

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO
SUSTENTABLE



*Evaluación de la sustentabilidad en la movilidad
de la población residente ocupada
de la ciudad de Los Mochis.*

TESIS

que para obtener el grado de

Maestro en Planeación y Desarrollo Sustentable

PRESENTA

AURORA RUIZ VALENZUELA

Director de tesis

DR. OSVALDO LEYVA CAMACHO

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

NOVIEMBRE DEL 2015

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Asimismo declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, Baja California a 30 de Noviembre de 2015

Aurora Ruiz Valenzuela

Nombre y firma del estudiante

A mi familia.

El progreso y el desarrollo son imposibles si los seres humanos seguimos haciendo las cosas tal y como siempre las hemos hecho...

Wayne Dyer.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California por contribuir a mi formación académica y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado durante mi participación en el posgrado.

Agradezco al Dr. Osvaldo Leyva Camacho por la aportación de conocimiento para la realización de la presente tesis, por su acertada dirección, apoyo y consejos, pero sobre todo por su paciencia y por haber puesto su confianza en mí, de igual manera a la Dra. Elva Alicia Corona Zambrano y al Dr. Arturo Ranfla González por sus atinados comentarios y correcciones en la culminación de mi tesis.

Al cuerpo de profesores del programa de maestría y doctorado en planeación y desarrollo sustentable por haber influido directa o indirectamente en la realización de este trabajo, especialmente a la Dra. Rosa Imelda Rojas Caldelas, Dr. César Ángel Peña Salmón y Dra. Judith Ley García.

A Laura Raquel Escamilla Reyes del Departamento de atención a usuarios y comercialización de la subdirección de Informática del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) por la información proporcionada.

A la Alianza de Transportes Urbanos y Sub Urbanos de los Mochis por la información del funcionamiento del servicio de transporte público.

A mi familia por demostrar siempre su confianza en mí, por su apoyo incondicional y por la motivación necesaria para continuar. A Sofía por convertirse en mi motivo para levantarme de cada caída y ser mejor persona día a día.

Gracias a todos.

RESUMEN

La planeación del transporte es de vital importancia para prevenir situaciones futuras de congestión, contaminación del medio ambiente, demoras, accidentes y conflictos ambientales. Se estima que el 75% de la población global será urbana, traduciéndose en más personas viajando cada vez más, distancias más largas en más ciudades produciendo entre otros problemas ambientales, la aceleración del calentamiento global mediante la emisión de gases de efecto invernadero.

La presente tesis evalúa el grado de sustentabilidad en la movilidad urbana de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis mediante la construcción de un método intermedio a los planes y programas, permitiendo el análisis de los desplazamientos y de la elección modal de la población. Se proyecta la generación y atracción de viajes al interior de la ciudad, se estima la accesibilidad a la red de transporte público de la población residente y se establece la eficiencia de la misma, además de establecer lineamientos para la promoción del uso de este modo de transporte para lograr la reducción de emisiones.

Mediante la realización de la evaluación se obtiene que el grado de sustentabilidad en el transporte de Los Mochis es de un 11% haciendo evidente la necesidad de un cambio en las políticas y actuaciones de las dependencias relacionadas con la movilidad en la ciudad, con la finalidad de mejorar este indicador.

Palabras clave: Movilidad urbana, Sustentabilidad, Transporte público, Accesibilidad.

ABSTRACT

Transportation planning is vital to prevent acceptable future situations of congestion, pollution, delays, accidents and environmental conflicts. It's estimated that 75% of the global population will be urban, resulting in traveling over increasingly longer distances in most cities causing the acceleration of global warming by GHG emissions.

This document assess the degree of sustainability in urban mobility of the resident population in the city of Los Mochis through the construction of an intermediate method to plans and programs, this allow the analysis of displacement and modal choice of the population. The accessibility to public transport will also be projected and it's established the efficiency of it, in addition to establishing the that promotion the use of this mode of transportation to achieving emissions reductions.

Trough the evaluation it is obtained the grade of sustainability in the transport of Los Mochis is 11% percent This shows a necessary change in the policies related to mobility in the city with the aim of improve the indicator.

Key words. Urban mobility, Sustainability, Public transport, Accessibility.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE ECUACIONES	XIII
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	5
1.2. OBJETIVOS.	12
CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.	14
2.1. DESARROLLO SUSTENTABLE.	14
2.2. LA EXPANSIÓN DE LA CIUDAD Y SU RELACIÓN CON LA SUSTENTABILIDAD.	16
2.3. MOVILIDAD URBANA Y TRANSPORTE	18
2.4. ACTIVIDAD ECONÓMICA Y TRANSPORTE	25
2.5. PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE	28
2.6. EVALUACIÓN DE TRANSPORTE SUSTENTABLE	30
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO.....	32
3.1. MODELACIÓN FÍSICA Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	32
3.2. GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJE DE LA POBLACIÓN RESIDENTE OCUPADA.....	32
3.3. DISTRIBUCIÓN DE VIAJES Y TIPOS MODALES (ENCUESTA DOMICILIARIA LUGAR DE TRABAJO).....	34
3.3.1. Marco muestral	35
3.3.2. Diseño de la muestra	35
3.4. MODELACIÓN FÍSICA MEDIANTE ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO.	36
3.5. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA MOVILIDAD DE LA POBLACIÓN	36
3.5.1. Calculo de CO ₂	36
3.5.2. Evaluación de la sustentabilidad.	37
3.6. RESUMEN METODOLÓGICO.....	39
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	41
4.1. GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJE DE LA POBLACIÓN RESIDENTE OCUPADA.	42
4.2. GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJE. ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN DE LA POBLACIÓN RESIDENTE.	43
4.3. ESTRATEGIAS DE VIAJE DE LA POBLACIÓN RESIDENTE OCUPADA EN LA ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE LOS MOCHIS.	44
4.4. FLUJOS DE MOVILIDAD	48
4.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS CON LA ENCUESTA DESTINO-ORIGEN.....	49
4.6. MODELACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE.	51
4.7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD.	52
4.8. CALCULO DE CO ₂	53
4.9. ÍNDICES DE TRANSPORTE SUSTENTABLE.....	53
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN Y ANALISIS DE LA SUSTENTABILIDAD EN EL TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE LOS MOCHIS.....	56

5.1. CONCENTRACIÓN DE LA POBLACIÓN Y EL EMPLEO.	56
5.2. ATRACCIÓN DE VIAJE.	57
5.3. ESTRATEGIAS DE VIAJE.	57
5.4. IMPACTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO.	58
5.5. PLANEACIÓN Y TRANSPORTE PÚBLICO.	58
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.	60
6.1. CONCLUSIONES	60
6.2. CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES.	61
BIBLIOGRAFÍA.	64
ANEXOS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Total anual de emisiones antropogenicas de GEI por grupo de Gases 1970-2010.....	6
Figura 2.1 Circulo vicioso del sistema de transporte público.....	21
Figura 2.2 Distribución modal de los viajes motorizados en grandes ciudades.....	24
Figura 3.1 Esquema general del modelo de la Planeación Estratégica del Transporte Público.....	39
Figura 4.1 Dinámica de crecimiento urbano.....	41
Figura 4.2 Índice de la Concentración de la Población Ocupada.....	42
Figura 4.3 Índice de la Concentración de la Población Residente.....	43
Figura 4.4 Reparto modal de la población residente ocupada en el centro de la ciudad de Los Mochis.....	44
Figura 4.5 Buffers de distancias con respecto al centro de la ciudad de Los Mochis.....	45
Figura 4.6 Distancia a recorrer desde el Origen al Destino del viaje realizado por la población residente ocupada en el centro de la ciudad de Los Mochis....	46
Figura 4.7 Flujos de movilidad.....	48
Figura 4.8 Flujos de movilidad al interior de la ciudad.....	50
Figura 4.9 Rutas de autobuses registradas por la alianza de transportes urbanos y sub urbanos de la ciudad de Los Mochis.....	51
Figura 4.10 Umbrales de distancia de servicio de las rutas de autobuses registradas por la alianza de transportes urbanos y sub urbanos de la ciudad de Los Mochis.....	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Set de indicadores para evaluar la sustentabilidad en el transporte.....	31
Tabla 4.1. Población cubierta en diferentes umbrales de distancia.....	53
Tabla 4.2 Indicadores de transporte sustentable.....	54
Tabla 4.3 Índices compuestos de transporte sustentable.....	54

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Índice de concentración.....	33
Ecuación 2. Índice de concentración de personal ocupado.....	33
Ecuación 3. Índice de concentración de población residente.....	34
Ecuación 4. Diseño de la muestra.....	35
Ecuación 5. Normalización del indicador.....	37
Ecuación 6. Índice de impacto ambiental.....	37
Ecuación 7. Índice de impacto económico.....	38
Ecuación 8. Índice de impacto social.....	38
Ecuación 9. Índice general de transporte sostenible.....	38

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Símbolo	Término
AGEB	Área Geo Estadística Básica
CO ₂	Bióxido de carbono
CH ₄	Metano
CFCs	Clorofluorocarbonos
DENUE	Directorio de Unidades Estadístico Nacional de Unidades Económicas
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Ha	Hectárea
ICPO	Índice de Concentración de Personal Ocupado
ICPR	Índice De Concentración De Población Residente
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
Km	Kilometro
Min	Minutos
N ₂ O	Óxido nitroso
ONU	Organización de las Naciones Unidas
O ₃	Ozono
SIG	sistemas de información geográfica

INTRODUCCIÓN

Históricamente se ha considerado a la ciudad como la suma de sistemas relacionados entre sí, ya sean naturales, artificiales o sociales, que al interactuar modifican el medio ambiente tanto a nivel local, regional como global (Jakson, 2011; Zegras, 2005). El ser humano ha buscado establecerse dentro de las zonas urbanas en búsqueda de empleo para satisfacer sus necesidades de alimentación, salud, seguridad, familia y vivienda generando el crecimiento acelerado de la ciudad. La Organización de las Naciones Unidas estima que en los próximos decenios el número de habitantes urbanos continuara aumentando, se proyecta que en 2050 la población mundial superará los 9000 millones, de los cuales 6000 millones residirá en ciudades (Jakson, 2011).

