

$$\begin{aligned}
 \text{Calidad del STPP} &= (0,69055 \cdot 0,2429) + (0,4129 \cdot 0,2625) \\
 &+ (0,4558 \cdot 0,2714) + (0,4371 \cdot 0,2232) = 0,4974
 \end{aligned}$$

De esta manera se obtiene lo que representa una medida de la calidad del STPP actual de Mérida. Se cree pertinente resaltar que este valor obtenido, por si solo o de manera aislada no represente otra información adicional, siempre es necesario tener en cuenta las consideraciones hechas al aplicar el instrumento evaluador a partir de las particularidades del escenario estudiado.

Indicador	Variable	Rango Inferior	Número Difuso			Rango Superior	Longitud Dominio
			A	B	C		
Productividad	Densidad Empleados	0	0.57	0.92	1.27	7	7
	Grado Utilización	0	16.599	20.799	24.999	84	84
	Consumo Combustible	0	267.5	297.25	327	595	595
Nivel de Servicio	Costo/Km.	0	767.1	906	1044.9	2778	2778
	Costo/Pasajero	0	403.515	467.515	531.515	1280	1280
	Demanda H. Pasajeros	0	24588.164	27320.214	30052.264	54641	54641
	Distribución Pasajeros	0	20358.772	22620.872	24882.972	45242	45242
	Oferta Transporte Público	0	173.594	192.89366	212.194	386	386
	Proporción Pasajeros	0	1.033	1.183	1.333	3	3
Calidad del Servicio	Cobertura STPP	0	7.999	8.899	9.799	100	100
	Velocidad Comercial	0	16.553	18.353	20.153	36	36
	Antigüedad Media Parque	0	19.197	20.847	22.497	33	33
	Siniestralidad	0	27.9	31	34.1	62	62
	Accesibilidad PMR	0	0	0	5	100	100
	Frecuencia	0	8.2	9.8	11.4	32	32
Tarifa	Confort	0	0.581	0.781	0.981	4	4
	Impacto Ambiental	0	19028.258	22670.608	26312.958	72847	72847
	Tarifa	0	429.72	489.72	549.72	1200	1200
	Subvenciones	0	42.423	47.423	52.423	100	100

Tabla 5.2: Variables difusas

Indicador	Variable	Rango Inferior	Número Difuso			Rango Superior	Longitud Dominio
			A	B	C		
Productividad	Densidad Empleados	0	0.08144	0.13144	0.18144	1	1
	Grado Utilización	0	0.1976	0.2476	0.2976	1	1
	Consumo Combustible	0	0.44958	0.49958	0.54958	1	1
Nivel de Servicio	Costo/Km.	0	0.27613	0.32613	0.37613	1	1
	Costo/Pasajero	0	0.31525	0.36525	0.41525	1	1
	Demanda H. Pasajeros	0	0.44999	0.49999	0.54999	1	1
	Distribución Pasajeros	0	0.45	0.49999	0.55	1	1
	Oferta Transporte Público	0	0.44972	0.49972	0.54972	1	1
Calidad del Servicio	Proporción Pasajeros	0	0.34423	0.39423	0.44423	1	1
	Cobertura STPP	0	0.12506	0.17506	0.22506	1	1
	Velocidad Comercial	0	0.45981	0.50981	0.55981	1	1
	Antigüedad Media Parque	0	0.58171	0.63171	0.68171	1	1
	Accesibilidad PMR	0	0.45	0.5	0.55	1	1
Tarifa	Frecuencia	0	0	0	0.05	1	1
	Confort	0	0.25624	0.30623	0.35624	1	1
	Impacto Ambiental	0	0.14517	0.19516	0.24517	1	1
Subvenciones	Tarifa	0	0.26121	0.3112	0.36121	1	1
	Densidad Empleados	0	0.3581	0.40809	0.4581	1	1
		0	0.42423	0.47422	0.52423	1	1

Tabla 5.3: Variables difusas normalizadas

Capítulo 6

Escenarios futuros

El escenario planteado para el STPP de Mérida es uno en el que ya se ha implantado el sistema conformado por el subsistema Trolmérida, en su primera línea y el subsistema de las rutas alimentadoras, conformado por un total de 38 rutas. Al ver el STPP globalmente la línea uno del Trolmérida se considera como una ruta más, por lo que el estudio se hace para un total de 39 rutas.

En el presente capítulo se analiza este escenario por dos vías, primero a partir del estudio en el que el Instituto Autónomo Trolmérida plantea y planifica la implantación del subsistema de rutas alimentadoras; estudio realizado por la empresa CARB Consultores entre finales de 2002 y comienzos de 2003 (Véase[CARB Consultores, 2003]) y que hasta el presente, es el estudio que se mantiene vigente¹. La segunda vía de análisis es a través de la valuación del escenario por parte de expertos en materia de transporte.

Estas dos vías de análisis en adelante se denominarán *escenario futuro A* y *escenario futuro B* respectivamente.

¹ El instituto autónomo Trolmérida, realiza en la actualidad otro estudio para las rutas alimentadoras por medio de una contratista, pero aun no culmina.

6.1. Escenario futuro A del STPP de Mérida

6.1.1. Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro A

A partir del mencionado estudio [CARB Consultores, 2003] de rutas alimentadoras y haciendo un esfuerzo de análisis, se pueden medir la gran mayoría de las variables que definen la calidad de un STPP, excepto la variable *Siniestralidad*, por ser una variable de medición in situ.

Teniendo los valores de las variables se hace uso del instrumento evaluador de la calidad de un STPP para estimar el escenario. Para ello es necesario realizar los pasos que se desarrollaron en el capítulo 5 para el *escenario actual*.

6.1.2. Evaluación de las variables

La información referente al subsistema de las rutas alimentadoras en su totalidad tiene origen en el estudio [CARB Consultores, 2003], y la referente al subsistema Trolmérida se obtiene en el Instituto Autónomo Trolmérida.

El análisis de la calidad del STPP, se desarrolla tal cual se realiza para la calidad del STPP de Mérida en el escenario actual. Se comienza obteniendo el valor para cada variable, descartando la variable siniestralidad.

El resumen de la evaluación de las variables que componen el escenario futuro A del STPP de Mérida² se muestra en la tabla 6.1.

² La descripción detallada del cálculo de cada una de las variables, se muestra en el Anexo E

Código de la Variable	Nombre de la Variable	Valor
01-01	Densidad de Empleados	1.09 Km./Empleado
01-02	Grado Utilización Unidades de Transporte	54.72 km./Vehículo
01-03	Consumo Combustible	52.75 Litros/Km.
01-04	Costo por Km.	1202.62 Bs./Km.
01-05	Costo por Pasajero	256 Bs./Pasajero
02-01	Demanda de Pasajeros	31862 Pasajeros/Hora
02-02	Distribución de Pasajeros	5716 Pasajeros / Km.
02-03	Oferta de Transporte Público	43.76 Km. / Habitante
02-04	Proporción de Pasajeros	1.38 (Pasajeros/Día)/Habitantes
02-05	Cobertura del STPP	67.61 %
03-01	Velocidad Comercial	28.83 Km./Hora
03-02	Antigüedad Media del Parque	5.0 Años
03-03	Siniestralidad	No Aplica
03-04	Accesibilidad Personas Movilidad Reducida	17.58 %
03-05	Frecuencia	8.89 Unidades/Hora
03-06	Confort	1
03-07	Impacto Ambiental	7959 Gramos/Km.
04-01	Ingreso por Usuario	364 Bs./Usuario
04-02	Subvenciones	47 %

Tabla 6.1: Variables que componen el escenario futuro A.

6.1.3. Conversión de variables ordinarias a variables difusas

Se construyen los números difusos, tal como se muestra en la tabla 6.2. Los rangos de los diferentes dominios de las variables son los utilizados en el escenario actual del STPP de Mérida.

Una vez construidas las variables difusas, se normalizan como se muestra en la tabla 6.3

Indicador	Variable	Rango Inferior	Número Difuso			Rango Superior	Longitud Dominio
			A	B	C		
Productividad	Densidad Empleados	0	0.73696	1.09	1.43696	7	7
	Grado Utilización	0	50.525	54.72	58.925	84	84
	Consumo Combustible	0	23	52.75	82.5	595	595
	Costo/Km.	0	1063.72	1202.62	1341.52	2778	2778
Nivel de Servicio	Costo/Pasajero	0	192.374	256	320.374	1280	1280
	Demanda Horaria de Pasajeros	0	29130.1	31862	34594.2	54641	54641
	Distribución Pasajeros	0	3453.77	5716	7977.97	45242	45242
	Oferta Transporte Público	0	24.4593	43.76	63.0593	386	386
	Proporción Pasajeros	0	1.22932	1.38	1.52932	3	3
	Cobertura STPP	0	62.6105	67.61	72.6105	100	100
Calidad del Servicio	Velocidad Comercial	0	27.0333	28.83	30.6333	36	36
	Antigüedad Media del Parque	0	3.35	5	6.65	33	33
	Accesibilidad PMR	0	12.5781	17.58	22.5781	100	100
	Frecuencia	0	7.28889	8.89	10.4889	32	32
Tarifa	Confort	0	0.8	1	1.2	4	4
	Impacto Ambiental	0	4316.2	7959	11600.9	72847	72847
	Tarifa	0	304.266	364	424	1200	1200
	Subvenciones	0	42	47	52	100	100

Tabla 6.2: Variables difusas

Indicador	Variable	Rango Inferior	Número Difuso			Rango Superior
			A	B	C	
Productividad	Densidad de Empleados	0	0.10528	0.15528	0.20528	1
	Grado de Utilización	0	0.60149	0.65148	0.70149	1
	Consumo de Combustible	0	0.03866	0.08865	0.13866	1
	Costo/Km.	0	0.38291	0.4329	0.48291	1
	Costo/Pasajero	0	0.15029	0.20029	0.25029	1
Nivel de Servicio	Demanda H. de Pasajeros	0	0.53312	0.58311	0.63312	1
	Distribución de Pasajeros	0	0.07634	0.12633	0.17634	1
	Oferta Transporte Público	0	0.06337	0.11336	0.16337	1
	Proporción de Pasajeros	0	0.46743	0.51743	0.56743	1
	Cobertura STPP	0	0.62611	0.6761	0.72611	1
Calidad del Servicio	Velocidad Comercial	0	0.75093	0.80092	0.85093	1
	Antigüedad Media del Parque	0	0.10152	0.15151	0.20152	1
	Accesibilidad PMR	0	0.12578	0.17578	0.22578	1
	Frecuencia	0	0.22778	0.27777	0.32778	1
	Confort	0	0.2	0.25	0.3	1
Tarifa	Impacto Ambiental	0	0.26121	0.3112	0.36121	1
	Tarifa	0	0.16721	0.2172	0.26721	1
	Subvenciones	0	0.42	0.47	0.52	1

Tabla 6.3: Variables difusas normalizadas

6.1.4. Construcción de Expertones

Los números difusos se transforman a expertones. Se muestra en el expertón de cada variable el tipo de influencia que ésta tiene para con el indicador al cual pertenece, se usa la siguiente nomenclatura:

- Influencia positiva, con signo mas (+).
- Influencia negativa, con un signo menos (-).
- Influencia neutral, sin ningún signo.

Indicador de productividad

		Empleados		G. Utilización	
		1-01 (+)		1-02 (+)	
	0	1	1	0	1
	0.1	1	1	0.1	1
	0.2	0.55	0.55	0.2	1
	0.3	0	0	0.3	1
0.155	=	0.4	0	0.651	=
		0.5	0	0.4	1
		0.6	0	0.5	1
		0.7	0	0.6	1
		0.8	0	0.7	0.51
		0.9	0	0.8	0
		1	0	0.9	0
		0.155	0.155	1	0
				0.651	=
				0.651	

0.089	=
-------	---

C. Combustible	
1-03 (-)	
0	1
0.1	0.889
0.2	0
0.3	0
0.4	0
0.5	0
0.6	0
0.7	0
0.8	0
0.9	0
1	0

0.0889	0.0889
--------	--------

0.2	=
-----	---

Costo P.	
1-05 (-)	
0	1
0.1	1
0.2	1
0.3	0
0.4	0
0.5	0
0.6	0
0.7	0
0.8	0
0.9	0
1	0

0.2	0.2
-----	-----

0.433	=
-------	---

Costo km.	
1-04 (-)	
0	1
0.1	1
0.2	1
0.3	1
0.4	1
0.5	0.33
0.6	0
0.7	0
0.8	0
0.9	0
1	0

0.433	0.433
-------	-------

www.bdigital.ula.ve

Indicador del Nivel de Servicio

		Demanda H.	
		02-01	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		1	1
0.4	0.583 =	1	1
0.5		1	1
0.6		0.83	0.83
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.583	0.583

		Distrib. Pasajeros	
		02-02	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		0.26	0.26
0.3		0	0
0.4	0.126 =	0	0
0.5		0	0
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.126	0.126

		Oferta T. Publico	
		2-03 (+)	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		0.13	0.13
0.3		0	0
0.4	0.113 =	0	0
0.5		0	0
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.113	0.113

		Prop. Pasajeros	
		2-04	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		1	1
0.4	0.46 =	1	1
0.5		0.6	0.6
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.46	0.46

www.bdigital.ula.ve

		Cobertura	
		2-05 (+)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.676 =	0.4	1	1
	0.5	1	1
	0.6	1	1
	0.7	0.76	0.76
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.676	0.676

Indicador de Calidad del Servicio

		Velocidad	
		3-01 (+)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	1	1
	0.3	1	1
0.801 =	0.4	1	1
	0.5	1	1
	0.6	1	1
	0.7	1	1
	0.8	1	1
	0.9	0.01	0.01
	1	0	0
		0.801	0.801

		Antigüedad	
		3-02 (-)	
	0	1	1
	0.1	1	1
	0.2	0.52	0.52
	0.3	0	0
0.152 =	0.4	0	0
	0.5	0	0
	0.6	0	0
	0.7	0	0
	0.8	0	0
	0.9	0	0
	1	0	0
		0.152	0.152

		Acceso PMR	
		3-04 (+)	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		0.76	0.76
0.3		0	0
0.4	0.176 =	0	0
0.5		0	0
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.176	0.176

		Frecuencia	
		3-05 (+)	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		0.78	0.78
0.4	0.278 =	0	0
0.5		0	0
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.278	0.278

		Confort	
		3-06 (-)	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		0.5	0.5
0.4	0.25 =	0	0
0.5		0	0
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.25	0.25

		Impacto A.	
		3-07 (-)	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		0.09	0.09
0.3		0	0
0.4	0.109 =	0	0
0.5		0	0
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.109	0.109

www.boligital.ula.ve

Indicador de Tarifa

		Tarifa	
		04-Ene	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		0.24	0.24
0.224 = 0.4	=	0	0
0.5		0	0
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.224	0.224

		Subvenciones	
		04-Feb	
0		1	1
0.1		1	1
0.2		1	1
0.3		1	1
0.47 = 0.4	=	1	1
0.5		0.7	0.7
0.6		0	0
0.7		0	0
0.8		0	0
0.9		0	0
1		0	0
		0.47	0.47

6.1.5. Evaluación de la calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro A

Teniendo las variables difusas en términos de expertos se procede a condensar sus valores en el indicador correspondiente, utilizando el evaluador de la calidad de los STPP desarrollado anteriormente, se deben tener presentes las mismas consideraciones hechas en evaluación del escenario actual.

La operación es como sigue:

Sea Indicador $i = 1, 2, 3, 4$.

Sea Variable $j = 1, 2, 3, \dots, m$ (m es el número de variables del indicador i).

Sea peso $\lambda = 1, 2, 3, \dots, m$ ($\lambda =$ peso de la variable j sobre indicador i).

$$\text{Indicador}_i = \sum_{j=1}^m j \cdot \lambda$$

El valor resultante para cada indicador se muestra a continuación.

■ **Evaluación del indicador de productividad**

$$\begin{aligned} \text{Productividad} &= (0,155 \cdot 0,2063) + (0,651 \cdot 0,2006) + \\ &((1 - 0,0889) \cdot 0,1791) + ((1 - 0,433) \cdot 0,2006) + \\ &((1 - 0,2) \cdot 0,2134) = 0,6920 \end{aligned}$$

■ **Evaluación del indicador de nivel de servicio**

$$\begin{aligned} \text{Nivel de servicio} &= (0,583 \cdot 0,2163) + (0,126 \cdot 0,1863) + \\ &(0,113 \cdot 0,1920) + (0,46 \cdot 0,2048) + \\ &(0,676 \cdot 0,2006) = 0,4011 \end{aligned}$$

■ **Evaluación del indicador de calidad de servicio**

$$\begin{aligned} \text{Calidad de Servicio} &= (0,801 \cdot 0,1450) + ((1 - 0,152) \cdot 0,1563) + \\ &(0,176 \cdot 0,1287) + (0,278 \cdot 0,1573) + \\ &((1 - 0,25) \cdot 0,1512) + ((1 - 0,109) \cdot 0,1257) = 0,5404 \end{aligned}$$

■ **Evaluación del indicador de tarifa**

$$\text{Tarifa} = (0,224 \cdot 0,5589) + (0,47 \cdot 0,4411) = 0,3325$$

De igual forma, se procede para condensar los distintos indicadores en un solo valor que represente la calidad del STPP actual de Mérida, salvo que en ese caso la influencia de todos los indicadores para con la calidad siempre es positiva.

Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro A

$$\begin{aligned} \text{Calidad del STPP} &= (0,6920 \cdot 0,2429) + (0,4011 \cdot 0,2625) + \\ &\quad (0,5404 \cdot 0,2714) + (0,3325 \cdot 0,2232) = 0,4942 \end{aligned}$$

De esta manera se obtiene un valor puntual que representa la calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro planteado.

6.2. Escenario futuro B del STPP de Mérida

Cualquier escenario que se vea evolucionar en el tiempo y vaya más allá del presente puede aportar información de importancia para la toma de decisiones en la actualidad, pero sin duda alguna estará más cargado de incertidumbre que cualquier otro. Es pertinente para el estudio de escenarios en ambientes con incertidumbre el uso de expertizajes y herramientas difusas.

6.2.1. Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro B

Para tener una visión más rica del escenario planteado se procede a realizar una valuación de él por parte de un conjunto de expertos, mediante la realización de un expertizaje.

6.2.2. Expertizaje

Se realiza el expertizaje a un número de 8 expertos³ haciendo uso de una Herramienta⁴ en la que se valúa cada una de las variables que conforman el STPP del escenario planteado.

El proceso es como sigue, a cada experto se le proporciona:

- La información necesaria del escenario planteado.
- La información necesaria de cada variable.
- Un intervalo donde se encuentra el valor exacto de cada variable en el escenario actual del STPP de Mérida, éste es el soporte del número difuso de cada variable en el escenario actual.
- La escala endecadaria apropiada.

Y se le pide que haga su valuación para el valor de la variable a partir del intervalo dado utilizando la escala endecadaria proporcionada.

El intervalo proporcionado no es límite para la valuación de los expertos, en el caso en que éste no les satisfaga, tienen la posibilidad de modificarlo y hacer la valuación a partir del sugerido por ellos. Posteriormente se procede a promediar los intervalos sugeridos por cada experto y usar este promedio como el definitivo al momento de hacer la transformación lineal.

³ Ver Anexo A, Grupo de Expertos N°3.

⁴ Ver Anexo C, Herramienta N° 2.

6.2.3. Valuación de las variables

Se agregan las valuaciones de los expertos utilizando los R±-Expertones. Para cada variable se construye un R±-Expertón, para tal fin se desarrolló un algoritmo⁵.

A continuación se muestra el desarrollo de la metodología empleada para el cálculo de los R±-Expertones con una de las variables, se escoge de manera arbitraria la variable *Velocidad Comercial*. El procedimiento es el mismo para la totalidad de las variables.

El intervalo de la velocidad comercial proporcionado a los expertos es:

$$\text{Velocidad Comercial} = [15,55, 20,15]$$

El intervalo obtenido a partir de los sugeridos por los expertos es:

$$\text{Velocidad Comercial} = [18,23, 25,09]$$

El expertizaje resultante y su expertón asociado son:

⁵ Ver Anexo B, Algoritmo N° 3.

Expertizaje	Expertón	
	0	1
Experto 1: [0.5,1]	0.1	1
Experto 2: [0.7,0.8]	0.2	1
Experto 3: [0.7,0.9]	0.3	0.875
Experto 4: [0.5,1]	0.4	0.875
Experto 5: [0.7,0.7]	0.5	0.75
Experto 6: [0.9,0.9]	0.6	0.5
Experto 7: [0.5,0.5]	0.7	0.5
Experto 8: [0.4,0.4]	0.8	0.5
	0.9	0.25
	1	0

El R_{\pm} -Expertón se calcula haciendo la transformación lineal vista en el capítulo ??, así se obtiene que la esperanza matemática del R_{\pm} -Expertón es [22.52; 23.55]. En el caso de ejemplo, este intervalo representa el rango en el que según los expertos se encontrará la velocidad en el escenario futuro planteado. El lector puede notar que este rango se encuentra por encima del rango presentado originalmente, este hecho puede interpretarse como que, según los expertos, en el escenario futuro esta variable aumentará respecto al valor actual.

6.2.4. Diseño de las variables difusas

Las esperanzas matemáticas de los R_{\pm} -Expertones, se transforman en números difusos, la amplitud del intervalo de cada variable define el soporte del número difuso, los dominios son los mismos que en los demás escenarios. El resumen de las variables difusas se muestra en la tabla 6.4

Indicador	Variable	Rango Inferior	Número Difuso			Rango Superior
			A	B	C	
Productividad	Densidad de Empleados	0	4.26317	4.43	4.5956	7
	Grado de Utilización	0	22.9804	23.59	24.2067	84
	Consumo de Combustible	0	280.723	286.47	292.222	595
	Costo/Km.	0	902.528	923.36	944.198	2778
Nivel de Servicio	Costo/Pasajero	0	566.227	585.37	604.513	1280
	Demanda Horaria de Pasajeros	0	28505.9	28844.97	29184	54641
	Distribución de Pasajeros	0	23297.3	23572.82	23848.3	45242
	Oferta Transporte Público	0	199.512	201.8	204.086	386
	Proporción de Pasajeros	0	1.3816	1.42	1.45647	3
	Cobertura STPP	0	23.2552	24.03	24.802	100
Calidad del Servicio	Velocidad Comercial	0	22.4357	22.99	23.5503	36
	Antigüedad Media del Parque	0	11.0438	12.02	13.0031	33
	Siniestralidad	0	28.4994	28.71	28.9166	62
	Accesibilidad PMR	0	21.3281	22.7	24.0625	100
	Frecuencia	0	10.1061	10.33	10.5637	32
	Confort	0	0.7806	0.79	0.80567	4
	Impacto Ambiental	0	20005.1	20587.41	21169.7	72847
	Tarifa	0	584.49	604.22	624	1200
Tarifa	Subvenciones	0	48.58	48.92	49.2648	100

Tabla 6.4: Variables difusas

Es necesario hacer dos observaciones importantes

1. A fin de facilitar el expertizaje, los expertos fueron consultados sobre la variable independiente *Cantidad de Empleados*, en lugar de *Densidad de Empleados* dividiendo la suma de los km. totales de todas las rutas, según [CARB Consultores, 2003], entre la esperanza matemática de cantidad de empleados, se obtiene la *Densidad de Empleados*.
2. Para la variable *Grado de Utilización*, la variable valuada por los expertos fue *Km. Diarios recorridos*. La esperanza matemática se divide entre el promedio del número de unidades de cada ruta según [CARB Consultores, 2003].

6.2.5. Construcción de Expertones

A partir de las variables difusas se construyen los expertones y se evalúa su esperanza matemática⁶.

1. Esperanza matemática de los expertones de las variables relacionadas con el indicador **Productividad**.

Variable	Influencia sobre el indicador	Esperanza
Empleados	(+)	0.6328
G. de Utilización	(+)	0.2809
C. Combustible	(-)	0.4815
Costo Km.	(-)	0.3324
Costo Pasajero	(-)	0.4573

2. Esperanza matemática de los expertones de las variables relacionadas con el indicador **Nivel de Servicio**

⁶ El procedimiento es idéntico al seguido en secciones anteriores.

Variable	Influencia sobre el indicador	Esperanza
Demanda H.		0.5279
Distrib. Pasajeros		0.521
Oferta T. Público	(+)	0.5229
Prop. Pasajeros		0.473
Cobertura	(+)	0.2403

3. Esperanza matemática de los expertones de las variables relacionadas con el indicador **Calidad del Servicio**

Variable	Influencia sobre el indicador	Esperanza
Velocidad	(+)	0.6387
Antigüedad	(-)	0.3643
Siniestralidad	(-)	0.463
Acceso PMR	(+)	0.2269
Frecuencia	(+)	0.323
Confort	(-)	0.1983
Impacto A.	(-)	0.283

4. Esperanza matemática de los expertones de las variables relacionadas con el indicador **Tarifa**

Variable	Influencia sobre el indicador	Esperanza
Tarifa		0.5035
Subvenciones		0.4892

6.2.6. Evaluación de la Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro B

Se realiza la concreción de las variables en sus respectivos indicadores y de éstos en el valor de la calidad del STPP planteado. El valor resultante para cada indicador se muestra

a continuación.

■ **Evaluación del indicador de productividad**

$$\begin{aligned} \text{Productividad} &= (0,633 \cdot 0,2063) + (0,281 \cdot 0,2006) + \\ &((1 - 0,481) \cdot 0,1791) + ((1 - 0,332) \cdot 0,2006) + \\ &((1 - 0,457) \cdot 0,2134) = 0,5628 \end{aligned}$$

■ **Evaluación del indicador de nivel de servicio**

$$\begin{aligned} \text{Nivel de servicio} &= (0,528 \cdot 0,2163) + (0,521 \cdot 0,1863) + \\ &(0,523 \cdot 0,1920) + (0,473 \cdot 0,2048) + \\ &(0,24 \cdot 0,2006) = 0,4567 \end{aligned}$$

■ **Evaluación del indicador de calidad de servicio**

$$\begin{aligned} \text{Calidad de Servicio} &= (0,539 \cdot 0,1538) + ((1 - 0,364) \cdot 0,1561) + \\ &((1 - 0,463) \cdot 0,1252) + (0,227 \cdot 0,1275) + \\ &(0,323 \cdot 0,1609) + ((1 - 0,2) \cdot 0,1466) + \\ &((1 - 0,28) \cdot 0,1299) = 0,5411 \end{aligned}$$

■ **Evaluación del indicador de tarifa**

$$\text{Tarifa} = (0,504 \cdot 0,5250) + (0,489 \cdot 0,4750) = 0,4969$$

Calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro B

$$\begin{aligned} \text{Calidad del STPP} &= (0,5628 \cdot 0,2501) + (0,4567 \cdot 0,2583) + \\ &(0,5411 \cdot 0,2626) + (0,5411 \cdot 0,2291) = 0,5146 \end{aligned}$$

También se ha obtenido el valor representativo de la calidad del STPP de Mérida en el escenario futuro, pero por la vía del expertizaje, es el valor en el que según el grupo de expertos consultados se encontrará la calidad del STPP de Mérida en el escenario que se les planteó.

www.bdigital.ula.ve

Parte V

Conclusiones

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Conclusiones

La adecuación y aplicación de la metodología de Gil Aluja para evaluar el impacto del TROLMÉRIDA en la calidad del STPP de Mérida, ha sido muy rica en experiencia y resultados, algunas de las conclusiones mas resaltantes se muestran a continuación:

La metodología de gestión de expertos empleada, que hace uso de herramientas difusas, y que tradicionalmente se ha utilizado para el estudio y la toma de decisiones en ambientes con incertidumbre, puede emplearse también obteniendo resultados satisfactorios para estudiar sistemas complejos de tipo socioeconómico como lo es un STPP. Lo cual la convierte en una herramienta de mucha utilidad para las personas que tienen la difícil tarea de la toma de decisiones en la actualidad.