Actualmente, el desarrollo científico y tecnológico permite ver a las ciudades como centros de oportunidad para que el ser humano desarrolle sus capacidades y al mismo tiempo, abatir la degradación que en ellas se presente, mediante la reestructuración y modernización de los sistemas de infraestructuras urbanas como la de saneamiento, distribución de agua potable, energía, desechos sólidos, sistemas constructivos, equipamiento urbano, sistema vial y transporte, entre otros.

En la ciudad día a día se realizan dos procesos interdependientes, el primero es el proceso donde las actividades se realizan dentro del espacio o lugar como industrias, servicios y vivienda considerándose espacios adaptados, y el segundo es aquel proceso en el que las actividades se generan entre los lugares o espacios de canalización y flujos (Bazant, 1983). En este contexto el flujo de transporte originado entre los espacios dentro de la ciudad es de carácter complejo debido a que un gran número de personas realizan viajes desde un origen hasta un destino a través de una ruta determinada con variedad de propósitos, con múltiples rutas y en diversos modos de transporte. La población elige la modalidad del viaje según la preferencia y capacidad económica, entre caminar, viajar en automóvil o en diversas formas de transporte público.

El tránsito vehicular es la tercera actividad que contribuye al agravamiento de los problemas ambientales causantes del cambio climático, debido a las emisiones generadas por los vehículos particulares que transportan aproximadamente al 80% de la población, debido a las facilidades en la adquisición de un automóvil usado y por la operación del transporte público que presenta deficiencia en cuanto a planeación de rutas, costo y tiempo del viaje. Actualmente en las ciudades europeas, la preferencia modal del transporte público en la realización de viajes adquiere relevancia, esto se debe a la expansión desordenada promovida por el modelo de urbanización de las ciudades y por las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y otros contaminantes que se producen al usar vehículos motorizados, lo anterior se convierte en las principales causas de problemas relacionados con la salud (Nathan, 2013).

El crecimiento económico y el paulatino desarrollo de la ciudad de Los Mochis traen como consecuencia problemas relacionados con la movilidad urbana. La falta de un transporte público eficiente y económico aunado al incremento de tránsito vehicular privado provoca que los flujos vehiculares sean cada vez más lentos, se incrementen las emisiones contaminantes del aire y con ello se genera estrés entre los habitantes debido al tiempo que destinan a transportarse. El problema de la movilidad al interior de la ciudad es producto del desinterés de los gobiernos locales por las soluciones colectivas y el privilegio de las soluciones para el transporte individual generando la saturación vial (Brugués, 2009). Durante la última década la ciudad se expandió aproximadamente 1264 hectáreas creciendo hacia el sur y suroeste, los nuevos fraccionamientos se han construido en su mayoría en la periferia, haciendo del automóvil, un bien necesario para transportarse debido a su residencia fuera de la mancha urbana creciendo así exponencialmente. Con este fenómeno el desarrollo urbano enfrenta retos en materia de movilidad, trayendo consigo el incremento de distancias.

En contraste con el enfoque tradicional, el transporte sustentable es aquel que cumple con las necesidades básicas de la sociedad con seguridad y de una manera consiente tanto humana como con la salud ambiental, asequible y operando de manera eficiente, ofreciendo una variedad de modos de transporte y que es compatible con una economía en auge, además minimiza el consumo de recursos no renovables, maneja un límite de emisiones que son

absorbidas por la vegetación disponible y mantiene el consumo de recursos no renovables a un nivel sustentable, debido a que reutiliza y recicla sus componentes, minimiza el ruido, la contaminación y el uso del consumo de territorio (Haghshenas, Vaziri, y Gholamialam, 2015). En este contexto la sustentabilidad en el transporte puede medirse mediante la construcción de indicadores y formulas algebraicas, para identificar los cambios necesarios en materia de políticas de transporte para acrecentar el grado de sustentabilidad.

El presente trabajo de tesis plantea realizar la evaluación del grado de sustentabilidad en el transporte para la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis mediante la construcción de un método que permita el análisis de los desplazamientos y de la elección modal. Se proyectará también la accesibilidad y eficiencia de las rutas del transporte público y se establecerán las bases que promuevan el uso de este modo para lograr la reducción de emisiones de GEI.

En el primer capítulo se describen las referencias y antecedentes relacionados con la movilidad urbana y los aspectos concernientes a la ciudad, también se realiza un recorrido por los proyectos e investigaciones que han abordado este tema a nivel mundial, utilizados principalmente para reafirmar el planteamiento y delimitación del problema, así como en el planteamiento de objetivos y metas de esta investigación. Asimismo en este apartado se encuentran los conceptos que dan fundamento al tema.

En el segundo capítulo se explica el proceso metodológico que se utilizó en este trabajo que permitirá la evaluación y el análisis del problema planteado.

El contenido del tercer capítulo se divide en cinco apartados donde se desarrolla cada proceso metodológico para dar respuesta a los objetivos planteados y se enumeran los resultados obtenidos en cada proceso.

En el cuarto capítulo se realiza la integración de los resultados de cada proceso metodológico y se establece la forma más óptima en lograr la evaluación de la sustentabilidad de la movilidad de las personas residentes ocupadas y con ello contribuir a la planeación de la ciudad.

El contenido del quinto capítulo muestra la discusión de resultados obtenidos en el capítulo anterior para demostrar los puntos en los que la sustentabilidad puede ser parte de la movilidad cotidiana

En el sexto y último capítulo se enuncias las conclusiones así como las consideraciones finales y recomendaciones resultado del trabajo de tesis.

1.1. Antecedentes.

La invención del automóvil trajo consigo el mayor crecimiento económico desde el siglo XIX cuando se inició la llamada revolución automotriz. Con éste proyecto se realizaron cambios en el transporte de personas y mercancías, además de configurar la ciudad al dar prioridad a la movilización motorizada, asfaltando vialidades y rezagando a quienes no contaban con automóvil, como consecuencia, éste paso de ser un modo de transporte a un indicador de estatus social, poder adquisitivo y estilo de vida. La forma de producción del automóvil llegó a ser en masa expulsando hacia las ciudades miles y miles de unidades incrementando el parque vehicular alrededor del mundo (Torre, 2007).

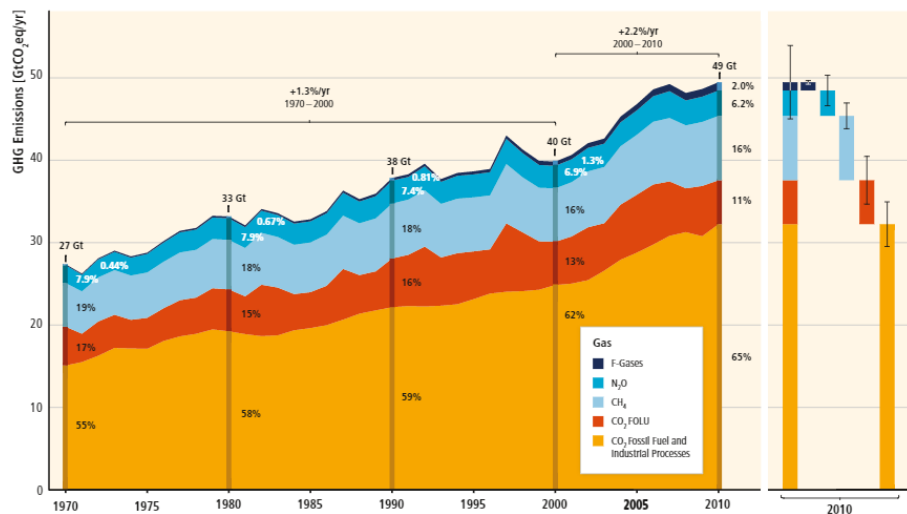
La movilidad urbana se convierte en problema cuando se conjugan el incremento vehicular y el aumento desmedido de la población transfiriendo este inconveniente al crecimiento urbano, el cual ha tocado cifras sin precedentes. Diversos autores estiman que dentro de un periodo corto de tiempo el 75% de la población global será urbana (Giraldo, 2009), es decir que gran parte de ella hará uso cotidiano del transporte traduciéndose en más personas viajando cada vez más, distancias más largas en más ciudades. La situación se agrava cuando el transporte no es eficiente y no satisface la demanda de la población, además de traer consigo consecuencias como incrementos en la congestión, demoras, accidentes y conflictos ambientales mayores a los considerados aceptables (Ortúzar, 2012).