El expertizaje es una herramienta muy versátil para afrontar problemas de diferente índole, esta afirmación se demuestra pues, en este estudio, se utilizó para fines diversos en los que siempre se alcanzaron los objetivos esperados: la construcción del instrumento evaluador de la calidad de un STPP, el estudio de las interrelaciones de las variables mediante

el método de los efectos olvidados y la valuación del escenario futuro B.

El instrumento evaluador de la calidad de un STPP construido, puede aportar una invaluable ayuda a quienes por diversas razones estén interesados en estudiar un STPP determinado; es un instrumento poderoso a la hora de evaluar cualquier STPP existente o futuro y para la toma de decisiones referentes a dicho sistema. Puede usarse global o específicamente, es decir se puede medir la gestión de alguno de los actores del STPP o estimar cualquiera de los pilares que lo conforman.

El empleo del método de los efectos olvidados para el estudio de sistemas, a partir de la interrelación de las variables que lo componen, aporta gran cantidad de información valiosa y útil que facilita la toma de decisiones, convirtiéndolo en una excelente herramienta para el análisis y conocimiento del comportamiento de sistemas. En el caso estudiado, las relaciones de incidencia directas, resumidas en M1, aportan la información principal que evidencia el comportamiento del sistema. Además, se encontraron relaciones de incidencia indirectas, también llamadas *Efectos Olvidados*, que los expertos consultados nunca consideraron, y que tienen importancia y utilidad para las personas que deben tomar decisiones, pues, entre otras cosas, a partir de ellas se puede reajustar la matriz de efectos directos M1.

Los resultados obtenidos para ambos escenarios estudiados, actual y futuro, pese a haberse determinado con poca rigurosidad en la evaluación de las variables y en la vigencia de éstas, poseen una gran solidez, pues las consideraciones hechas para los cálculos se tuvieron en cuenta en los dos escenarios en igual forma. Esto ha sido posible por el uso de la metodología basada en lógica difusa, pues esta técnica da la posibilidad de no tener un modelo matemático rígido, pudiendo considerarse criterios tan subjetivos como sea necesario sin que ello reste validez al modelo. Por lo que se evidencia la premisa que con el uso de la lógica difusa se pueden construir modelos complejos y sólidos a partir de conocimiento subjetivo.

La metodología empleada puede ser ajustada con facilidad a las particularidades de cada estudio o situación planteada. En el caso de estudio, en los escenarios actual y futuro A se partió de variables ordinarias (no difusas) y se llevaron a difusas mientras que en el escenario futuro B, se hizo todo lo contrario: se partió de variables difusas (a partir del expertizaje) y éstas se llevaron a ordinarias con el fin de tener todos los escenarios en los mismos términos o “unidades”.

El método de los expertos se ha mostrado muy versátil, pues tradicionalmente en la metodología de Gil Aluja, se les usa para realizar contraexpertizaje, es decir para calibrar o precisar un expertizaje realizado previamente. En este trabajo se han utilizado para realizar un expertizaje en un escenario particular, que ha evolucionado en el tiempo.

Uno de los logros más resaltantes de esta investigación es, precisamente, el haber adecuado la metodología de Gil Aluja para poder realizar la evaluación de escenarios en ambiente de incertidumbre y que adicionalmente evolucionan temporalmente y en cuanto a su estructura. Obteniendo así una herramienta poderosísima para el estudio de sistemas altamente complejos y con incertidumbre.

A partir de un análisis cuantitativo de los escenarios planteados, se puede observar que la calidad del STPP futuro de Mérida no cambiará significativamente con respecto a la situación actual. Es decir, que el impacto que tiene la implantación del TROLMÉRIDA en la calidad del STPP de Mérida no es representativa. La razón de esta afirmación, es que ésta no variará significativamente. Se pueden apreciar mejoras considerables en muchas de las variables que componen el sistema como son: Densidad de empleados, grado de utilización de las unidades, consumo de combustible, cobertura, velocidad comercial, antigüedad del parque, acceso a discapacitados e impacto ambiental. Pero los cambios en sentido de mejora compensan a los cambios en el sentido de desmejorar y el efecto neto de esto es que **La Calidad** total del sistema, tal como es apreciada por sus usuarios, no sufrirá cambios.

Por último, es necesario resaltar que en este trabajo no se ha querido comparar la calidad del escenario actual contra la calidad de los escenarios futuros, pues el autor considera que éste no es uno de los objetivos de la investigación. El objetivo principal, como se señaló al inicio, es mostrar la posibilidad de adecuar y aplicar la metodología a un problema complejo. Sin embargo, no deja de ser interesante notar que los expertos entrevistados consideran que la calidad del STPP futuro aumentará en comparación con la situación actual.

7.2. Recomendaciones

El instrumento evaluador de la calidad desarrollado sirve en particular para la evaluación de un STPP, se debe extender la idea y usar la metodología utilizada para su elaboración con el fin de construir diversos instrumentos evaluadores de gestión en diferentes áreas.

Utilizar el método de las *Distancias de Hamming* para estudiar la cercanía de los escenarios estudiados entre ellos y/o a partir de un escenario ideal que represente un STPP de máxima calidad.

Desarrollar una aplicación que a partir de los pesos del instrumento evaluador y las relaciones de incidencia de las variables que conforman el STPP pueda simular el comportamiento de un STPP, alimentándose con los datos de un STPP particular y al modificar los valores de sus variables observar su comportamiento. Es decir, realizar simulación y predicción.

Ampliar el estudio realizado, incrementando las variables internas, inherentes al STPP, en especial aquellas que tengan que ver con la capacidad de las unidades de transporte.

Estudiar cada uno de los escenarios con mayor precisión, a fin de minimizar los errores de estimación, adaptando las variables a la actualidad y siendo más rigurosos en los cálculos.

www.bdigital.ula.ve

Bibliografía

[Alcaldía Municipio Libertador, 2005] Alcaldía Municipio Libertador (2005). *Análisis tarifario por organizaciones para rutas que cumplen servicio de transporte público en el municipio Libertador*. Alcaldía del Municipio Libertador, Mérida, Venezuela.

[ALG Group et al., 2000] ALG Group, Casanova, L., Palmar, M., Gonzáles, G., Andueza, P., and Briceño, J. (2000). Estudio del sistema de alimentación al transporte masivo de la ciudad de Mérida. Technical report, Consejo Municipal del Municipio Libertador, Mérida, Venezuela.

[Calderas, 2001] Calderas, R. (2001). Modelado y simulación de la línea 1 del sistema de transporte masivo de la zona metropolitana de Mérida. Tesis de maestría presentada ante la Ilustre Universidad de Los Andes para obtener el grado de Magister Scientiarum, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Tutor: Dr. Pedro Andueza.

[CARB Consultores, 2003] CARB Consultores (2003). Proyecto y estudio de rutas alimentadoras del trolebús de Mérida y municipios varios en el estado. Technical report, Consejo Municipal del Municipio Libertador, Mérida, Venezuela.

[Eaton, 2004] Eaton, J. W. (2004). *Manual en línea de Octave*. Department of Chemical Engineering. University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706. USA, 2.1.57 edition.

- [FONTUR, 1996] FONTUR (1996). *Operación del Sistema de Transporte Público de Pasajeros – STPP*. Fondo Nacional de Transporte Urbano (FONTUR).
- [Galindo G., 2002] Galindo G., J. (2002). Conjuntos y sistemas difusos. lógica difusa y aplicaciones. En <http://www.lcc.uma.es/~ppgg/FSS/>.
- [Gil Aluja, 1999] Gil Aluja, J. (1999). *Elementos para una teoría de la decisión en la incertidumbre*. Editorial Milladorio.
- [Gil Lafuente, 2002] Gil Lafuente, A. (2002). *El análisis financiero en la incertidumbre*. Ariel Economía, Barcelona, España, 2da edition.
- [Kaufmann and Gil Aluja, 1993] Kaufmann, A. and Gil Aluja, J. (1993). *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Editorial Milladorio.
- [Klir and Yuan, 1995] Klir, G. and Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic. Theory and applications*. Prentice hall.
- [Lira M., 2000] Lira M., H. (2000). Aplicaciones de la lógica difusa en los análisis económicos – financieros en ambientes con incertidumbre. Tesis de grado presentada ante la Ilustre Universidad de Los Andes para obtener el título de Ingeniero de Sistemas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Tutor: Sebastián Medina.
- [López, 2000] López, T. (2000). Aplicaciones de la lógica difusa para la toma de decisiones en ambientes con incertidumbre. Tesis de grado presentada ante la Ilustre Universidad de Los Andes para obtener el título de Ingeniero de Sistemas, Universidad de los Andes. Tutor: Sebastián Medina.
- [Molero, 2005] Molero, D. (2005). Modelo de optimización de la asignación de las unidades a las rutas de transporte de municipio Libertador del estado Mérida. Tesis de grado en preparación.

- [Ruiz Fernández and Zubillaga, 2002] Ruiz Fernández, J. and Zubillaga, J. (2002). Investigación de efectos olvidados en el despliegue de la función de calidad. *Revista CEPADE*, (27).
- [Sindicatura de Comptes de Catalunya, 1994] Sindicatura de Comptes de Catalunya (1994). Transporte urbano colectivo de superficie en Catalunya. Indicadores 1994. Technical report, Sindicatura de Comptes de Catalunya.
- [STTSM, 1999] STTSM (1999). *Estudio de costos para el análisis tarifario de las rutas urbanas en la ciudad de Mérida*. Sindicato de Trabajadores del Transporte y sus Similares del estado Mérida, Mérida, Venezuela.
- [SYSTRA et al., 1999] SYSTRA, ALG Consultores, and Grupo AM (1999). Estudio de factibilidad de un sistema de transporte masivo para la ciudad de Mérida. Technical report, Consejo Municipal del Municipio Libertador, Mérida, Venezuela.
- [Terán, 2003] Terán, C. (2003). Evaluación mediante simulación de los parámetros de diseño de las paradas del sistema de transporte masivo de la ciudad de Mérida. Tesis de grado presentada ante la Ilustre Universidad de Los Andes para obtener el título de Ingeniero de Sistemas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Tutor: Sebastián Medina.
- [Tinto Arandes,] Tinto Arandes, J. Aplicación de la matemática borrosa para la escogencia de un perfil ideal de jugador de fútbol, caso barcelona fútbol club. Conversaciones con el autor.
- [Transportation Research Board, 1985] Transportation Research Board (1985). *Highway Capacity Manual, Special Report 209*. National Research Council, Washington, D.C.
- [Vásquez, 2005] Vásquez, Y. (2005). Ampliación, actualización y validación de un modelo de la línea 1 del sistema de transporte masivo de la zona metropolitana de Mérida. Tesis de grado presentada ante la Ilustre Universidad de Los Andes para obtener el título de

Ingeniero de Sistemas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Tutor: Sebastián Medina.

www.bdigital.ula.ve

Anexo A

Expertos

A.1. Expertos Consultados

1. **Experto:** Ing. Milagros Alizo. **Area:** Ente controlador. **Institución:** Alcaldía municipio Libertador, gerencia de vialidad urbana. **Ocupación:** Jefe departamento transporte público. **Correo electrónico:** alizomilagros@yahoo.com
2. **Experto:** Lic. José Gómez. **Area:** Transportista. **Institución:** Metro de Caracas. **Ocupación:** Planificacidor. **Correo electrónico:** gomezVga410@hotmail.com
3. **Experto:** Ing. Lance Garrido. **Area:** Ente controlador. **Institución:** I.N.T.T.T. **Ocupación:** Jefe área servicios conexos. **Correo electrónico:** lancegarrido@hotmail.com
4. **Experto:** Erick Zuleta. **Area:** Transportista. **Institución:** FEDETRANSPORTE. **Ocupación:** Presidente. **Correo electrónico:** egzs@hotmail.com
5. **Experto:** Lic. José A. Sánchez. **Area:** Transportista. **Institución:** FEDETRANSPORTE. **Ocupación:** Secretario nacional de organización. **Correo electrónico:** jascheo661@hotmail.com

6. **Experto:** Ing. José A. Contreras. **Area:** Transportista. **Institución:** TROLMÉRI-DA. **Ocupación:** Coordinador de planificación. **Correo electrónico:** jose5559@hotmail.com
7. **Experto:** Insp. Gilberto Morillo. **Area:** Ente gubernamental. **Institución:** CORPO-SALUD. **Ocupación:** Coordinador departamento de siniestros. **Correo electrónico:** gilbermorillo@latinmail.com
8. **Experto:** Ing. Germán Sánchez. **Area:** Transportista. **Institución:** TROLMÉRI-DA. **Ocupación:** Planificador de sistemas. **Correo electrónico:** german_sanchez@hotmail.com
9. **Experto:** Ing. Leonardo Casanova. **Area:** Académica. **Institución:** ULA. **Ocupación:** Jefe del departamento de vías de la escuela de Ingeniería Civil. **Correo electrónico:** leocasanova@cantv.net
10. **Experto:** Ing. Angela Quintero. **Area:** Académica. **Institución:** ULA. **Ocupación:** Profesora del departamento de vías de la escuela de Ingeniería Civil. **Correo electrónico:** angelaqp@ula.ve
11. **Experto:** Ing. Mary Isabel de Martínez. **Area:** Académica. **Institución:** ULA. **Ocupación:** Profesora del departamento de vías de la escuela de Ingeniería Civil. **Correo electrónico:** marydema@ula.ve
12. **Experto:** Ing. Emilio Moreno. **Area:** Académica. **Institución:** ULA. **Ocupación:** Profesor del departamento de vías de la escuela de Ingeniería Civil. **Correo electrónico:** emilio@ula.ve
13. **Experto:** Ing. Felipe Pachano. **Area:** Académica. **Institución:** ULA. **Ocupación:** Profesor del departamento de Investigación de Operaciones de la escuela de Ingeniería de Sistemas. **Correo electrónico:** pachano@ula.ve

14. **Experto:** Lic. Sebastián Medina. **Area:** Académica. **Institución:** ULA. **Ocupación:** Profesor del departamento de Investigación de Operaciones de la escuela de Ingeniería de Sistemas. **Correo electrónico:** isebas@ula.ve
15. **Experto:** Lic. Judith Salas Cerrada. **Area:** Ente Gubernamental. **Institución:** FON-TUR. **Ocupación:** Coordinadora pasaje estudiantil, del estado Mérida. **Correo electrónico:**

Grupo Expertos N° 1:

01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Grupo Expertos N° 2:

01, 02, 03, 06, 07, 10, 11, 12, 13

Grupo Expertos N° 3

01, 06, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14

Anexo B

Algoritmos

Los siguientes algoritmos se han escrito en el lenguaje de comandos de *Octave*, que es una herramienta de cálculo similar en funcionalidad al MATLAB[®], pero de fuente abierta (“Open Source”), se recomienda revisar [Eaton, 2004].

B.1. Algoritmo I. Construcción de Expertones

Algoritmo I:

Construcción de Expertones

```
% Funciona para n matrices de cualquier tamaño, no es dinámico,  
% hay que introducir las matrices en el código
```

```
clear all
```

```
close all
```

```

global M1 M2 vx VM c d e n % Declarar tantas matrices como
                                %opiniones de expertos haya
                                %una matriz por experto...

M1=[0.3 0.2 0.1 0.5           %Cada elemento es una valuación
                                %puntual, si es un
                                0.3 0.4 0.8 0.9           % intervalo se consideran
                                %dos elementos juntos
                                0.5 0.6 0.7 0.4
0.7 0.8 0.4 1];

M2=[0.5 0.2 0.5 0.9
    0.3 0.4 0.4 0.7
    0.5 0.6 1 0.8
    0.7 0.8 0.4 0.6];

%M3=[]; Inicializar las matrices declaradas...
%
%M4=[];
% .
% .
%M5=[];

[a b]=size(M1);
c=a*b; %Calcula el numero máximo de elementos que
        %poseen las Matrices
n=2;   %Numero de Matrices = Nro de Expertos

```

```
VM=zeros(11,c); %Es una Matriz "Vector de Vectores"  
                %Tiene tantos vectores (Expertones)  
                %como elementos (ai) tienen las M's)  
d=zeros(1,11); %Vector auxiliar, sirve de contador  
               %de frecuencias para cada ai  
  
e=zeros(1,c);  %Vector donde se almacenan las  
               %esperanzas matemáticas de los expertones  
  
for k=1:1:c    %Camina por todos los aij de LA MATRIZ  
  
    switch M1(k) %Revisa el elemento aij y compara  
        %con el decadario en M1  
        case 0  
            d(1)=d(1)+1;  
        case 0.1  
            d(2)=d(2)+1;  
        case 0.2  
            d(3)=d(3)+1;  
        case 0.3  
            d(4)=d(4)+1;  
        case 0.4  
            d(5)=d(5)+1;  
        case 0.5  
            d(6)=d(6)+1;  
        case 0.6  
            d(7)=d(7)+1;  
        case 0.7
```

```
d(8)=d(8)+1;
case 0.8
d(9)=d(9)+1;
case 0.9
d(10)=d(10)+1;
case 1
d(11)=d(11)+1;
...
otherwise, % opción por defecto
M1;
end

switch M2(k) %Revisa el elemento aij y
%compara con el decenario en M2
case 0
d(1)=d(1)+1;
case 0.1
d(2)=d(2)+1;
case 0.2
d(3)=d(3)+1;
case 0.3
d(4)=d(4)+1;
case 0.4
d(5)=d(5)+1;
case 0.5
d(6)=d(6)+1;
case 0.6
d(7)=d(7)+1;
```

```
case 0.7
d(8)=d(8)+1;
case 0.8
d(9)=d(9)+1;
case 0.9
d(10)=d(10)+1;
case 1
d(11)=d(11)+1;
...
otherwise, % opción por defecto
M2;
end

%
%Repetir el bloque anterior tantas veces
%como matrices haya, teniendo en cuenta
%la nomenclatura adecuada
%

VM(:,k)=d'; %asigna el vector de (transpuesto)
           %a la primera columna de VM
d=zeros(1,11); % reinicia al vector d
end

VM; % Frecuencias
VN=VM./n; % Normalizado

for i=10:-1:1 % Ciclo para la acumulacion
```

```
    for j=1:1:c % "Leandro se avergonzaría" ...0(2)
VN(i,j)= VN(i,j)+VN(i+1,j);
end
end
```

```
VO = VN % EXPERTÓN ACUMULADO
```

```
%Calcula la esperanza matemática de VO, es decir
%de cada uno de los expertones....
```

```
for i=1:1:c
    e(i)= (sum(VO(:,i))-1)/10;
end
e;
```

```
VP=zeros(a,b);
```

```
for i=1:1:c
    VP(i)=e(i);
end
```

```
VP % Vector de esperanzas matemáticas...
```

www.bdigital.ula.ve

B.2. Algoritmo II. Cálculo de R_±-Expertones

```

% Anexar este bloque de código al Algoritmo I,
% construcción de expertones Calcula R+- Expertones

MX=[10 12 25 30      % Matriz de Valores, intervalos
    %de las Variables...
    250 300 12 15]; %MX tiene que tener la misma
    %magnitud que las
14 16 0.1 0.9 % matrices del algoritmo I
    20 25 12 18

% Llenado del R+- Expertón
MZ=zeros(a,b); %Matriz donde se generara el R+- Expertón

for k=0:2*a:c-2*a %Se Incrementa en 2*a para recorrer la
    %matriz cada dos columnas (Un Expertón
    %son Dos columnas en este caso un esperanza
    %matemática)
for i=1:1:2*a %Se incrementa para recorrer tantos elementos
    %como tenga las dos columnas
    if i<=a %para el limite inferior del intervalo de
        %la esperanza matemática o Expertón
        MZ(i+k)= MX(i+k)+((MX(i+k+a)-MX(i+k))*VP(i+k)); %
    else % para el limite superior del intervalo
        MZ(i+k)= MX(i+k-a)+((MX(i+k)-MX(i+k-a))*VP(i+k));%
    end
end

```

```
end
```

```
end
```

```
MZ % R+- Expertón
```

B.3. Algoritmo III. Para el cálculo de los efectos olvidados

```
% Para el Método de los efectos olvidados
```

```
% Calcula la convolución maxmin de tres matrices...
```

```
clear all
```

```
% Matriz de Causas-Causas
```

```
M1=[];
```

```
% Matriz de Causas-Efectos
```

```
M2=[];
```

```
[a b]=size(M1);
```

```
[c d]=size(M2);
```

```
if b==c
```

```
MC=zeros(a,d);
```

```
e=a*d;
```

```
t1=zeros(1,b);
```

```
t2=zeros(1,c);
```

```
t3=zeros(1,c);
```

```
for j=1:1:d
    for k=1:1:a
        t1=M1(k,:);
        t2=M2(:,j);
        for i=1:1:b
            t3(i)=min(t1(i),t2(i));
        end
        MC(k,j)=max(t3);
        t3=[];
    end

end

% Matriz Temporal (Convolución de M1oM2)
MC

else
    break
end

% Matriz de Efectos-Efectos
M3=[];

[a b]=size(MC);
[c d]=size(M3);

if b==c
```

```
MD=zeros(a,d);
e=a*d;
t1=zeros(1,b);
t2=zeros(1,c);
t3=zeros(1,c);

for j=1:1:d
    for k=1:1:a
        t1=MC(k,:);
        t2=M3(:,j);
        for i=1:1:b
            t3(i)=min(t1(i),t2(i));
        end
        MD(k,j)=max(t3);
        t3=[];
    end

end

% Matriz de Incidencias Acumuladas (Convulucion M1oM2oM3)
MD
else
    break
end

% Matriz de efectos Olvidados
MF=MD-M2
```

ANEXO C

Herramientas

Herramienta N° 1:

www.bdigital.ula.ve



VALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS

Encuesta Número: _____

DATOS PERSONALES

Nombres y Apellidos: _____

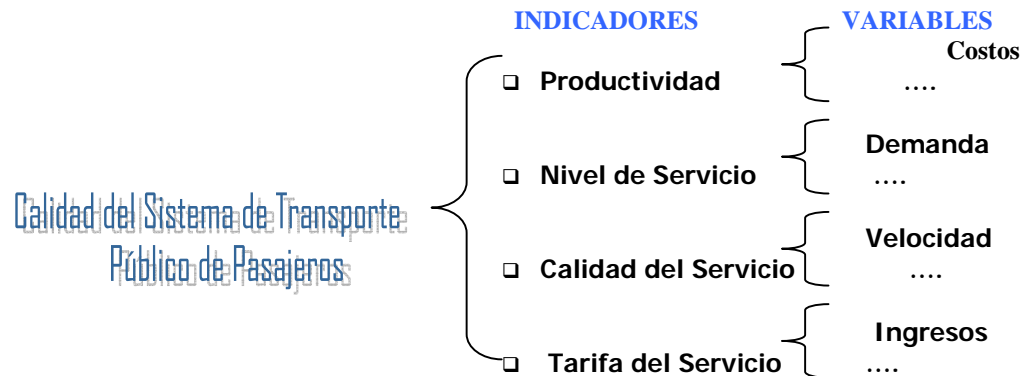
Organización / Institución: _____ **Ocupación:** _____

Dirección: _____

Teléfono: _____ **Correo Electrónico:** _____

La finalidad de la siguiente herramienta es poder construir un modelo que pueda determinar la Calidad de un Sistema de Transporte Público de Pasajeros (STPP), a partir de los conocimientos de “Expertos” en materia de transporte. Por lo que su colaboración es de suma importancia para la consecución de tan ambiciosa meta. De antemano damos gracias por su aporte y dedicación.

Introducción: Hemos concebido la calidad de un STPP como un concepto que se sostiene en cuatro pilares (“Indicadores”) y cada uno de ellos a su vez, está compuesto por un conjunto determinado de “Variables” como se muestra a continuación:



INDICADORES:

- Productividad:** Representa la rentabilidad que tiene el negocio del transporte para el prestador del servicio o transportista, enfocado desde la perspectiva de una unidad de transporte, una ruta en particular, una organización o todo el STPP .

- ❑ **Nivel del Servicio:** Representa la situación real determinada por los pasajeros, es decir la demanda, y cómo de se ajusta la oferta a ella.
- ❑ **Calidad del Servicio:** Representa la “calidad” del servicio de transporte desde el punto de vista del usuario o pasajero.
- ❑ **Tarifa:** Representa la tarifa ideal que debe costar el servicio prestado por el STPP conveniente para usuarios y transportistas.

VARIABLES

Variables correspondientes al indicador de Productividad

Nombre de la Variable	Significado
Cantidad de Empleados	Es la cantidad de empleados que labora en todo el STPP
Km. Recorridos por Unidad	Cantidad promedio de Km. recorridos por cada unidad del STPP en un día
Consumo de Combustible	Cantidad promedio de combustible consumido por el STPP por cada Km. recorrido
Costo / Km.	Costo promedio de recorrer un Km.
Costo / Pasajero	Costo promedio de transportar un pasajero

Variables correspondientes al indicador de Nivel de Servicio

Nombre de la Variable	Significado
Cantidad Pasajeros / Hora	Cantidad promedio de pasajeros que demandan el servicio por hora
Cantidad Pasajeros / Km.	Cantidad promedio de pasajeros ubicados por cada Km. de la red vial del STPP
Oferta de Transporte Público	Indica la oferta en base a la Relación: Km. Recorridos al Año por el STPP / Cantidad de Habitantes
Proporción de Pasajeros	Es la relación de la cantidad de pasajeros respecto a la cantidad de habitantes
Cobertura	Porcentaje de la red vial cubierta por el STPP

Variables correspondientes al indicador de Calidad del Servicio

Nombre de la Variable	Significado
Velocidad Comercial	Velocidad Comercial promedio de todo el STPP
Antigüedad del Parque del STPP	Antigüedad promedio del parque automotor que compone el STPP
Numero de Accidentes	Cantidad de Accidentes en que se ha visto inmiscuido el STPP
Acceso Discapacitados	Cantidad de unidades adaptadas para dar acceso a personas con movilidad reducida
Frecuencia	Frecuencia entre unidades del STPP
Confort	Es la medida del Confort de las unidades del STPP
Impacto Ambiental	Medida de la contaminación ambiental producida por el STPP

Variables correspondientes al indicador de Tarifa

Nombre de la Variable	Significado
Ingresos	Ingresos recaudados por cada pasajero transportado, igual al valor de la tarifa
Subsidios	Porcentaje de pasajeros Subsidiados por algún ente gubernamental

Nos interesa inicialmente poder valorar la relación existente (O nivel de incidencia) entre las variables y los indicadores, y de estos con la Calidad del STPP, para representar esto debemos determinar un número que represente tal relación de incidencia en un intervalo del cero al diez, de acuerdo a la siguiente escala:

ESCALA A UTILIZAR:

- 0 : Incidencia Nula
- 1 : Incidencia Prácticamente Nula
- 2 : Incidencia Muy Baja
- 3 : Incidencia Baja
- 4 : Incidencia Media-Baja
- 5 : Incidencia Media
- 6 : Incidencia Media-Alta
- 7 : Incidencia Alta
- 8 : Incidencia Muy Alta
- 9 : Incidencia Prácticamente Máxima
- 10 : Incidencia Máxima

DESARROLLO¹: La herramienta esta compuesta de dos partes

Primera Parte:

A) Valuación de la incidencia de cada una de las **Variables sobre los **Indicadores****

La valuación que necesitamos es su respuesta a la siguiente interrogante:

¿Cuál considera usted que es la incidencia de la **Variable X**, para con el **Indicador Y**?