En la actualidad, la movilidad urbana y la planeación del transporte han adquirido relevancia a nivel mundial. El problema es principalmente causado por la expansión desordenada de la ciudad y con ello, el incremento de distancias a recorrer principalmente como resultado de la realización cotidiana de actividades, pero sobre todo por las emisiones que se generan. Los problemas resultantes son la acumulación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), el cual se presenta al existir en la atmosfera gases tales como el dióxido de carbono (CO₂) como resultado de la quema de combustibles fósiles, producción de cemento, cambios en uso de suelo tropical y el vapor de agua. El óxido nitroso (N₂O) resultado de los procesos agrícolas, pastoreo en regiones tropicales, quema de biomasa, procesos industriales, producción de ácido adípico y ácido nítrico. El metano (CH₄) consecuencia del cultivo de arroz bajo agua, rellenos sanitarios, ganadería, combustión de biomasa, producción y

consumo de combustibles fósiles. Además de otros gases como los clorofluorocarbonos (CFCs) y el ozono (O₃) (IPCC, 2014).

La situación de la contaminación atmosférica es variada alrededor del mundo y ha ido en aumento de manera estrepitosa desde 1970 como se puede observar en la figura 1.1 Donde se establece el porcentaje de concentración de cada grupo de gases que integran los antes mencionados Gases de Efecto Invernadero, producto de las actividades humanas que ocasionan la contaminación del aire (INECC, 2013; IPCC, 2014; PNUMA, 2007).

Figura 1.1 Total anual de emisiones antropogenicas de GEI por grupo de Gases 1970-2010.



Fuente Mitigation of climate change 2014, IPCC (2014).

Para evitar futuros impactos de gravedad provenientes del cambio climático, son necesarias medidas drásticas en el diseño de políticas que faciliten la adaptación al cambio climático para reducir las emisiones procedentes del sector energético, transporte, forestal y agrícola (PNUMA, 2007). Al realizar cambios en el sistema de transporte público, se combaten problemas y se contribuye con la sustentabilidad de la red, por ejemplo lograr la eficiencia energética mediante combustibles o energías alternas. Una vez solucionado el problema de transporte se podrá innovar en diversos procesos como la planeación de la ciudad, la gestión de residuos sólidos, de agua y de aguas residuales, tomándolos como ejemplos y tratando de

que sean implementados a nivel mundial, sólo así la planeación estratégica de estos componentes urbanos permitirá crear condiciones para el desarrollo dentro del territorio generando entornos saludables, transitables y limpios (Jakson, 2011)

Como resultado de esta problemática se ha realizado un sinnúmero de investigaciones y proyectos alrededor del mundo en búsqueda de la conciliación, por un lado, del transporte como productor del desarrollo económico en las ciudades y por el otro, el desarrollo sustentable en la mejora de la calidad de vida y la protección del medio ambiente, (CCE, 2007). Los principales aportes de las investigaciones se centran en crear una nueva cultura de la movilidad urbana, mediante la evaluación del transporte para lograr una circulación fluida dentro de la ciudad; obtener la máxima ventaja al uso de los automóviles privados y el transporte de mercancías; la búsqueda de un transporte público accesible, inteligente y eficiente; difusión y uso de nuevas tecnologías; promover desplazamientos a pie y en bicicleta; mejoras en infraestructura vial; entre otros.

El intento de efectuar cambios en el transporte es sólo posible mediante la evaluación de los componentes de la misma, es decir, estudiar los impactos que la red manifiesta en la sociedad, en la economía y en el medio ambiente con el propósito de encontrar los puntos débiles que impiden el funcionamiento eficiente. La manera en la que se realiza la evaluación del transporte es mediante la construcción de indicadores, Castillo and Pitfield (2010) consideran al transporte sustentable como una meta fundamental de la planeación y de las políticas de transporte es por eso que los autores desarrollan una metodología para seleccionar los indicadores de sustentabilidad apropiados para Reino Unido, seleccionándolos de una base de 233 indicadores como: Volumen de tráfico motorizado, Número de excursiones en bicicleta, Vulnerables accidentes usuarios de las carreteras, Contaminantes del aire local, Modal cuota del transporte público, Porcentaje de mercancías transportadas por carretera, Las emisiones de CO₂ del transporte entre otros (Castillo y Pitfield, 2010).

Para Reisi, Aye, Rajabifard, and NgoRenewable (2014) las actividades relacionadas con el transporte generan una quinta parte del CO₂, un tercio de CFCs y la mitad de NO_x emitidas a la atmosfera, de este modo el transporte impacta negativamente al medio ambiente, a la

economía y a la sociedad. La forma de medir dichos impactos es la de elaborar un índice de indicadores de sustentabilidad, los cuales son herramientas importantes para medir los diferentes aspectos del desarrollo sustentable y son fáciles de interpretar y de entender por estar en un lenguaje universal, pudiendo hacer uso de ellos para facilitar la comunicación entre científicos, tomadores de decisiones y público en general. La cualidad que poseen los indicadores es emplear conceptos complejos en unidades manejables

Al agregar los indicadores individuales en un índice compuesto es un enfoque práctico para evaluar la sustentabilidad, midiendo aspectos multidimensionales de la sustentabilidad que no pueden capturarse por completo con los indicadores individuales. Los indicadores usados por Reisi y cols. (2014) están divididos en tres aspectos manteniendo la tónica de la sustentabilidad: la emisión de GEI, otros contaminantes del aire, la energía usada, la población expuesta a ruido y el consumo de territorio por el transporte pertenecen al aspecto medioambiental. En cuanto al aspecto social, los indicadores que lo componen son: muertes y lesiones por accidentes de tráfico per cápita, accesibilidad y facilidades al transporte público, satisfacción de ciudadanos en la variedad y calidad de las opciones de transporte y muertes y accidentes como resultado de la contaminación del aire. Para el aspecto económico los indicadores son: gasto de los hogares asignados al transporte, costo de accidentes y costo de las emisiones del transporte (Reisi y cols., 2014).

Haghshenas y cols. (2015) consideran que el exceso del uso del automóvil impacta tanto social, económica y medioambientalmente la vida urbana y que los aspectos urbanos como el transporte ha crecido considerablemente a la par de las presiones del crecimiento urbano, de allí la importancia de estudiar y desarrollar nuevas políticas programas y proyectos relacionados con la sustentabilidad del transporte. En el trabajo de estos autores se desarrollan políticas sobre la construcción de indicadores que evalúan la sustentabilidad en el transporte, esto permite que los planeadores y responsables políticos compararen y analicen diversos escenarios con mayor precisión a una escala urbana en la ciudad de Isfahan ubicada en Medio Oriente.

Para la selección y construcción de indicadores se agruparon por impactos, sociales, económicos y medioambientales entre los que se encuentran: Contaminación anual de contaminantes del aire (CO₂, VOC, NO_x.) per cápita, Consumo de territorio por la infraestructura para transporte Promedio de tiempo consumido en un viaje en transporte público y privado, muertes anuales por el transporte per cápita, Suma de los sistemas de transporte por ciudadano-pasajero km por área, entre otros. Como resultado se obtuvo el desarrollo de políticas de transporte urbano que contribuyen a la sustentabilidad en la infraestructura de transporte público y no motorizado, además de promover la integración de distintos modos, el establecimiento de precios accesibles, control del uso del automóvil, y la inversión en transporte público con la finalidad de disminuir la dependencia del automóvil (Haghshenas y cols., 2015).

Otro trabajo sobre el tema, se realizó en Taiwan con el propósito de evaluar las estrategias de transporte sustentable para 23 ciudades de ese país, Shiau (2013) toma como referencia la publicación Indicadores de Desempeño de Transporte Sustentable (STPI) elaborado por el Centro de Transporte Sustentable (CTS) en 2000 para monitorear el estado de sustentabilidad en Canadá, para monitorear la sustentabilidad en las ciudades de Taiwan. El autor se basa en los diferentes patrones de urbanización que presentan las 23 ciudades seleccionadas, por lo tanto poseen diversas estrategias para implementar la sustentabilidad en el transporte, con el objetivo de evaluar la prioridad categórica de las estrategias de transporte sustentable mediante un enfoque híbrido de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la teoría Dempster-Shafer (DST).

En este trabajo la selección de estrategias busca mejorar la accesibilidad para las personas mayores y discapacitadas, mejorar la accesibilidad para los modos no motorizados, mejorar los servicios de tránsito, mejorar los servicios de BRT, y por último promover el uso de las motocicletas eléctricas. La evaluación de las estrategias de transporte sustentable muestra que la toma de decisiones es diferente para cada ciudad. Al realizar la evaluación se involucran criterios múltiples, diversos tomadores de decisiones e información incompleta. La metodología es aplicable al plasmar la opinión de expertos acerca de las preferencias, haciendo útil la predicción de estrategias basadas en creencias subjetivas (Shiau, 2013).