Incidencia puede ser visto como sinónimo de peso, influencia, ponderación

Ejemplo:

¿Cuál considera usted que es la relación de incidencia de la **Variable: Consumo de Combustible** para con el **Indicador: Productividad**?

Es decir, como creé que afecta tal variable a determinado indicador...

¹ Dudas e inquietudes: por favor comunicarse. Joan M. Vilorio M. / joanmos@gmail.com

Valuación del indicador de Productividad

Productividad	
Cantidad de Empleados STPP	
KM. Recorridos por Unidad	
Consumo de Combustible	
Costo / KM.	
Costo / Pasajero	

Valuación del indicador de Calidad del Servicio

Calidad del Servicio	
Velocidad Comercial	
Antigüedad del Parque de Transporte	
Numero de Accidentes	
Acceso Discapacitados	
Frecuencia	
Confort	
Impacto Ambiental	

Valuación del indicador de Nivel de Servicio

Nivel de Servicio	
Cantidad Pasajeros / Hora	
Cantidad Pasajeros / Km.	
Oferta de Transporte Público	
Proporción Pasajeros	
Cobertura	

Valuación del indicador de la Tarifa del Servicio

Tarifa	
Ingresos	
Subsidios	

B) Valuación de la incidencia de cada **Indicador sobre la **Calidad del STPP****

De igual manera, la valuación que necesitamos es su respuesta a la siguiente interrogante:

¿Cuál considera usted que es la incidencia del **Indicador Y** para con la **Calidad del STPP**?

Ejemplo: ¿Cuál considera usted que es la relación de incidencia del **Indicador: Productividad** sobre la **Calidad del STPP**?

**Calidad del Sistema
De Transporte**

Productividad	
Nivel de Servicio	
Calidad del Servicio	
Tarifa	

Segunda Parte:

Valuación de las relaciones de las Variables que Intervienen en el Sistema de Transporte Público de Pasajeros

Un STPP esta compuesto por un sinnúmero de variables de interés, por lo que hemos determinado dos conjuntos de variables, uno compuesto por variables externas, que representan las causas directas que afectan o intervienen en el comportamiento del STPP y otro que representa los efectos, compuesto por las variables estudiadas en el numeral anterior.

Tenemos que encontrar todas las relaciones de incidencia entre las causas y los efectos, para ellos construimos tres matrices, Causas-Efectos, Causas-Causas y Efectos-Efectos, que deben ser llenadas utilizando la escala anterior.

Las Variables del Conjunto de las causas se entienden por si solas, no hace falta definir las.

En las matrices Causas-Causas, Efectos-Efectos, la diagonal principal esta llena de diez (10) que significa que la relación de incidencia de una variable con ella misma siempre es Máxima.

www.bdigital.ula.ve

A
MATRIZ DE
CAUSAS - EFECTOS

	Cantidad Empleados - Sector Transporte	Kilómetros Recorridos	Consumo de Combustible	Costos de Operación	Demanda (Cantidad de Pasajeros)	Velocidad Comercial	Antigüedad Autobuses	Accidentes de Tránsito	Acceso Personas Discapacitadas	Frecuencia	Confort de las Unidades	Impacto Ambiental	Ingresos	Cantidad de Subsidios
Experiencia del Conductor del STPP														
Congestionamiento Vehicular														
Ubicación de Paradas														
Semaforización														
Estado de las Unidades														
Planificación Inadecuada – Autoridades														
Estado de la Vialidad														
Condiciones Geográficas de la Ciudad														
Legislación Inadecuada														
Delincuencia														
Condiciones Climáticas														
Imprudencia Conductores Vehículos Privados														
Situación Económica del Venezolano														
Uso de Transporte Alternativo														
Población de la Ciudad														
Cantidad de Vehículos Privados														
Desempleo de la Población														
Cantidad de Autobuses														
Cantidad de Estacionamientos														

C MATRIZ DE EFFECTOS - EFFECTOS	Cantidad Empleados - Sector Transporte	Kilómetros Recorridos	Consumo de Combustible	Costos de Operación	Demanda (Cantidad de Pasajeros)	Velocidad Comercial	Antigüedad Autobuses	Accidentes de Transito	Acceso Personas Discapacitadas	Frecuencia	Confort de las Unidades	Impacto Ambiental	Ingresos	Cantidad de Subsidios
Cantidad Empleados - Sector Transporte	10													
Kilómetros Recorridos		10												
Consumo de Combustible			10											
Costos de Operación				10										
Demanda (Cantidad de Pasajeros)					10									
Velocidad Comercial						10								
Antigüedad Autobuses							10							
Accidentes de Transito								10						
Acceso Personas Discapacitadas									10					
Frecuencia										10				
Confort de las Unidades											10			
Impacto Ambiental												10		
Ingresos													10	
Cantidad de Subsidios														10

**B
MATRIZ DE
CAUSAS - CAUSAS**

	Experiencia del Conductor del STPP	Congestionamiento Vehicular	Ubicación de Paradas	Semaforización	Estado de las Unidades	Planificación Inadecuada - Autoridades	Estado de la Vialidad	Condiciones Geográficas de la Ciudad	Legislación Inadecuada	Delincuencia	Condiciones Climáticas	Imprudencia Conductores Vehículos Privados	Situación Económica del Venezolano	Uso de Transporte Alternativo	Población de la Ciudad	Cantidad de Vehículos Privados	Desempleo de la Población	Cantidad de Autobuses	Cantidad de Estacionamientos
Experiencia del Conductor del STPP	10																		
Congestionamiento Vehicular		10																	
Ubicación de Paradas			10																
Semaforización				10															
Estado de las Unidades					10														
Planificación Inadecuada – Autoridades						10													
Estado de la Vialidad							10												
Condiciones Geográficas de la Ciudad								10											
Legislación Inadecuada									10										
Delincuencia										10									
Condiciones Climáticas											10								
Imprudencia Conductores Vehículos Privados												10							
Situación Económica del Venezolano													10						
Uso de Transporte Alternativo														10					
Población de la Ciudad															10				
Cantidad de Vehículos Privados																10			
Desempleo de la Población																	10		
Cantidad de Autobuses																		10	
Cantidad de Estacionamientos																			10

Herramienta N° 2:



ESCUELA DE SISTEMAS
Investigación de Operaciones

VALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS DE LA CIUDAD DE MÉRIDA EN UN ESCENARIO FUTURO PLANTEADO

Encuesta Número: _____

DATOS PERSONALES

Nombres y Apellidos: _____

Organización / Institución: _____ **Ocupación:** _____

Dirección: _____

Teléfono: _____ **Correo Electrónico:** _____

La finalidad de la siguiente herramienta es valorar un escenario supuesto del Sistema de Transporte Público de la ciudad de Mérida, en el que partimos del hecho que se ha implementado un sistema de transporte integrado, compuesto por el TROLMÉRIDA y un conjunto determinado de rutas alimentadoras, que de manera conjunta prestan servicio en la entidad.

Consideramos que su colaboración es de suma importancia para la consecución de nuestro objetivo. De antemano damos gracias por su aporte y dedicación.

Introducción: Con el fin de valorar la Calidad del Sistema de Transporte Público de Pasajeros (STPP) futuro de Mérida, es necesario valorar cada una de las variables que componen dicho sistema. El escenario que se plantea consta a grandes rasgos de las siguientes características:

- Está en funcionamiento la línea uno del TROLMÉRIDA que tiene una longitud de 18.2 Km.
- El subsistema de rutas alimentadoras esta compuesto de un total de 38 rutas con un número aproximado de 210 unidades de transporte.
- Las rutas alimentadoras tienen longitudes que varían entre 1.25 Km. hasta 24 Km. en un solo sentido.
- Las unidades que prestarán servicio como rutas alimentadoras son tomadas del STPP actual de Mérida.

Desarrollo²: Para la valuación de cada una de las Variables del STPP de Mérida, procederemos de la siguiente manera:

² Dudas e inquietudes: por favor comunicarse. Joan M. Viloria M. / joanmos@gmail.com

- Se proporcionarán las definiciones de las Variables, la unidad de medida, como la fórmula utilizada para su cálculo (En los casos que sea necesario).
- Se proporcionará el rango de valores, entre los que se encuentra el valor exacto de dicha variable para el STPP de Mérida en el momento actual, es decir para el STPP vigente en Mérida, con las rutas actuales y sin el funcionamiento del TROLMÉRIDA ni las rutas alimentadoras.
- Usted debe proporcionar su valuación a partir del intervalo dado, ésta consiste en cómo valoraría esa variable en el escenario futuro, es decir cual considera usted que será el valor de esa variable cuando funcione el TROLMÉRIDA y las rutas alimentadoras. Para la valuación debe tenerse en cuenta lo siguiente:
 - Se proporcionará un intervalo del tipo $[A_*, A^*]$, donde $A_* \geq 0$, $A^* \geq A_*$.
 - Su valuación puede ser un valor puntual o un intervalo entre $[A_*, A^*]$ tomando posiciones en $[0, 1]$ en relación con los extremos inferiores y superiores del intervalo dado, mediante la siguiente escala:

- 0 : para A_*
- 0.1 : para prácticamente A_*
- 0.2 : para casi A_*
- 0.3 : para cercano A_*
- 0.4 : para mas de A_* que de A^*
- 0.5 : para tan cerca de A_* cómo de A^*
- 0.6 : para mas de A^* que de A_*
- 0.7 : para cercano A^*
- 0.8 : para casi A^*
- 0.9 : para prácticamente A^*
- 1 : para A^*

Por ejemplo:

- Si sus valuaciones son: $[0, 0.1]$, ó $[0.1, 0.3]$, ó $[0, 0.2]$ estas variarían en el extremo inferior del intervalo $[A_*, A^*]$
- Si sus valuaciones son: $[0.6, 0.8]$, ó $[0.7, 0.9]$, ó $([0.8, 0.8] = [0.8])$ estas varían en la mitad superior del intervalo $[A_*, A^*]$
- Si sus valuaciones son: $[0]$, ó $[1]$ estas son exactamente los extremos inferior y superior respectivamente.
- Los límites proporcionados no necesariamente son obstáculo para sus valuaciones, si considera que su valuación debe estar fuera de él, proporcione el límite que usted considere conveniente y posteriormente haga su valuación.

El conjunto de variables que compone el STPP futuro de Mérida consta de un total de 19 Variables. Estas se detallan a continuación:

1. **Cantidad de Empleados:** Es la cantidad de empleados que labora en el STPP en Mérida

Unidad: Empleados

Rango de Valores del Escenario Actual: [2675; 3270]

Valuación del escenario Futuro: _____

2. **Km. Recorridos por unidad:** Km. promedio recorrido por unidad al día

Unidad: Km. / Día

Rango de Valores Escenario Actual: [139; 173]

Valuación del Escenario Futuro: _____

3. **Consumo de Combustible:** Cantidad promedio de combustible consumido por todo el STPP por cada Km. recorrido. Es la suma del consumo de todas las unidades del STPP en un Km. recorrido

Unidad: Litros / Km.

Rango de Valores del Escenario Actual: [268; 327]

Valuación del escenario Futuro: _____

4. **Costo por Km.:** Es el promedio del costo asociado de recorrer un Km. para cada unidad del STPP

Unidad: Bs. / Km.

Rango de los Valores del Escenario Actual: [767; 1045]

Valuación del Escenario Futuro: _____

5. **Costo por pasajero:** Es el promedio del costo asociado de transportar un pasajero para cada unidad del STPP

Unidad: Bs. / Pasajero

Rango de los Valores del Escenario Actual: [404; 532]

Valuación del Escenario Futuro: _____

6. **Cantidad de pasajeros por hora:** Representa la demanda de pasajeros en una hora del día

Formula: Cantidad de pasajeros al día / Horas laborables en el día

Unidad: Pasajeros / Hora

Rango de Valores del Escenario Actual: [24588; 30052]

Valuación del Escenario futuro: _____

7. **Cantidad de pasajeros por Km.:** Representa la distribución de la demanda a lo largo de la red vial.

Formula: Cantidad de pasajeros al día / Promedios Km. recorridos (en un solo sentido)

Unidad: Pasajeros / Km.

Rango de Valores del Escenario Actual: [20359; 24883]

Valuación del Escenario Futuro: _____

- 8. Oferta de Transporte Público:** Representa un índice de cómo se adecua la oferta a la demanda existente, a mayor valor de la variable mejor adecuación de la oferta a la demanda, ya que indica que hay muchas unidades en servicio o el recorrido de éstas es mayor.

Formula: Promedio de Km. anuales recorridos por todo el STPP / Cantidad de Habitantes

Unidad: Km. / Habitantes

Rango de Valores del Escenario Actual: [174, 212]

Valuación del Escenario Futuro: _____

- 9. Proporción de pasajeros:** Es la proporción de pasajeros diarios que usan el STPP respecto a los habitantes de la zona en estudio

Formula: Cantidad diaria de pasajeros / Habitantes de la zona

Unidad:

Rango de Valores del Escenario Actual: [1.03; 1.33]

Valuación del Escenario Futuro: _____

- 10. Cobertura:** Representa el porcentaje de la red vial cubierta por el STPP de Mérida

Formula: (Km. de rutas STPP sin solape / Km. Red Vial) * 100

Unidad: %

Rango de Valores del Escenario Actual: [12.5; 22.5]

Valuación del Escenario Futuro: _____

- 11. Velocidad Comercial:** Velocidad comercial del STPP de Mérida, es el promedio de las velocidades de todas las rutas.

Unidad: Km. / Hora

Rango de Valores Escenario Actual: [15.55; 20.15]

Valuación del Escenario Futuro: _____

- 12. Antigüedad del Parque del STPP:** Representa el promedio de edad de la flota del STPP de Mérida

Unidad: Años

Rango de Valores Escenario Actual: [19; 23]

Valuación del Escenario Futuro: _____

- 13. Numero de Accidentes:** Cantidad de Accidentes donde han tenido parte las unidades del STPP de Mérida

Unidad: Accidentes / Mes

Rango de Valores Escenario Actual: [28; 34]

Valuación del Escenario Futuro: _____

14. Acceso a Discapacitados: Porcentaje de vehículos adaptados para dar acceso a personas con movilidad reducida

Formula: Cantidad de Vehículos Adaptados * 100 / Cantidad de Vehículos de la Flota del STPP de Mérida

Unidad: %

Rango de Valores del Escenario Actual: [0]

Valuación del Escenario Futuro: _____

15. Frecuencia: Representa la frecuencia con que transitan las unidades por un sitio en particular.

Formula: Cantidad de Unidades / Hora

Unidad: Autobuses / Hora

Rango de Valores del Escenario Actual: [8; 11]

Valuación del Escenario Futuro: _____

16. Confort: Es una medida del confort de las unidades del STPP de Mérida, es una relación entre las personas que viajan de pie con respecto a la capacidad nominal de la unidad en que viajan.

Unidad: Adimensional

Rango de Valores del Escenario Actual: [0.58; 0.98]

Valuación del Escenario Futuro: _____

17. Impacto Ambiental: Es una medida de la cantidad de sustancias tóxicas (Tres: CO, NOx y HC) expelidas al ambiente por todo el STPP de Mérida, es la suma de contaminación de todas las unidades.

Unidad: Gramos / Km.

Rango de Valores del Escenario Actual: [19028; 26313]

Valuación del Escenario Futuro: _____

18. Ingresos: Es el valor promedio de la tarifa de todo el STPP de Mérida

Unidad: Bs. / Pasajero

Rango de Valores del Escenario Actual: [430 550]

Valuación del escenario futuro: _____

19. Subvenciones: Es el porcentaje de viajes subsidiados (por parte del estado) respecto de la totalidad de los viajes

Unidad: %

Rango de Valores del Escenario Actual: [42.42; 52.42]

Valuación del Escenario Futuro: _____

ANEXO D

1. Cálculo de las variables para el escenario actual

1.1 VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR PRODUCTIVIDAD

Densidad de Empleados

Código: 1-01	
Nombre de la Variable	Densidad de Empleados
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir la densidad de Trabajadores del STPP
Fórmula	$\text{Densidad_Empleados} = \frac{\text{Km_Útiles}}{\text{Cantidad_Empleados}}$
Unidad de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Empleados}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Campo Elías

COMENTARIOS

- El cálculo de Cantidad_Empleados se hace a partir del número de unidades, considerando un promedio de 2.5 operadores por unidad.
- La variable se calcula para cada ruta y el valor final es el promedio del valor de éstas.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Densidad_Empleados = 0.92 Km. / Empleados

Grado de Utilización de las Unidades de Transporte

Código: 1-02	
Nombre de la Variable	Grado de Utilización de las Unidades de Transporte
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el rendimiento medio o el grado de utilización de las unidades del STPP
Fórmula	$\text{Grado_Utilización} = \frac{\text{Km_Útiles}}{\text{Cantidad_Vehiculos_Flota}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Vehiculos}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Campo Elías

COMENTARIOS

- La variable se calcula para cada ruta y el valor final es el promedio del valor de éstas.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Grado_Utilización = 20.8 km. / Vehículo

www.bdigital.ula.ve

Consumo de Combustible

Código: 1-03	
Nombre de la Variable	Consumo de Combustible
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el consumo de combustible del parque del STPP por cada Km. recorrido
Fórmula	$\text{Consumo_Combustible} = \frac{\text{Litros_Combustible} * 100}{\text{Km_Totales_Diarios}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Litros}}{\text{Km}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Sindicato de Transportistas <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador

COMENTARIOS

- En el estudio de costos I [Costos I, 1999] consideran el consumo de combustible en 0.48 Litros/Km. mientras que en costos II [Costos II, 2005] es considerado en 0.52 Litros/Km., se ha tenido a bien considerar la media de estos criterios, es decir 0.50 Litros/Km.
- El valor obtenido es la suma del consumo de cada una de las rutas estudiadas, tal valor debe ser interpretado como el consumo de combustible por km. recorrido de todo el STPP.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Consumo_Combustible = 296 Litros / Km.

Costo por Km. Recorrido

Código: 1-04	
Nombre de la Variable	Costo por Km. Recorrido
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el costo asociado a recorrer un Km. por el STPP
Fórmula	$\text{Costo_Km} = \frac{\text{Costo_Operatividad}}{\text{Km_Totales}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Bs}}{\text{Km}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador

COMENTARIOS

- El valor del Costo por Km. recorrido, es tomado del Estudio de Costos II [Costos II, 2005], fue realizado con una muestra de 35 Rutas del total que operan en el municipio Libertador. El Valor obtenido, es el promedio del Costo por Km. de las 35 rutas.
- EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL
- Costo_Km = 906 Bs. / Km.

Costo por Pasajero

Código: 1-05	
Nombre de la Variable	Costo por Pasajero
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el costo asociado a transportar un pasajero por el STPP
Fórmula	$\text{Costo_Pasajero} = \frac{\text{Costo_Operatividad}}{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Bs}}{\text{Pasajero}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador

COMENTARIOS

- El valor del Costo por pasajero transportado, es tomado del Estudio de Costos II [Costos, 2005], fue realizado con una muestra de 35 Rutas del total que operan en el municipio Libertador. El Valor obtenido, es el promedio del Costo por pasajero transportado de las 35 rutas.
 - El Valor de Cantidad_Diaria_Pasajeros es tomado de [CARB, 2003]
- | |
|---|
| <input type="checkbox"/> EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL |
| <input type="checkbox"/> Costo_Pasajero = 468 Bs. / Pasajero |

2. VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR NIVEL DE SERVICIO:

Demanda de Pasajeros

Código: 2 – 01	
Nombre de la Variable	Demanda de Pasajeros
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la demanda horaria de pasajeros del STPP
Fórmula	$\text{Demanda_Pasajeros} = \frac{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}{\text{Cantidad_Horas}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Pasajeros}}{\text{Hora}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]
COMENTARIOS	
<input type="checkbox"/> El Valor de Cantidad_Diaria_Pasajeros es tomado de [CARB, 2003] <input type="checkbox"/> Cantidad_Horas es la cantidad promedio de horas al día que labora el STPP	
EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL	
<input type="checkbox"/> Cantidad_Pasajeros = 382483 Pasajeros al día <input type="checkbox"/> Cantidad_Horas = 14 Horas <input type="checkbox"/> Demanda_Pasajeros = 27320 Pasajeros / Hora	

Distribución de Pasajeros

Código: 2 – 02	
Nombre de la Variable	Distribución de Pasajeros
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la distribución de Pasajeros respecto al Territorio utilizado por el STPP
Fórmula	$\text{Distribución_Pasajeros} = \frac{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}{\text{Km_Útiles}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Pasajeros}}{\text{Km}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- El Valor de Cantidad_Diaria_Pasajeros es tomado de [CARB, 2003]

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Cantidad_Diaria_Pasajeros = 382483 Pasajeros / Día
- Km_Útiles = 16.91 Km.
- Distribución_Pasajeros = 22620.87 Pasajeros / Km.

Oferta de Transporte Público:

Código: 2-03	
Nombre de la Variable	Oferta de Transporte Público
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la adecuación de la oferta a la demanda existente
Fórmula	$\text{Oferta_Transporte_P} = \frac{\text{Km_Útiles_Anuales}}{\text{Cantidad_Habitantes}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Habitantes}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Campo Elías <input type="checkbox"/> INE

COMENTARIOS

- Km_Útiles_Anuales se refiere a la cantidad promedio de Km. útiles que recorre todas las unidades del STPP al año.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Km_Útiles_Anuales = 62381425 Km. Útiles / Año
- Cantidad_Habitantes = 323398
- Km_Anuales_Recorridos = 192.89 Km. / Habitante

Proporción de Pasajeros:

Código: 2-04	
Nombre de la Variable	Proporción de Pasajeros
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la relación de pasajeros que utilizan el STPP respecto de la cantidad de habitantes
Fórmula	$\text{Proporción_Pasajeros} = \frac{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}{\text{Cantidad_Habitantes}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Pasajeros / Día}}{\text{Habitantes}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- El Valor de Cantidad_Diaria_Pasajeros es tomado de [CARB, 2003]

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Cantidad_Diaria_Pasajeros = 382483 Pasajeros / Día
- Cantidad_Habitantes = 323398 Habitantes
- Proporción_Pasajeros = 1.1827 (Pasajeros / Día) / Habitantes

Cobertura del STPP

Código: 2-05	
Nombre de la Variable	Cobertura del STPP
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la cobertura geográfica cubierta por el STPP
Fórmula	$\text{Cobertura} = \frac{\text{Km}_\text{Útiles}_\text{Sin}_\text{Solape} * 100}{\text{Km}_\text{Red}_\text{Vial}}$
Unidades de Medida	%
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [SYSTRA, 1999] <input type="checkbox"/> [MOLERO, 2005]

COMENTARIOS

- Km_Red_Vial es tomado de [SYSTRA, 1999]
- Para el cálculo de la variable se toma en consideración sólo el conjunto de rutas pertenecientes al municipio libertador.
- Km_Útiles_Sin_Solape es calculado a partir del estudio de [MOLERO, 2005]

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Km_Útiles_Sin_Solape = 33.21 Km.
- Km_Red_Vial = 190 Km.
- Cobertura = 17.51 %

3. VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR CALIDAD DEL SERVICIO

Velocidad Comercial

Código: 3-01	
Nombre de la Variable	Velocidad Comercial
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la velocidad promedio del STPP
Fórmula	$\text{Velocidad_Comercial} = \frac{\text{Km_Útiles}}{\text{Cantidad_Horas}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Hora}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [ALG Group, 2000]

COMENTARIOS

- El valor de la Velocidad Comercial es calculado a partir de [ALG Group, 2000]
- La variable se calculó para una muestra de 35 rutas y el valor final es el promedio del valor de éstas.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Velocidad_Comercial = 18.35 Km. / Hora

Antigüedad Media del Parque del STPP

Código: 3-02	
Nombre de la Variable	Antigüedad Media del Parque del STPP
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la de antigüedad Promedio de las unidades del STPP
Fórmula	$\text{Antigüedad_Parque} = \frac{\text{Total_Años_Antigüedad}}{\text{Total_Unidades}}$
Unidades de Medida	Años
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Campo Elías

COMENTARIOS

- La antigüedad media del parque del STPP actual de Mérida, es el promedio de antigüedad de todas las organizaciones.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Antigüedad_Parque = 20.85 Años

Siniestralidad

Código: 3-03	
Nombre de la Variable	Siniestralidad
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la Tasa de Siniestros del STPP
Fórmula	$\text{Siniestralidad} = \frac{\text{Numero_Siniestros}}{\text{Mes}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Siniestros * Horas}}{\text{Km}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Vigilancia Estatal Transito Terrestre N° 62 Mérida

COMENTARIOS

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

Siniestralidad = 31 Accidentes / Mes

Accesibilidad de Personas con Movilidad Reducida

Código: 3-04	
Nombre de la Variable	Accesibilidad de Personas con Movilidad Reducida
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la proporción de Vehículos adaptados con acceso a PMR
Fórmula	$\text{Accesibilidad_PMR} = \frac{\text{Numero_Vehiculos_Adptados} * 100}{\text{Total_Unidades}}$
Unidades de Medida	%
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Campo Elías

COMENTARIOS

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Numero_Vehículos_Adaptados = 0 Vehículos
- Total_Unidades = 1187
- Accesibilidad_PMR = 0 %

Frecuencia

Código: 3-05	
Nombre de la Variable	Frecuencia
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la oferta de unidades por hora de servicio
Fórmula	$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Unidades}_\text{Servicio} * \text{Velocidad}_\text{Comercial}}{\text{Km}_\text{Longitud}_\text{Re d}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Autobuses}}{\text{Hora}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [ALG Group, 2000]

COMENTARIOS

- El valor de la Velocidad_Comercial es calculado a partir de [ALG Group, 2000]
- La variable se calculó para una muestra de 35 rutas y el valor final es el promedio del valor de éstas.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Frecuencia = 9.8 Autobuses / Hora

Confort

Código: 3-06	
Nombre de la Variable	Confort
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir el confort de las unidades del STPP
Fórmula	$\text{Índice_Ocupación} = \frac{\text{Ocupación_Unidad}}{\text{Capacidad_Nominal}}$
Unidades de Medida	Adimensional
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [ALG Group, 2000]

COMENTARIOS

- La variable confort está medida por el índice de ocupación.
- El Índice_Ocupación es tomado de [ALG Group, 2000]
- El valor es calculado para una muestra de 35 rutas, el valor final es el promedio de ellos.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Confort = Índice_Ocupación: 0.78³

³ El valor calculado para la variable corresponde a un Confort de tipo “C” según [HCM, 1985], a esta variable en algunas bibliografías se le llama también: “Nivel de servicio”

Impacto Ambiental

Código: 3-06	
Nombre de la Variable	Impacto Ambiental
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir el impacto ambiental del STPP
Fórmula	$IA = \sum_{i=1}^n (\text{gr.CO} + \text{gr.NOx} + \text{gr.HC})_{\text{DIESEL}} + \sum_{i=1}^m (\text{gr.CO} + \text{gr.NOx} + \text{gr.HC})_{\text{GASOLINA}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Gramos}}{\text{Km.}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Propia
COMENTARIOS	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Las tablas de factores de Emisión por vehículo usadas son tomadas de: Environmental Protection Agency [http://www.epa.gov/] Están dadas en gr. / milla, se realizan las conversiones pertinentes para obtener los resultados en gr. / Km. (A) <input type="checkbox"/> Las emisiones se estiman en base a la edad del vehículo (Año de fabricación) y al kilometraje total recorrido en el tiempo de vida. Se considera como vida del vehículo el tiempo de vida del motor. Se estima un promedio de vida de 2 años para el motor de las unidades del STPP actual de Mérida, según [Costos II] <input type="checkbox"/> n = Cantidad de vehículos a DIESEL. <input type="checkbox"/> m = Cantidad vehículos a Gasolina <input type="checkbox"/> gr.(Componente X) = Emisiones Cero Km. + (Tasa de Emisión según deterioro*M) <ul style="list-style-type: none"> - Componente X: CO, NOx, HC. - Emisiones Vehículo: Valor tabulado. Gramos de emisiones cuando el motor esta nuevo, varía según la edad del motor. - Tasa de Emisión según deterioro: Valor tabulado. Gramos de emisiones según el deterioro del motor. Varía según la edad del motor y el valor de M. Existen valores para M>5 y M>10 <input type="checkbox"/> M: Factor de kilometraje recorrido en la vida útil del motor. <input type="checkbox"/> - M= Kilometraje recorrido/ 16093.44 Km. 	
EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Impacto_Ambiental = 22632.34 Gramos / Km. 	