Siguiendo este marco de evaluación del transporte, en el caso de estudio de la ciudad de Los Mochis, caracterizada por ser mono céntrica, es decir, que es en el centro urbano donde se presenta la mayor concentración y diversidad de empleos, comercio y servicios. “El centro de la ciudad actúa como articulador de la movilidad atrayendo casi el 40% de los viajes del resto de las zonas de la ciudad, reflejando mala planeación en términos de estructura urbana” (Brugués y Rubio, 2009), teniendo como consecuencia el uso intensivo de los automóviles y con ello, el aumento del parque vehicular privado y la falta de estacionamiento público, así como el estado deplorable de las vialidades con pavimentos agrietados, baches y banquetas en malas condiciones. Aunado a esto la construcción de nuevos fraccionamientos habitacionales en la zona sur y noroeste de la ciudad incrementan las distancias en los viajes particulares, y en algunos casos se obstruye la continuidad de vialidades principales provocando la “aglomeración en horas pico del tránsito vehicular en puntos importantes haciendo evidente la falta de producción integral armónica de la ciudad” (Brugués y Rubio, 2009)

Inicialmente la ciudad de Los Mochis fue objeto de estudio del Dr. Alejandro Brugués en su investigación Movilidad intra-urbana y espacios de vida de los habitantes de tres ciudades de Sinaloa: Guasave, Los Mochis y Mazatlán (Brugués y Rubio, 2009), como resultado se obtuvo que el viaje de mayor frecuencia es el de Hogar-Trabajo-Hogar generando conflicto de tráfico en las horas pico de entrada y de salida; esto se acentúa en el centro de la ciudad debido a la concentración de la población ocupada, quienes se desplazan en vehículos particulares, o bien, hacen uso del sistema de transporte público de la ciudad, ineficiente debido a la poca cobertura, en los horarios de servicio y en el costo que representa el transportarse, traduciéndose en congestión de vialidades, ruido, inseguridad social, elevados costos de operación y mantenimiento, entre otros.

La revisión de la problemática a nivel mundial, hace evidente centrarse en resolver los problemas del transporte público mediante la evaluación continua del desempeño de todos los componentes de la red. Para establecer las estrategias que mejoren la situación, del transporte público en la ciudad de Los Mochis, como caso de estudio, en la presente tesis se realiza el diagnóstico, evaluación y análisis de la red de transporte público, mediante el análisis de accesibilidad de rutas para conocer la situación actual de la circulación en la

ciudad. Se analiza también los patrones de viajes, frecuencias, origen y destino de la población residente ocupada de la ciudad, manteniendo un enfoque ambiental, social y económico de la sustentabilidad para aterrizarlos posteriormente en proyectos integrales que beneficien a todos los actores que conforman la movilidad urbana en el corto, mediano y largo plazo, para permitir un funcionamiento eficiente de todos los sistemas inmersos en la planeación de la ciudad.

La realización de este análisis incluye un desglose del modo de transporte, localización en el espacio, rutas, secuencias de viaje, localización de las viviendas, localización de lugares de trabajo, parque vehicular, entre otros. Dicho análisis se realizara con la modelación en sistemas de información geográfica alimentada con bases de datos actuales, así como información fidedigna acerca de las características de la movilidad de la población de la ciudad de los Mochis. La metodología a seguir será la de Haghshenas y cols. (2015) debido a la disponibilidad de información para la construcción de los indicadores, para conseguir evaluar la sustentabilidad del transporte de la ciudad de Los Mochis.

1.2. Objetivos.

La problemática planteada en el capítulo anterior que evidencia la necesidad de contar con criterios para valorar el grado de sustentabilidad de la movilidad de la población residente ocupada de la ciudad de Los Mochis, así como el grado de articulación entre el sistema de transporte público y el modelo de estructura urbana vigente, de acuerdo al contexto planteado anteriormente surgen las siguientes interrogantes:

General:

¿Cuál es el grado de sustentabilidad de la movilidad de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis?

Específicas:

- ¿Cómo se concentran la población residente económicamente activa y las fuentes de empleo en la ciudad de Los Mochis?
- ¿Cuántos viajes atraen los destinos de empleo de la zona centro de la ciudad de Los Mochis?
- ¿Cuáles son las estrategias de viaje de las población residente ocupada en la zona centro de la ciudad de Los Mochis?
- ¿Cómo impacta el acceso al sistema de transporte público en la sustentabilidad de la movilidad de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis?
- ¿Cuáles son los elementos de la planeación del transporte público urbano que inciden en la sustentabilidad de la movilidad de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis?

Con la finalidad de dar respuesta a las interrogantes planteadas, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

General:

Evaluar la sustentabilidad de la movilidad de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis.

Específicos:

- Analizar la concentración de la población y el empleo dentro de la ciudad mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica.
- Conocer el número de viajes que atraen los destinos de empleo de la zona centro de la ciudad de Los Mochis.
- Caracterizar las estrategias de viaje de la población ocupada en la zona centro de la ciudad de Los Mochis.
- Evaluar el impacto del acceso al sistema de transporte público en la sustentabilidad de la movilidad de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis.
- Identificar los elementos de planeación del transporte público requeridos para lograr la sustentabilidad en la movilidad de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis.

En resumen, es inevitable que las ciudades continúen expandiéndose modificando el medio ambiente tanto a nivel local, regional o global, la población que en ella se establece se encuentra en constante movimiento en función de sus actividades y necesidades. El flujo de transporte generado por los desplazamientos impacta al agravamiento de los problemas ambientales causantes del cambio climático. Actualmente solo el 20% de los viajes se realizan en transporte público a nivel mundial, dejando al 80% usando el vehículo privado ocasionando problemas en materia de movilidad. La evaluación de la sustentabilidad permitirá conocer en qué grado se contribuye o no con el deterioro del medio ambiente, así mismo se podrá identificar aquellas estrategias que incrementen el grado de sustentabilidad de la movilidad para reducir los impactos sociales, económicos y ambientales del transporte.

CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.

2.1. Desarrollo sustentable.

Vivimos en un mundo en constante movimiento y evolución en donde el ser humano busca la satisfacción de sus necesidades. Con el afán de encontrar un estado de bienestar y confort el hombre ha usado los recursos disponibles en el medio ambiente, para Tyler (2004), el medio ambiente es determinado por el hábitat físico y biótico que nos rodea, es decir, todo aquello que afecta a un organismo vivo o cualquier forma única de vida, así mismo del Saz (2008) lo considera como el sustento de la vida, proveedor de los elementos esenciales para la propia existencia como el agua y el aire. El medio ambiente también provee la energía y las materias primas necesarias para la producción de bienes y servicios que el hombre traduce en el incremento del propio bienestar material. Con la producción de bienes surgieron técnicas de optimización del proceso y la oportunidad de intercambiar productos alrededor del mundo (Foreman-Peck, 1995).

A mediados del siglo XIX algunas regiones del mundo estaban ligadas por el comercio, principalmente al descubrimiento del carbón y del petróleo. Posteriormente las mejoras que se experimentaron en transporte y las comunicaciones aceleraron el crecimiento de las relaciones económicas internacionales, sentando las bases de la economía global e interdependiente actual (Foreman-Peck, 1995) trayendo consigo la urbanización masiva del planeta y cambios estructurales, transformaciones económicas, tecnológicas y sociales. Los cambios estructurales ocurridos, trajeron consigo la mayor degradación sufrida por el planeta tierra. Las principales causas son el incremento de la población; la presión sobre los recursos naturales debido a la demanda de alimentos, agua y energía; la globalización; la erosión acelerada del capital natural; el consumo excesivo de energía; el uso de combustibles fósiles y la innovación tecnológica con efectos dañinos a la salud (PNUMA, 2007).

La crisis ambiental que emerge con el crecimiento económico, se expresa en “la destrucción de las bases ecológicas del proceso de desarrollo y en la degradación de la calidad de vida de la población” (Leff, 1999), apareciendo por primera vez problemas como el cambio

climático, calentamiento global y adelgazamiento de la capa de ozono (Guimaraes, 2002) planteando la necesidad de “reorientar los estilos de desarrollo y de normar los patrones de producción y consumo” (Izazola, 1999; Leff, 1999).

A finales de los setenta y durante la década de los ochenta, comienza a debatirse mundialmente la problemática ambiental. Los recursos naturales se ven afectados por la degradación ambiental (Cardenas, 1998). Los problemas ambientales son abordados por distintos autores alrededor del mundo expresando su preocupación y exhortando a la comunidad científica a buscar una solución que contrarreste tal problemática. Esto se ve reflejado durante la conferencia sobre el Medio Ambiente Humano, que se desarrollara en Estocolmo en 1972, establecida por la Organización de las Naciones Unidas donde se adquirieron una serie de compromisos que sentaron las bases para el desarrollo institucional de protección al medio ambiente (Izazola, 1999), introduciendo la palabra sustentabilidad para referirse al estilo del desarrollo ecológico y económicamente durable.

El concepto de Desarrollo Sustentable se ha modificado de acuerdo a los autores y el año en que se aborde el tema. Veinte años después de Estocolmo, durante la Cumbre de la Tierra en Rio 1992 (Guimaraes, 1992) se adaptaron decisiones que conllevan a un estilo de desarrollo sustentable para la región, es decir, un desarrollo que garantice el mantenimiento del patrimonio natural, pero que a la vez, asegure la integridad de los ecosistemas regionales y la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras, demandando principalmente un cambio en los valores que guían el comportamiento de los agentes económicos y de la sociedad en su conjunto, así como la transformación del conocimiento y la innovación de las tecnologías para resolver los problemas ambientales (Leff, 1999).

El mayor desafío al que se enfrenta el desarrollo sustentable es el crecimiento exponencial de la población. Se estima que hace 2000 años la población mundial era de 300 millones. Tuvieron que pasar 1600 años para que la población se duplicara hasta los 600 millones. Al inicio de la revolución industrial en Europa, en 1750, se calcula que el planeta albergaba a 790 millones de personas y que hicieron falta sólo 150 años para duplicar dicho número. Posteriormente el crecimiento demográfico se aceleró desde 1900 alcanzándose los 2500 millones en 1950, lo que nos lleva a final del siglo XX a una población de 6000 millones de

habitantes (Gómez, 2000) . La División de Población de Naciones Unidas, estima que será a mediados del próximo siglo cuando se alcance una población estable de alrededor de 9000 millones de habitantes, de los cuales 6000 millones residirá en ciudades (Jakson, 2011).

2.2. La expansión de la ciudad y su relación con la sustentabilidad.

El resultado del acelerado incremento de la población trae consigo la expansión de la ciudad sobre el territorio, con espacios adaptados para la localización de actividades, interacción social y espacios de vivienda, haciéndose evidentes en la periferia de la ciudad (Escobar, 2008). Con el fin de afrontar los problemas antes mencionados, el diseño del entorno urbano deberá de contener en su esencia los principios de las tres dimensiones de la sustentabilidad. La configuración de la ciudad deberá reforzar la relación hombre-naturaleza para combatir la degradación producida en ella, sin embargo no existen pasos o manuales que dicten como alcanzar la sustentabilidad urbana, sino que, es necesario el conocimiento de todas las características que conforman a cada ciudad en específico: características ambientales propias, condiciones sociales o económicas, entre otras, debido a que no todas las ciudades atraviesan por las mismas problemáticas (Ledezma y Dominguez, 2006).

La expansión es el crecimiento de la forma urbana dispersa y discontinua de baja densidad en la periferia. Este crecimiento irregular deja un mosaico de extensiones intermedias no desarrolladas y generalmente el incremento de la superficie no corresponde con el incremento de la población generando modelos de ciudades 3D: Dispersas, Discontinuas y Desconectadas (Sim y Mesev, 2011). Este problema es generado por los grandes lotes de suelo urbano destinado a nuevos residenciales que ofrecen mayor espacio en la vivienda, ubicados fuera de los límites de la ciudad, debido a que el suelo más barato se encuentra en las periferias o ligeramente alejados de estos, beneficiando únicamente a los desarrolladores inmobiliarios por sus bajos costos de adquisición (Conte, 2000). Lo anterior solo provoca discontinuidad espacial, segregación de usos de suelo y de clases ocasionando extensiones de baja densidad, esto genera dos resultados: el incremento de la necesidad de desplazamiento motorizado, incremento de los tiempos de viaje y la configuración en la estructura urbana en las zonas de interconexión al interior de la ciudad (Escobar, 2008).

El ser humano opta por establecerse dentro de las zonas urbanas con la finalidad de laborar y satisfacer sus necesidades. No se puede concebir a la ciudad solamente como un objeto o como aglomeración de espacios, calles, o edificios que marcan el asentamiento de un gran número de individuos, sino que debe de ser vista como la concentración espacial de aquellos lugares a los que se conducen las actividades humanas. La ciudad evoluciona en el sentido de acelerar las interacciones de las actividades sociales y económicas, las cuales cambian y simultáneamente, producen una revolución en la forma de relacionarse unos con otros (Lowdon, 1976).

La estructura urbana es considerada como el principio ordenador de sistemas complejos. Es el resultado de una superposición y coexistencia coherente de sistemas complejos de actividades distintas sobre un espacio físico de características dadas, los cuales están estrechamente relacionados entre sí, debido a que los sistemas de actividades producen, a través de sus fuerzas y presiones características, un auténtico modelado del medio físico, cuya estructura se configura simultánea y acordemente con la estructura urbana (Gaviria, 1986; Lowdon, 1976). Entre las actividades se encuentran el comercio, el transporte, la enseñanza, el culto, la asociación, trabajo, diversión y esparcimientos, circulación y estacionamiento de vehículos, circulación y estancia de peatones, telégrafos y correos, recogida de basura, repartos a domicilio, entre otros; en cuanto al medio físico se identifican subsistemas como Jardinería, pavimentación, localización y disposición espacial de los locales comerciales, densidades, localización y disposición espacial de los portales, redes de servicios públicos como agua, alcantarillado, electricidad y alumbrado; además de espacios significativos dentro de la ciudad. (Gaviria, 1986).

En la estructura urbana de la ciudad se realizan dos procesos interdependientes, el primero es el proceso donde las actividades se realizan dentro del espacio o lugar como industrias, servicios y vivienda considerándose espacios adaptados, y el segundo es aquel proceso en el que las actividades se generan entre los lugares o espacios de canalización y flujos (Bazant, 1983). La constante transformación y crecimiento de la ciudad trae como resultado que el segundo tipo de actividades se convierta en un asunto difícil de manejar precisamente porque la ciudad tiende a carecer de patrones amigables con las personas, en su lugar, aparecen el cambio constante en el uso de suelo, que no permite usos de suelo mixto, y en

algunos casos generando el proceso de gentrificación, es decir que las personas con menos recursos se establezcan hacia las periferias, creando anillos de estructuras sociales y económicas (PNUMA, 2007) en la ciudad, pero sobre todo el aumento de los kilómetros a recorrer, dificultando con esto, la movilidad de los habitantes (Conte, 2000).

Actualmente las ciudades son vistas como centros de oportunidad para que el ser humano desarrolle sus capacidades y con ello brindar las herramientas para combatir la degradación que en ellas se presente. La ciudad puede tener diversos significados que dependen del tiempo precisamente porque la ciudad seguirá transformándose a sí misma no solo físicamente sino también económica y socialmente, es decir, nada es estático (Cerasi, 1990), por lo tanto, es necesario que se establezcan las políticas para regular su transformación. Como consecuencia del crecimiento de la población, la ciudad experimenta cambios en su forma y tamaño, desencadenando así una expansión acelerada de la ciudad en un breve periodo de tiempo.

La promoción de construcción de ciudades cada vez más sustentables alrededor del mundo puede ser una realidad, si los seres humanos buscaran un entorno adecuado y necesario para su desarrollo creando asentamientos sustentables que impliquen ser un sitio habitable, seguro, justo, de socialización, que proporcione calidad de vida de manera homogénea a la población no importando sus dimensiones, global, mega ciudad, ciudad intermedia o pequeña (Ledezma y Dominguez, 2006). Para lograr esto es necesario que las autoridades locales se comprometan tanto en el diseño, como en el impulso del nuevo tipo de entorno urbano para lograr transformar los ambientes degradados en lugares habitables, dando marcha atrás a los procesos de degradación ambiental urbana. Dirigir los sistemas urbanos hacia la sustentabilidad requiere un cambio de estrategia para competir con el consumo actual de recursos, por otra, basada en la información y la innovación de tecnología (Rueda, 2009).

2.3. Movilidad urbana y transporte

El esquema actual del funcionamiento de la ciudad presenta disfuncionalidades en materia de movilidad urbana, tanto de personas como de mercancías, ocasionando problemas de congestión, contaminación, ruido, inseguridad social, costos elevados de operación, entre

otros (Escobar, 2008), precisamente porque la movilidad urbana está en función de la expansión espacial de la ciudad, de las necesidades de traslado, de la oferta de infraestructura vial, la utilización de los espacios públicos y de los medios de transporte. El flujo de transporte entre los espacios, dentro de la ciudad es muy complejo, debido a que un gran número de personas realizan viajes desde un origen hasta un destino a través de una ruta determinada con gran variedad de propósitos y en diversas modalidades de transporte, a esto se le conoce como movilidad urbana la cual es definida como el desplazamiento natural de todo individuo dentro de un sistema o lugar, es interpretada como el fundamento de la circulación que se caracteriza por referirse a desplazamientos cortos, relativos o cíclicos (Dangond-Gibson, 2013), donde la circulación se caracteriza por tener breve permanencia en el lugar de destino, así como por el retorno al lugar de origen. Estos desplazamientos o viajes son derivados de una necesidad de llevar a cabo actividades como el trabajo, compras, recreación, educación, entre otros (Ortúzar, 2012).

Los desplazamientos de las personas contemplados como parte del concepto de movilidad son muy variados, y van desde trabajo, estudios, el consumo de bienes y servicios, las visitas a familiares y/o amigos, etc. que tienen lugar cotidianamente desde el lugar donde se localizan las viviendas de las personas (Brugués, 2009) siendo el punto de partida desde donde las personas inician y terminan el viaje, además de considerar toda interacción con el territorio donde los individuos realizan las actividades antes mencionadas. Los estudios de movilidad y los motivos de viaje se han convertido en un tema de análisis central en algunos países desarrollados, obteniendo información fundamental acerca del total de desplazamientos cotidianos, es decir, el día a día, del flujo de personas en movimiento, dirección del movimiento (actividad, localización y distancia recorrida), frecuencia y horarios en que se desarrollan (Brugués y Rubio, 2009).

Desafortunadamente la oferta limitada de modos de transporte tiene asociadas una variedad de efectos que pueden introducir fuertes distorsiones, tales como los accidentes, ruido, contaminación atmosférica, y en general, la degradación del medio ambiente debido a que rara vez se logra internalizar estos efectos (Ortúzar, 2012), teniendo en cuenta lo anterior es que se busca integrar la sustentabilidad en este concepto de movilidad, definiendo a la movilidad urbana sustentable como todo desplazamiento generado en un medio

determinado, con la finalidad de satisfacer un propósito en un lapso de tiempo estimado, implementando modos alternativos de transporte con costos razonables que minimicen los efectos negativos en el entorno y contribuyan a mejorar la calidad de vida. (Allen, 2002; Ortúzar, 2012)

Los flujos de movilidad entre un espacio y otro, reúnen características propias de esta actividad, así como el medio en el cual se realizan, y su organización principalmente en sistemas. En este sentido, el sistema de transporte es el medio por el cual se realiza la movilidad y es definido como la interacción de una red (infraestructura), un sistema de gestión y un conjunto de medios que compiten o se complementan (Ortúzar, 2012). Entonces, el transporte es concebido como el medio por el cual se realiza la movilidad de la población, imponiendo costos severos al medio ambiente local y global, así como en la salud humana, al mismo tiempo los beneficios del transporte son claros para los consumidores y las empresas, y está totalmente inmerso en las actividades económicas y en los estilos de vida de la población.