(A) Ver Anexo F, Tabla de Emisiones N° 1 y N° 2

4. VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR TARIFA

Ingreso por Usuario

Código: 4-01	
Nombre de la Variable	Ingreso por Usuario
Tipo de Variable	Tarifa
Objetivo	Medir el ingreso que aporta cada usuario al STPP por ser transportado
Fórmula	$\text{Ingreso_por_Usuario} = \frac{\text{Ingresos_Recaudados}}{\text{Cantidad_Usuarios}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Bs}}{\text{Usuarios}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Campo Elías <input type="checkbox"/> I.N.T.T.T
COMENTARIOS	
<input type="checkbox"/> Para evaluar esta variable se considera el valor de las tarifas de cada una de las rutas del STPP actual de Mérida, el valor definitivo es el promedio de la ellas.	
EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL	
<input type="checkbox"/> Ingresos_por_Usuarios = 492.85 Bs. / Usuario	

Subvenciones

Código: 4-02	
Nombre de la Variable	Subvenciones
Tipo de Variable	Precio
Objetivo	Medir la proporción de usuarios subsidiados.
Fórmula	$\text{Subvenciones} = \frac{\text{Subvenciones_Diarias_Recibidas} * 100}{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}$
Unidades de Medida	%
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> FONTUR <input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- El Valor de Cantidad_Diaria_Pasajeros es tomado de [CARB, 2003]
- La cantidad diaria de subvenciones se obtuvo de FONTUR

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO ACTUAL

- Subvenciones_Diarias_Recibidas = 181384
- Cantidad_Diaria_Pasajeros = 382438
- Subvenciones = 47 %

ANEXO E

Cálculo de las variables para el escenario futuro A

1. VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR PRODUCTIVIDAD

Densidad de Empleados

Código: 1-01	
Nombre de la Variable	Densidad de Empleados
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir la densidad de Trabajadores del STPP
Fórmula	$\text{Densidad_Empleados} = \frac{\text{Km_Útiles}}{\text{Cantidad_Empleados}}$
Unidad de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Empleados}}$
Fuente de datos	□ [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- El cálculo de Cantidad_Empleados se hace a partir del número de unidades, considerando un promedio de 2.5 operadores por unidad.
La variable se calcula para cada ruta y el valor final es el promedio del valor de éstas.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- $\text{Densidad_Empleados} = \text{Km.} / \text{Empleados}$

Grado de Utilización de las Unidades de Transporte

Código: 1-02	
Nombre de la Variable	Grado de Utilización de las Unidades de Transporte
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el rendimiento medio o el grado de utilización de las unidades del STPP
Fórmula	$\text{Grado_Utilización} = \frac{\text{Km_Útiles}}{\text{Cantidad_Vehiculos_Flota}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Vehiculos}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- La variable se calcula para cada ruta y el valor final es el promedio del valor de éstas.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Grado_Utilización = km. / Vehículo

www.bdigital.ula.ve

Consumo de Combustible

Código: 1-03	
Nombre de la Variable	Consumo de Combustible
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el consumo de combustible del parque del STPP por cada Km. recorrido
Fórmula	$\text{Consumo_Combustible} = \frac{\text{Litros_Combustible} * 100}{\text{Km_Totales_Diarios}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Litros}}{\text{Km}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Sindicato de Transportistas <input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- La tasa de consumo considerada es 0.50 Litros/Km.
- El valor obtenido es la suma del consumo de cada una de las rutas estudiadas, tal valor debe ser interpretado como el consumo de combustible por km. recorrido de todo el STPP.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Consumo_Combustible = Litros / Km.

Costo por Km. Recorrido

Código: 1-04	
Nombre de la Variable	Costo por Km. Recorrido
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el costo asociado a recorrer un Km. por el STPP
Fórmula	$\text{Costo_Km} = \frac{\text{Costo_Operatividad}}{\text{Km_Totales}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Bs}}{\text{Km}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- Para los costos del subsistema rutas alimentadoras:
 - Los costos de operación existente en [CARB, 2003] tienen fecha de finales de 2002, se hace una extrapolación de ellos a la actualidad de la siguiente manera:
 - Se calcula un factor de incremento de costos para las rutas convencionales (las del escenario actual) desde finales de 2002 hasta la actualidad, el factor hallado muestra un incremento de 219.72 % en los costos por km. recorrido
 - El valor del costo por km. recorrido de finales de 2002 se incrementa en la medida del factor hallado, es decir se multiplica por 2.1976
- Para los costos del subsistema TROLMÉRIDA:
 - No se pudo tener acceso a esta información en el Instituto Autónomo TROLMÉRIDA. Se supo que el estado cubrirá parte de los costos de operación, ya que la razón de ser de este proyecto es de carácter social en lugar de lucrativo.
 - Para el calculo se estimo para este valor el doble del promedio del costo del subsistema rutas alimentadoras
-

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Costo_Km = Bs. / Km.

Costo por Pasajero

Código: 1-05	
Nombre de la Variable	Costo por Pasajero
Tipo de Variable	Productividad
Objetivo	Medir el costo asociado a transportar un pasajero por el STPP
Fórmula	$\text{Costo_Pasajero} = \frac{\text{Costo_Operatividad}}{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Bs}}{\text{Pasajero}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Alcaldía Municipio Libertador <input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS
<input type="checkbox"/> Para los costos del subsistema rutas alimentadoras: <input type="checkbox"/> Ídem que costo / km. <input type="checkbox"/> El factor de extrapolación es 234.2 % <input type="checkbox"/> Para los costos del subsistema TROLMÉRIDA: <input type="checkbox"/> EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A <input type="checkbox"/> Costo_Pasajero = Bs. / Pasajero

2. VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR NIVEL DE SERVICIO:

Demanda de Pasajeros

Código: 2 – 01	
Nombre de la Variable	Demanda de Pasajeros
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la demanda horaria de pasajeros del STPP
Fórmula	$\text{Demanda_Pasajeros} = \frac{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}{\text{Cantidad_Horas}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Pasajeros}}{\text{Hora}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- En [CARB, 2003] plantean que el numero de viajes existente se incrementara en un alto porcentaje debido al aumento de transbordo entre las rutas alimentadoras y el Trolmérica y viceversa. Por lo que la demanda de pasajeros se ve incrementada.
- Cantidad_Horas es la cantidad promedio de horas al día que labora el STPP

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Cantidad_Pasajeros = 446070 Pasajeros al día
- Cantidad_Horas = 14 Horas
- Demanda_Pasajeros = 31862 Pasajeros / Hora

Distribución de Pasajeros

Código: 2 – 02	
Nombre de la Variable	Distribución de Pasajeros
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la distribución de Pasajeros respecto al Territorio utilizado por el STPP
Fórmula	$\text{Distribución_Pasajeros} = \frac{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}{\text{Km_Útiles}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Pasajeros}}{\text{Km}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- El Valor de Cantidad_Diaria_Pasajeros es tomado de [CARB, 2003]
- La variable se calcula para ruta y el valor definitivo es la sumatoria de las anteriores.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Cantidad_Diaria_Pasajeros = 446070 Pasajeros / Día
- Distribución_Pasajeros = 5716 Pasajeros / Km.

Oferta de Transporte Público:

Código: 2-03	
Nombre de la Variable	Oferta de Transporte Público
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la adecuación de la oferta a la demanda existente
Fórmula	$\text{Oferta_Transporte_P} = \frac{\text{Km_Útiles_Anuales}}{\text{Cantidad_Habitantes}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Habitantes}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003] <input type="checkbox"/> INE

COMENTARIOS

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Km_Útiles_Anuales = Km. Útiles / Año
- Cantidad_Habitantes = 323398
- Oferta_Transporte_P = Km. / Habitante

Proporción de Pasajeros:

Código: 2-04	
Nombre de la Variable	Proporción de Pasajeros
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la relación de pasajeros que utilizan el STPP respecto de la cantidad de habitantes
Fórmula	$\text{Proporción_Pasajeros} = \frac{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}{\text{Cantidad_Habitantes}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Pasajeros / Día}}{\text{Habitantes}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003] <input type="checkbox"/> INE

COMENTARIOS

- El Valor de Cantidad_Diaria_Pasajeros es tomado de [CARB, 2003]

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Cantidad_Diaria_Pasajeros = 4460703 Pasajeros / Día
- Cantidad_Habitantes = 323398 Habitantes
- Proporción_Pasajeros = 1.38 (Pasajeros / Día) / Habitantes

Cobertura del STPP

Código: 2-05	
Nombre de la Variable	Cobertura del STPP
Tipo de Variable	Nivel de Servicio
Objetivo	Medir la cobertura geográfica cubierta por el STPP
Fórmula	$\text{Cobertura} = \frac{\text{Km}_\text{Útiles}_\text{Sin}_\text{Solape} * 100}{\text{Km}_\text{Red}_\text{Vial}}$
Unidades de Medida	%
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [SYSTRA, 1999] <input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- Km_Red_Vial es tomado de [SYSTRA, 1999]
- Para el cálculo de la variable se toma en consideración sólo el conjunto de rutas alimentadoras pertenecientes al municipio libertador.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Km_Útiles_Sin_Solape = 128.46 Km.
- Km_Red_Vial = 190 Km.
- Cobertura = 67.61 %

3. VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR CALIDAD DEL SERVICIO

Velocidad Comercial

Código: 3-01	
Nombre de la Variable	Velocidad Comercial
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la velocidad promedio del STPP
Fórmula	$\text{Velocidad_Comercial} = \frac{\text{Km_Útiles}}{\text{Cantidad_Horas}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Km}}{\text{Hora}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]
COMENTARIOS	
<input type="checkbox"/>	

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A
<input type="checkbox"/> Velocidad_Comercial = Km. / Hora

Antigüedad Media del Parque del STPP

Código: 3-02	
Nombre de la Variable	Antigüedad Media del Parque del STPP
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la de antigüedad Promedio de las unidades del STPP
Fórmula	$\text{Antigüedad_Parque} = \frac{\text{Total_Años_Antigüedad}}{\text{Total_Unidades}}$
Unidades de Medida	Años
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- En [CARB, 2003] plantean dos escenarios posibles para la formación de la flota de las rutas alimentadoras, primero: que la totalidad de esta sean vehículos de nueva adquisición; segundo: que está esté conformadas por los vehículos de las rutas convencionales. Se considera como escenario de mayor factibilidad el segundo de los planteados. En el que se
 - conservan las unidades con menor vida útil de las rutas convencionales.
 - Se toma como media de edad las unidades seleccionadas, cinco años

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Antigüedad_Parque = 5 Años

Accesibilidad de Personas con Movilidad Reducida

Código: 3-04	
Nombre de la Variable	Accesibilidad de Personas con Movilidad Reducida
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la proporción de vehículos adaptados con acceso a PMR
Fórmula	$\text{Accesibilidad_PMR} = \frac{\text{Numero_Vehiculos_Adptados} * 100}{\text{Total_Unidades}}$
Unidades de Medida	%
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Numero_Vehículos_Adaptados = 45 Vehículos
- Total_Unidades = 256 Vehículos
- Accesibilidad_PMR = 17.58 %

Frecuencia

Código: 3-05	
Nombre de la Variable	Frecuencia
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir la oferta de unidades por hora de servicio
Fórmula	$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Unidades_Servicio} * \text{Velocidad_Comercial}}{\text{Km_Longitud_Red}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Autobuses}}{\text{Hora}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

El valor de la Velocidad_Comercial es calculado a partir de [CARB, 2003]