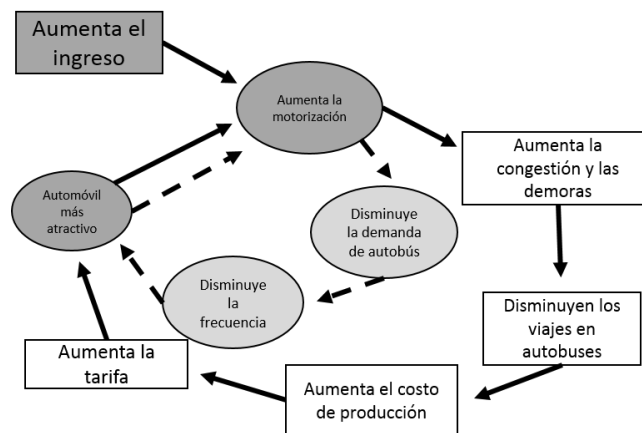
Los medios de transporte urbano pueden ser definidos de varias formas: en función de la tecnología utilizada, por las características del derecho de vía, y por su tipo de operación. Utilizando el último orden se pueden clasificar en transporte privado y en transporte público. El transporte privado se presenta en vehículos operados por el dueño de la unidad, circulando en la vialidad proporcionada operada y mantenida por el estado, los principales modos son el automóvil, la bicicleta y la motocicleta (Molinero y Sánchez, 1998). Este tipo de transporte incorpora retos únicos para los planeadores y a las ciudades, debido a que lidera el volumen de tráfico que causa mayor congestión vial, mientras que disminuye la velocidad del viaje, lo cual puede traducirse en mayor contaminación del aire y del agua debido a la quema de combustibles durante el proceso de tránsito de los vehículos (Allen, 2002).

A pesar de toda la superficie que los estacionamientos requieren, el combustible que los vehículos consumen y la contaminación que generan, los automóviles privados movilizan a menos de un cuarto de los pasajeros urbanos que se desplazan en las ciudades dispersas, con altos niveles de contaminación del aire y de ruido, y por la inadecuada y frecuentemente no

atractiva contraparte o alternativa llamado transporte público, el cual es definido como la serie de sistemas de transportación que operan con rutas fijas y horarios predeterminados y que pueden ser utilizados por cualquier persona a cambio del pago de una tarifa previamente establecida (Molinero y Sánchez, 1998), dentro de la rama de transporte público se encuentra el minibús, el autobús, el trolebús, el transporte superficial, el tren ligero, el metro, el tren regional y demás transporte especializados diseñado de acuerdo a las características espaciales y sociales de la región a la cual este destinado el servicio.

Usualmente este modo de transporte presenta una escasa demanda por parte de la población y se refleja en la reducción de la tasa de ocupación vehicular en los autobuses haciendo necesaria la reducción de los costos de operación y otro ajuste en la tarifa por parte de los operadores del servicio materializándose en la degradación actual del servicio afectando directamente al usuario y a la economía familiar por los múltiples aumentos. Lo anteriormente expuesto, lleva a los sistemas de transporte público dentro del círculo vicioso que se presenta en la siguiente figura.

Figura 2.1 Círculo vicioso del sistema de transporte público.



Fuente: Modelos de demanda de Transporte, Ortúzar (2012)

Por consiguiente los problemas de movilidad urbana surgen cuando se presenta el desequilibrio, consecuencia de que un modo de transporte sea el principal medio de desplazamiento, agravando la situación cuando éste es mayormente contaminante y sólo

traslada a un porcentaje bajo de la población, absorbiendo la mayor proporción de la inversión pública, contribuyendo al deterioro de la salud, y del medio ambiente (CEIT, 2001). En la actualidad, los efectos del problema de movilidad ya son percibidos socialmente y sus efectos negativos se asocian principalmente con tres factores: el incremento exponencial del parque vehicular, la concentración de comercio y servicios y la acelerada expansión de la ciudad que cada vez se vuelve más dispersa y consumidora de espacio de lo que nunca fue en el pasado.

Asociado con el problema de expansión urbana, existe el problema de escasas de opciones para transportarse. Las elecciones disponibles para realizar los desplazamientos van desde caminando, hasta vehículos automotores quienes se han apoderado del total del área de circulación. La saturación de las vialidades hace que el conjunto de vehículos consuman mayor energía, y por tanto se genere mayor ineficiencia (Rueda, 2009). Los vehículos tienen la característica de ser rápidos debido a las innovaciones que se han hecho en materia automotriz, y en el diseño y contenido de los materiales con los que son fabricados los vehículos, sin embargo las normas que regulan a las empresas manufactureras de vehículos en cuanto a su eficiencia no son suficientes para reducir las emisiones, y esto afecta negativamente la calidad de la vida urbana y la habitabilidad de la ciudad, ya que se considera a los vehículos como la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que contribuyen a los problemas de salud, como enfermedades cardíacas, respiratorias y algunas veces cáncer (Nathan, 2013).

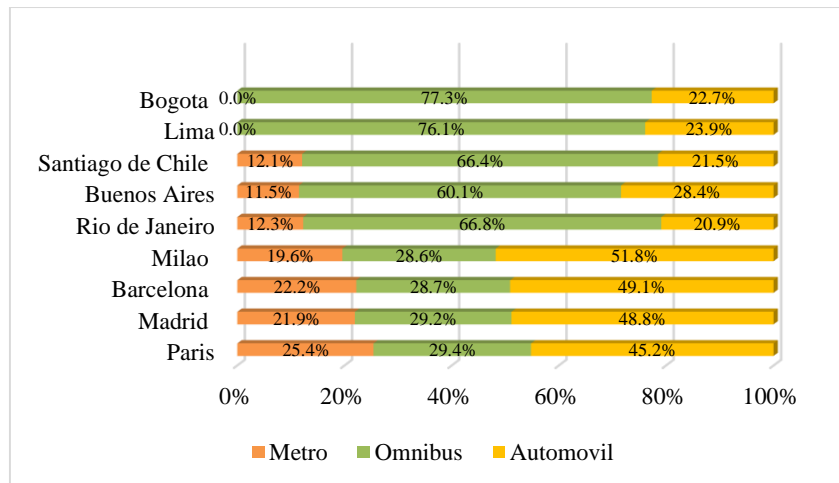
El transporte se convierte en un problema cuando la situación actual del crecimiento urbano alcanza cifras sin precedentes, ya que diversos autores estiman que dentro de un periodo corto el 75% de la población global será urbana (Allen, 2002; Giraldo, 2009; Jakson, 2011), es decir que gran parte de ella hará uso cotidiano de vehículos automotores para transportarse, traduciéndose en más personas viajando cada vez más, distancias más largas en más ciudades. La situación se agrava cuando el transporte no es eficiente y no satisface la demanda de la población, además de traer consigo consecuencias como incrementos en la congestión, demoras, accidentes y conflictos ambientales mayores a los considerados aceptables actualmente (Ortúzar, 2012).

Es por eso que en un pequeño número de ciudades en países desarrollados han puesto en marcha programas que fomenten el uso de sistemas e iniciativas que contribuyan con la movilidad urbana sustentable mediante la combinación de modos alternativos de transporte que incluyan taxis, bicicletas, recorridos peatonales, entre otros (Allen, 2002), además de implementar medidas como la restricción de la circulación por la ciudad de vehículos de gran consumo y emisión, enlazada con una política para reducir el número de vehículos, permitiendo a la vez, el descongestionamiento de tráfico y un escenario de velocidades que supongan una mayor eficiencia. Otro punto importante es el de reducir el número de vialidades para la circulación de vehículos motorizados con el propósito de reducir el número de vehículos en circulación o restringir el número de vehículos mediante una política de restricción de estacionamiento y pagos con tarifas elevadas (Rueda, 2009).

Una vez realizadas las restricciones, los desplazamientos en vehículos privados deberán de repartirse entre el resto de modos de transporte, generando un nuevo modelo de movilidad. El éxito de este cambio solo se logrará mediante la combinación de estrategias, por ejemplo; la elaboración de planes de movilidad más sustentables que reduzcan el número de vehículos circulando y supongan un aumento de la superficie liberada; Desarrollar planes de formación para una conducción ahorradora de energía tanto para conductores privados como del transporte público; Establecer una normativa que restrinja, en la ciudad, el uso de vehículos con elevados consumos de combustibles como los camiones de carga y mensajería (Rueda, 2009).

El transporte público deberá de considerarse de acceso universal si se pretende contribuir a la sustentabilidad mediante la eficiencia de la red. El impacto que tiene el transporte público sobre la relación entre los individuos es remarcable ya que se le considera como generadores de espacios adecuados de sociabilidad al fomentar la integración social entorno a los espacios de intercambio debido a que favorecen el intercambio social, aumentan la transferencia de información, además de generar crecimiento económico en las zonas contiguas y por lo tanto se genera mayor competitividad (Escobar, 2008) en las grandes ciudades del mundo se ha intensificado su uso como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 2.2 Distribución modal de los viajes motorizados en grandes ciudades.



Fuente: Instrumentos y Metodología de Planes de Movilidad y Transporte en las Ciudades medias Colombianas, Escobar (2008)

En la actualidad la creciente urbanización y el crecimiento económico adquieren el papel de generadores, en relación a que más personas viajen cada vez más, distancias más largas, en más ciudades en el mundo (Zegras, 2005) creando un círculo vicioso de movilidad inducida, es decir, se construyen carreteras grandes, la gente transita cada vez más en ellas para aprovechar la nueva infraestructura. Algunos estudios indican que entre un 60 y 90 por ciento de la capacidad vial nueva se agota a cinco años de la apertura de una carretera importante debido a los nuevos usuarios (ICMA, 2001).

A corto plazo es posible que las personas dejen de usar el transporte colectivo y elijan viajar individualmente en la nueva carretera. Esto implica que el transporte será una de las fuentes principales de la contaminación del aire de las zonas urbanas, además de estar ligado con el crecimiento económico. Una de las soluciones inmediatas sería el lograr enlazar los modos de transporte entre sí, para que estén planeadas y operadas de manera coordinada, además de proveer conexiones eficientes entre los diferentes modos y lograr un sistema multimodal funcional (ICMA, 2001) ya que todas las opciones de transporte se volverán más viables cuando están conectadas con los demás modos de transporte y podrán satisfacer la necesidad de traslado de la población de acuerdo a su tipología de viaje.

2.4. Actividad económica y transporte

Como resultado de estudios anteriores es posible identificar que es precisamente el crecimiento económico el productor del viaje con mayor generación de problemas (Hogar-Trabajo- Hogar) debido a que convergen en el territorio, a horarios determinados como entrada y salida, una gran cantidad de personas, dificultando el tránsito en general. Es la actividad económica y específicamente el trabajo productivo, el medio más significativo de generación de recursos para el bienestar de los habitantes de una ciudad, ya que es la fuente de inversión que activa otras funciones en el territorio urbano además de la económica (Hernandez y Gamboa, 2007).

La concentración de actividad económica tiene una configuración característica en el territorio de la ciudad y ésta, junto con la estructura vial constituye la estructura de integración de la ciudad (Hernandez y Gamboa, 2007). Esta integración se refiere a la distribución y localización equitativa de actividad económica y viviendas como resultado del proceso de expansión urbana y de la ocupación del territorio, para favorecer a la población ocupada, residente en el territorio, quienes son las personas que durante la semana de referencia realizaron algún tipo de actividad económica, estando en cualquiera de las siguientes situaciones: Trabajando por lo menos una hora o un día, para producir bienes y/o servicios de manera independiente o subordinada, con o sin remuneración; o ausente temporalmente de su trabajo sin interrumpir su vínculo laboral con la unidad económica; Incluye: a los ocupados del sector primario que se dedican a la producción para el autoconsumo (INEGI, 2014). Esta porción de la población es la responsable de contribuir a la generación de la economía de la ciudad.

Existe gran diversidad en la composición de las actividades económicas quienes producen los movimientos realizados por la población. Una actividad económica es un “conjunto de acciones realizadas por una unidad económica (entidad productora de bienes y servicios) con el propósito de producir o proporcionar bienes y servicios” (INEGI, 2013). Existen tres tipos de actividades económicas: principales, secundarias y auxiliares. Los productos de las actividades principales y secundarias siempre “se fabrican para su venta en el mercado, para suministrarlos gratuitamente o para otros fines no determinados previamente. En cambio, las actividades auxiliares dan como resultado servicios, no bienes; siempre tienen un destino

interno, es decir, sólo proporcionan sus servicios a "la" o a "las" unidades económicas que apoyan pues realizan sus actividades para facilitar las actividades principales o secundarias. Estas actividades están determinadas por la función de apoyo interno que desempeña dentro de la unidad económica, su objetivo es apoyar la actividad principal y las actividades secundarias de las unidades; sin embargo, estas mismas labores constituyen la actividad principal de una unidad que se dedica a vender tal servicio a diversos clientes. Las actividades auxiliares son necesarias para facilitar la realización de las actividades principales y secundarias (INEGI, 2013).

Con la finalidad de tener información suficiente de las actividades el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realiza año con año la actualización del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) ofreciendo datos de identificación, ubicación geográfica, actividad económica y tamaño de los negocios activos en el territorio nacional (INEGI, 2014). Esta información es la base fundamental para realizar el estudio de movilidad puesto que se considerará como el destino de las personas una vez que abandonaron su vivienda, es decir, el origen. Toda actividad que se realice desde el origen al destino, en materia de movilidad será importante para tomar acciones que contengan las estrategias de la sustentabilidad enfocadas íntegramente al transporte con la finalidad de lograr la eficiencia en cuanto a los recorridos y el tiempo que se destine al mismo, además de reducir emisiones y lograr que las ciudades vuelvan al servicio de las necesidades sociales y económicas más amplias.

Partiendo del hecho de que "la concentración indica un suceso compuesto que se observa cuando la frecuencia del evento es referida la dimensión física del área donde se pretende conocer la concentración, la cual se obtendrá por medio de la densidad" (Hernandez y Gamboa, 2007). La forma más sencilla de hacer esto es dividiendo la densidad con que se presenta el evento en una determinada porción de espacio, entre la densidad con que se presenta en el espacio, volumen o periodo de tiempo considerados como totales. En suma es el cociente de dividir una densidad parcial entre la densidad total. El cociente permite hacer comparaciones y medir, en este caso concentraciones, por lo que se le denomina índice de concentración.

Las concentraciones de actividad económica se calculan mediante un índice de este tipo, se usa al personal ocupado como indicador de la actividad económica porque permite estimar el tamaño de la oferta de empleo. Así, la concentración de la actividad económica se estima mediante un índice llamado índice de concentración de personal ocupado (ICPO) (Hernandez y Gamboa, 2007). El cálculo del índice de personal ocupado se hace tomando como referencia espacial el área de manzana en su modalidad urbana proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

La concentración de la población se determina de manera similar, denominando al índice: índice de concentración de población residente (ICPR). El índice de concentración es aplicable a una gran cantidad de situaciones en las que el comportamiento en el espacio es determinante. Dado el espacio total, se puede utilizar un espacio de referencia de cualquier tamaño, por ejemplo en vez de manzana se pueden utilizar AGEB, colonias o zonas que son homogéneas en base a un atributo o criterio. Siguiendo este razonamiento, cuando el espacio de referencia es igual al espacio total el índice de concentración es igual a 1. Esto quiere decir que cualquier índice de concentración de una ciudad es igual a 1 también, lo cual permite clasificar a los espacios de referencia en orden de magnitud de sus concentraciones con respecto a la ciudad. Es decir, habrá espacios de referencia con concentraciones mayores o menores que la de la ciudad, aspecto que es de gran utilidad para efectuar comparaciones y reforzar el concepto de concentración aquí expresado (Hernandez y Gamboa, 2007).

En el futuro, el diseño y el transporte urbano deberá centrarse en lograr más con menos, en la reducción de la tierra, la energía y el uso de materiales, mientras que el aumento de la habitabilidad de las ciudades regrese a las personas y no se concentre en los vehículos (Tolley, 2003). A menudo el método más utilizado para organizar y planificar el sistema vial y de transporte es el modelo cuantitativo, el cual se enfoca en designar formulaciones matemáticas del fenómeno social, es una simplificación de la realidad que permite constatar la dimensión de dicho fenómeno a partir de una formulación de relación matemática con variables observables en términos cuantitativos (Escobar, 2008).

2.5. Planeación del transporte

El modelo debe ser simple, ya que a medida que adquiere complejidad, puede resultar difícil la comprensión de la realidad (Cardenas, 1998). El desarrollo tecnológico actual favorece la modelación actualizada en tiempo real en aplicaciones SIG orientados a la identificación de rutas óptimas de acuerdo a los objetivos y la toma de decisiones de los usuarios en cada tipo de viaje con la finalidad de identificar la trayectoria óptima a seguir en el viaje (Escobar, 2008). Los modelos de planeación de transporte representan situaciones reales. Estos modelos se sustentan en una cartografía inicial que soporta toda la información alfanumérica. Ésta, suele ser de dos tipos: “puntos”, representando los diversos orígenes y destinos y las “líneas” que representan la red de transporte, las cuales están divididas en tramos con la finalidad de obtener parámetros apegados a la realidad (Gutiérrez y Ruiz, 2012). Para desarrollar un modelo de transporte se suelen tener en cuenta cuatro etapas (Ortúzar, 2012):

- Generación: se identifican el número de viajes que se pueden generar para cada una de las zonas en las que se divide el área de estudio.
- Distribución zonal: se describe la distribución de viajes entre las distintas zonas objeto de análisis (determinación de zonas origen/destino y número de viajes entre ambas).
- Distribución modal: se distribuyen el total de viajes que se producen entre las zonas analizadas por modo de transporte utilizado.
- Asignación: se representa la repartición del total de flujos entre toda la red viaria del área de estudio, teniendo en cuenta las características de dicha red.

La aplicación de modelos cuantitativos en la planeación estratégica de transporte mediante SIG es fundamental para la configuración de la ciudad. Los modelos deben de ser alimentados con datos reales obtenidos en la matriz de Origen-Destino de viajes además de análisis de la información del modo, localización, ruta, motivo de viajes, vivienda, posesión vehicular, tipo de vehículos entre otros con la finalidad de calibrar la red dentro del sistema, es decir, llevar a cabo una actualización de las características de movilidad de la población, dentro de la base de datos en el sistema de información geográfica donde se realice el análisis de la red vial.