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

Frecuencia = Autobuses / Hora

Confort

Código: 3-06	
Nombre de la Variable	Confort
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir el confort de las unidades del STPP
Fórmula	$\text{Índice_Ocupación} = \frac{\text{Ocupación_Unidad}}{\text{Capacidad_Nominal}}$
Unidades de Medida	Adimensional
Fuente de datos	□ [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- Según la planificación operativa de las rutas hecha en [CARB, 2003], éstas están diseñadas para operar con un confort de tipo "C" lo que es equivalente a un Índice de ocupación entre 0.75 – 1.00. Equivalente promedio = 0.87
- La mejor forma de medir el confort del Trolmérica no es a través del índice de ocupación (con el que se mide para las unidades de transporte de las rutas), pues este puede transportar muchos pasajeros de pie con bastante comodidad. Se considera hacer esta medición a partir de [FONTUR, 1996] que establece la relación de densidad de pasajeros como el cociente del número de pasajeros de pie entre la cantidad de metros cuadrados destinados para tal fin en la unidad.
 - Pasajeros de pie 75
 - Área útil para pasajeros de pie: 16.60 mts²
 - Relación = 4.51 Es equivalente a confort de Tipo "D"
- A fin de obtener un valor de todo el sistema, es necesario equiparar las unidades de ambos, se lleva el valor del TROLMÉRIDA a su equivalente en índice de ocupación, esto sería en el intervalo 1.01 – 1.25. Equivalente promedio = 1.13
- El valor definitivo para el confort es el promedio de los dos subsistemas

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Confort = Índice_Ocupación = 1

Impacto Ambiental

Código: 3-06	
Nombre de la Variable	Impacto Ambiental
Tipo de Variable	Calidad del Servicio
Objetivo	Medir el impacto ambiental del STPP
Fórmula	$IA = \sum_{l=1}^n (\text{gr.CO} + \text{gr.NOx} + \text{gr.HC})_{\text{DIESEL}} + \sum_{l=1}^m (\text{gr.CO} + \text{gr.NOx} + \text{gr.HC})_{\text{GASOLINA}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Gramos}}{\text{Km.}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> Propia
COMENTARIOS	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Las tablas de factores de Emisión por vehículo usadas son tomadas de: Environmental Protection Agency [http://www.epa.gov/] Están dadas en gr. / milla, se realizan las conversiones pertinentes para obtener los resultados en gr. / Km. (A) <input type="checkbox"/> Las emisiones se estiman en base a la edad del vehículo (Año de fabricación) y al kilometraje total recorrido en el tiempo de vida. Se considera como vida del vehículo el tiempo de vida del motor. A partir del escenario de flota planteado en [CARB, 2003] se estima una vida del motor promedio de 2 años para los vehículos. <input type="checkbox"/> El Trolmérida no utiliza combustible como fuente principal de movimiento, por lo que no se considera como contaminante en esta modadilad. <input type="checkbox"/> n = Cantidad de vehículos a DIESEL. <input type="checkbox"/> m = Cantidad vehículos a Gasolina <input type="checkbox"/> gr.(Componente X) = Emisiones Cero Km. + (Tasa de Emisión según deterioro*M) <ul style="list-style-type: none"> - Componente X: CO, NOx, HC. - Emisiones Vehículo: Valor tabulado. Gramos de emisiones cuando el motor esta nuevo, varía según la edad del motor. - Tasa de Emisión según deterioro: Valor tabulado. Gramos de emisiones según el deterioro del motor. Varía según la edad del motor y el valor de M. Existen valores para M>5 y M>10 <input type="checkbox"/> M: Factor de kilometraje recorrido en la vida útil del motor. <input type="checkbox"/> - M= Kilometraje recorrido/ 16093.44 Km. 	
EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Impacto_Ambiental = 7958.55 Gramos / Km. 	

4. VARIABLES CORRESPONDIENTES AL INDICADOR TARIFA

Ingreso por Usuario

Código: 4-01	
Nombre de la Variable	Ingreso por Usuario
Tipo de Variable	Tarifa
Objetivo	Medir el ingreso que aporta cada usuario al STPP por ser transportado
Fórmula	$\text{Ingreso_por_Usuario} = \frac{\text{Ingresos_Recaudados}}{\text{Cantidad_Usuarios}}$
Unidades de Medida	$\frac{\text{Bs}}{\text{Usuarios}}$
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> [CARB, 2003] <input type="checkbox"/> Alcaldía municipio Libertador
COMENTARIOS	
<input type="checkbox"/> Para el cálculo de la Tarifa se procede de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none">- Se estudia en el escenario actual del STPP de Mérida la relación existente entre la variables "Costo / Pasajero" para con la variable "Ingreso por Usuario", se evidencia que la relación es proporcional en un 4.75 %, este índice se denomina factor de cálculo de la tarifa por usuario a partir de los costos / pasajero transportado.- Se utiliza el factor de cálculo de la tarifa por usuario a partir de los costos / pasajeros, para el escenario futuro A. Es decir se multiplica el costo / pasajero por el valor del factor y se obtiene una tarifa proporcional	
EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A	
<input type="checkbox"/> Ingresos_por_Usuarios = 260.65 Bs. / Usuario	

Subvenciones

Código: 4-02	
Nombre de la Variable	Subvenciones
Tipo de Variable	Precio
Objetivo	Medir la proporción de usuarios subsidiados.
Fórmula	$\text{Subvenciones} = \frac{\text{Subvenciones_Diarias_Recibidas} * 100}{\text{Cantidad_Diaria_Pasajeros}}$
Unidades de Medida	%
Fuente de datos	<input type="checkbox"/> FONTUR <input type="checkbox"/> [CARB, 2003]

COMENTARIOS

- Se hace la consideración que en el escenario futuro A, aunque la demanda se ve aumenta por los transbordos, la proporción de viajes subsidiados debe crecer en la misma medida. Por lo que se considera el valor de esta variable como el mismo de la variable en el escenario actual.

EVALUACIÓN PARA EL STPP DE MÉRIDA - ESCENARIO FUTURO A

- Subvenciones = 47 %

ANEXO F

Tablas de emisiones

Tabla de emisiones N° 1. Vehículos - Combustible Diesel

HEAVY DUTY DIESEL POWERED VEHICLES (Combustible: Diesel)

$$\text{BER} = \text{ZML} + (\text{DR} * \text{M})$$

Model	Zero Mile	Deterioration	50,000 Mile	100,000 Mile
Pol	Years	Emission Level	Rate	

HC	Pre-1967	8.130	0.060	8.430	8.730
	1967-1968	8.430	0.060	8.730	9.030
	1969	8.700	0.060	9.000	9.300
	1970	8.770	0.060	9.070	9.370
	1971-1973	9.010	0.060	9.310	9.610
	1974-1976	9.000	0.060	9.300	9.600
	1977	9.190	0.060	9.490	9.790
	1978	9.020	0.060	9.320	9.620
	1979	8.070	0.000	8.070	8.070
	1980-1981	7.280	0.000	7.280	7.280
	1982	6.370	0.000	6.370	6.370
	1983	6.130	0.000	6.130	6.130
	1984	6.470	0.000	6.470	6.470
	1985	5.950	0.000	5.950	5.950
	1986	5.250	0.000	5.250	5.250
	1987	5.140	0.000	5.140	5.140
	1988-1989	5.010	0.000	5.010	5.010
	1990	4.900	0.000	4.900	4.900
	1991-1997	4.830	0.000	4.830	4.830
	1998-2000	4.820	0.000	4.820	4.820
	2001+	4.820	0.000	4.820	4.820

7

CO	Pre-1967	18.050	0.140	18.750	19.450
	1967-1968	18.710	0.150	19.460	20.210

1969	19.300	0.150	20.050	20.800
1970	19.470	0.150	20.220	20.970
1971-1973	19.990	0.160	20.790	21.590
1974-1976	19.970	0.160	20.770	21.570
1977	20.380	0.160	21.180	21.980
1978	20.010	0.160	20.810	21.610
1979	24.560	0.120	25.160	25.760
1980-1981	22.170	0.110	22.720	23.270
1982	19.390	0.090	19.840	20.290
1983	18.650	0.090	19.100	19.550
1984	19.710	0.100	20.210	20.710
1985	18.110	0.090	18.560	19.010
1986	18.130	0.090	18.580	19.030
1987	17.750	0.090	18.200	18.650
1988-1989	17.320	0.080	17.720	18.120
1990	16.920	0.080	17.320	17.720
1991-1997	16.690	0.080	17.090	17.490
1998-2000	16.670	0.080	17.070	17.470
2001+	16.660	0.080	17.060	17.460

NOx

Pre-1967	22.990	0.170	23.840	24.690
1967-1968	23.830	0.180	24.730	25.630
1969	24.590	0.180	25.490	26.390
1970	24.800	0.190	25.750	26.700
1971-1973	25.460	0.190	26.410	27.360
1974-1976	25.440	0.190	26.390	27.340
1977	25.970	0.190	26.920	27.870
1978	25.500	0.190	26.450	27.400
1979	23.780	0.000	23.780	23.780
1980-1981	21.470	0.000	21.470	21.470
1982	18.770	0.000	18.770	18.770
1983	18.060	0.000	18.060	18.060
1984	19.080	0.000	19.080	19.080
1985	17.530	0.000	17.530	17.530
1986	17.560	0.000	17.560	17.560
1987	17.180	0.000	17.180	17.180
1988-1989	16.770	0.000	16.770	16.770
1990	9.870	0.000	9.870	9.870
1991-1997	8.130	0.000	8.130	8.130
1998-2000	6.490	0.000	6.490	6.490
2001+	6.490	0.000	6.490	6.490

Tabla de emisiones N° 2.

Vehículos - Combustible Gasolina

LIGHT DUTY GASOLINE POWERED TRUCKS I (Combustible: Gasolina)

BER = ZML + (DR1 * M), for mileage up to 50K miles (M <= 5)

BER = ZML + DR1*5.0 + DR2*(M - 5.0), for mileage greater then 50K miles (M > 5)

Model	Zero Mile	Det.	Det.	50,000 Mile	100,000 Mile
Pol	Years	Emission Level	Rate 1	Rate 2	Emission Level

HC	Pre-1968	9.350	0.180	0.180	10.250	11.150
	1968-1969	5.600	0.250	0.250	6.850	8.100
	1970-1971	4.580	0.370	0.370	6.430	8.280
	1972-1974	4.580	0.170	0.170	5.430	6.280
	1975-1976	3.400	0.270	0.270	4.750	6.100
	1977	1.600	0.270	0.270	2.950	4.300
	1978	3.530	0.270	0.270	4.880	6.230
	1979-1980	1.660	0.280	0.280	3.060	4.460
	1981	1.660	0.280	0.150	3.060	3.810
	1982-1983	1.070	0.150	0.150	1.820	2.570
	1984	1.050	0.150	0.150	1.800	2.550
	1985	0.509	0.077	0.284	0.894	2.314
	1986	0.490	0.071	0.282	0.845	2.255
	1987	0.471	0.070	0.271	0.821	2.176
	1988	0.451	0.070	0.265	0.801	2.126
	1989	0.447	0.073	0.277	0.812	2.197
	1990	0.444	0.075	0.280	0.819	2.219
	1991	0.442	0.075	0.281	0.817	2.222
	1992-1993	0.442	0.076	0.283	0.822	2.237
	1994	0.312	0.074	0.279	0.682	2.077
	1995	0.271	0.073	0.275	0.636	2.011
	1996	0.231	0.072	0.273	0.591	1.956
	1997	0.212	0.072	0.273	0.572	1.937
	1998+	0.202	0.072	0.273	0.562	1.927

CO	Pre-1968	117.700	2.250	2.250	128.950	140.200
	1968-1969	85.540	2.250	2.250	96.790	108.040
	1970-1971	79.640	3.130	3.130	95.290	110.940
	1972-1974	75.630	2.440	2.440	87.830	100.030
	1975-1976	58.010	2.590	2.590	70.960	83.910
	1977	22.860	2.590	2.590	35.810	48.760
	1978	53.570	2.590	2.590	66.520	79.470
	1979-1980	44.250	2.430	2.430	56.400	68.550

1981	44.250	2.430	1.460	56.400	63.700
1982-1983	30.160	1.460	1.460	37.460	44.760
1984	23.350	1.460	1.460	30.650	37.950
1985	7.103	1.331	3.547	13.758	31.493
1986	6.498	1.240	3.554	12.698	30.468
1987	6.101	1.242	3.403	12.311	29.326
1988	5.633	1.289	3.286	12.078	28.508
1989	5.526	1.343	3.423	12.241	29.356
1990	5.352	1.423	3.407	12.467	29.502
1991	5.318	1.439	3.419	12.513	29.608
1992-1993	5.318	1.448	3.434	12.558	29.728
1994	3.682	1.448	3.434	10.922	28.092
1995	3.565	1.448	3.434	10.805	27.975
1996	3.071	1.448	3.434	10.311	27.481
1997	2.636	1.448	3.434	9.876	27.046
1998+	2.419	1.448	3.434	9.659	26.829

NOx

Pre-1968	1.960	0.000	0.000	1.960	1.960
1968-1972	2.910	0.000	0.000	2.910	2.910
1973-1974	1.910	0.040	0.040	2.110	2.310
1975-1976	1.880	0.030	0.030	2.030	2.180
1977	2.250	0.030	0.030	2.400	2.550
1978	1.880	0.030	0.030	2.030	2.180
1979-1980	0.970	0.060	0.060	1.270	1.570
1981	0.970	0.060	0.030	1.270	1.420
1982-1983	1.460	0.030	0.030	1.610	1.760
1984	1.220	0.070	0.070	1.570	1.920
1985	1.116	0.078	0.210	1.506	2.556
1986	0.985	0.082	0.214	1.395	2.465
1987	0.838	0.078	0.213	1.228	2.293
1988	0.690	0.077	0.204	1.075	2.095
1989	0.661	0.080	0.198	1.061	2.051
1990	0.639	0.082	0.189	1.049	1.994
1991	0.630	0.082	0.188	1.040	1.980
1992-1993	0.630	0.083	0.186	1.045	1.975
1994	0.472	0.083	0.186	0.887	1.817
1995	0.315	0.083	0.186	0.730	1.660
1996	0.236	0.083	0.186	0.651	1.581
1997	0.236	0.083	0.186	0.651	1.581
1998+	0.236	0.083	0.186	0.651	1.581