La matriz Origen-Destino se deriva del análisis de los datos obtenidos mediante la realización de una encuesta domiciliaria acerca de movilidad. Las encuestas sobre el comportamiento de la movilidad son un instrumento imprescindible, independiente del método que se utilice para estimar el futuro sobre la base de la información estadística. Es el medio por el que se indaga en torno a las características de los viajes que las personas realizan cotidianamente en un ámbito espacial determinado (INEGI, 2007).

La incorporación de técnicas estadísticas al estudio del transporte urbano permite incorporar todo el rigor del muestreo (tamaño de la muestra, población objetivo, etc.). Estas encuestas suelen ser de dos tipos: a la población en general (encuestas aplicadas en el domicilio, en el lugar de trabajo o en algún punto de afluencia importante de movilidad peatonal, las encuestas deberán de ligarse a los censos de población del país) y a los usuarios de vehículos (aforos vehiculares en las vialidades de mayor importancia y conteos de boletos para el transporte público) (Escobar, 2008). La encuesta tiene como objetivo “obtener información que permita determinar la movilidad de los residentes de la ciudad, beneficiando así el proceso de planeación de transporte y vialidades que llevan a cabo las dependencias correspondientes” (INEGI, 2007), las encuestas interrogan sobre los viajes que se efectúan al día, sus motivos y su frecuencia, y el modo en que se realizan (diferenciando los modos de transporte y el tipo de vehículo y si es de transporte privado o público).

Alrededor del mundo se han puesto en marcha planes y programas que persiguen transformar este proceso mediante el cambio en los sistemas de transporte en búsqueda de la eficiencia y con ello contribuir con la sustentabilidad en la ciudad. Toda propuesta recae en los planes de movilidad urbana con el propósito fundamental de ordenar el desarrollo físico y económico de la ciudad, generalmente los planes son elaborados por el municipio y son quienes promueven su funcionamiento para producir infraestructura requerida para satisfacer la necesidad solicitada generada por el crecimiento de la ciudad (Escobar, 2008). Los planes de desarrollo y movilidad de la ciudad hacen énfasis en la reestructuración y modernización del conjunto de sistemas que integran el concepto de ciudad como saneamiento, agua potable, energía, desechos sólidos, sistemas constructivos, equipamiento urbano, sistema vial y por supuesto el de transporte.

El estudio y comprensión de los fenómenos que afectan al sistema vial, permitirá solucionar problemas viales que afectan, directa o indirectamente, la calidad de vida de sus habitantes, mediante la administración de modelos de redes viales en el entorno ArcGIS (Barrientos, 2007). Representando de manera eficaz las principales características de la circulación vehicular sobre el territorio. Con la ayuda de éste software se realiza el análisis de las rutas de transporte público para determinar si están planeadas en base a la eficiencia para satisfacer la necesidad de traslado de la población de la ciudad, así como establecer la accesibilidad que cubre el sistema de transporte, identificar que las rutas transiten sobre vialidades primarias o estructurales donde las restricciones de tránsito sean mínimas y no comprometan el traslado.

2.6. Evaluación de transporte sustentable

El exceso del uso del automóvil impacta tanto social, económica y medioambientalmente la vida urbana y los aspectos urbanos como el transporte ha crecido considerablemente a la par de las presiones del crecimiento urbano (Haghshenas y cols., 2015). La importancia de estudiar y desarrollar nuevas políticas programas y proyectos relacionados con la sustentabilidad del transporte, mediante la construcción de indicadores para evaluar la sustentabilidad en el transporte, permite que los planeadores y responsables políticos, comparen y analicen diversos escenarios con mayor precisión a una escala urbana.

Los indicadores del transporte son usados para monitorear la sustentabilidad, con la finalidad de proveer bases sólidas a quienes toman decisiones en materia de movilidad. La evaluación de la sustentabilidad de la población residente ocupada en el centro de la ciudad se obtuvo mediante la elaboración de nueve indicadores usualmente seleccionados en el análisis del transporte sustentable los cuales están agrupados en tres categorías: Indicadores de transporte de impacto al medio ambiente, de impacto económico y de impacto social (Haghshenas y cols., 2015). El set de indicadores se integra tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.1. Set de indicadores para evaluar la sustentabilidad en el transporte.

<i>Símbolo</i>	<i>Indicadores de transporte de impacto al medio ambiente (ITE)</i>	
<i>P/P</i>	Contaminación	Contaminación anual de contaminantes del aire (CO, VOC, NOx. . .) per cápita
<i>E/P</i>	Consumo de energía	Energía anual usada en transporte per cápita
<i>L/P</i>	Consumo del territorio	Consumo de territorio por la infraestructura en transporte para transporte público y privado
	<i>Indicadores de Transporte de impacto económico (ITC)</i>	
<i>GC/G/P</i>	Costo del transporte para el gobierno	Inversión del gobierno local en transporte per PIB
<i>UC/G/T</i>	Costo de viaje para el usuario	Promedio del costo de un viaje para el usuario, PIB per cápita
<i>T/T</i>	Costo indirecto para el usuario	Promedio de tiempo consumido en un viaje en el transporte
	<i>Indicadores de Transporte de impacto social (ITS)</i>	
<i>D/MP</i>	Seguridad	Muertes anuales por el transporte per cápita
<i>APK/P/A</i>	Accesibilidad	Suma de los sistemas de transporte por ciudadano-pasajero km per área
<i>MS/EQ</i>	Variedad	Desviación de acciones modales de una ciudad ideal con igualdad modal pública, privada y no motorizada

Fuente: Elaborada en base a Haghshenas et al. (2015)

Los resultados varían de menos uno a uno, teniendo a cero como nivel medio, el signo negativo “-” se utiliza para un indicador cuyo valor es menos deseable como la emisión, mientras que el signo positivo “+” denota una mayor cantidad como el acceso (Haghshenas y cols., 2015).

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO.

Con el propósito de cumplir con lo dispuesto en el capítulo anterior se utilizaron aspectos metodológicos basados en el modelo de las cuatro etapas tradicionales propias de los modelos de transporte (generación, distribución zonal, distribución modal y asignación), con algunos ajustes particulares para la realización de esta investigación, para lograr la evaluación de la sustentabilidad de la población residente ocupada.

3.1. Modelación física y caracterización del área de estudio.

El primer aspecto metodológico consistió en la modelación física. Con ello se logró establecer la caracterización del área de estudio tanto social como demográficamente, así como de las principales actividades económicas a las que se dedica la población residente ocupada de la ciudad de Los Mochis. La realización de la modelación física se llevó a cabo mediante los Sistemas de Información Geográfica para obtener la situación actual del crecimiento de la ciudad tanto espacial como poblacional, además de ubicar donde se localiza la población residente y hacia donde tendría que transportarse diariamente a sus lugares de trabajo. Además se localizó a la población económicamente ocupada para establecer relación con las unidades económicas contenidas dentro del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas y su disposición en el territorio. Otra caracterización importante fue la identificación de la población y la accesibilidad a las principales vialidades de la ciudad, así como su distribución y cobertura mediante la realización de mapas temáticos de vialidades estructurales, primarias y secundarias, con sus respectivos derechos de vía e influencia vial.

3.2. Generación y atracción de viaje de la población residente ocupada.

La forma de construir el índice de densidad es dividir la densidad con que se presenta el evento en una determinada porción de espacio, entre la densidad con que se presenta en el

espacio, volumen o periodo de tiempo considerados como totales. En suma es el cociente de dividir una densidad parcial entre la densidad total.

La ecuación del índice de concentración es la siguiente:

Ec. (1)

$$ic = \frac{\rho_i}{\rho_t}$$

Donde:

ic: Es el índice de concentración

ρ_i : Es la densidad parcial o del espacio de referencia

ρ_t : Es la densidad total.

El cociente permite hacer comparaciones y medir, en este caso concentraciones, por lo que se le ha denominado índice de concentración. Para determinar las concentraciones de actividad económica se utilizó un índice de este tipo. Se optó por usar el personal ocupado como indicador de la actividad económica porque permite estimar el tamaño de la oferta de empleo. Así, la concentración de la actividad económica se estima mediante un índice llamado índice de concentración de personal ocupado (ICPO) (Hernandez y Gamboa, 2007). El cálculo del índice de personal ocupado se hace tomando como referencia espacial el área de manzana en su modalidad urbana proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aplicando la ecuación del índice de concentración se obtiene la ecuación:

Ec. (2)

$$ICPO = \frac{\rho\rho_i}{\rho\rho_t}$$

Donde:

$\rho\rho_i$: es la densidad bruta de personal ocupado en una manzana

$\rho\rho_t$: es la densidad bruta de personal ocupado en el espacio total o conjunto de manzanas urbanas.

La concentración de la población se determina de manera similar, denominando al índice: índice de concentración de población residente (ICPR) y su ecuación es la siguiente:

Ec. (3)

$$ICPR = \frac{\rho p r_i}{\rho p r_t}$$

Donde:

$\rho p r_i$: Es la densidad bruta de población residente en una manzana

$\rho p r_t$: Es la densidad bruta de población residente en el espacio total o conjunto de manzanas urbanas.

El índice de concentración es aplicable a una gran cantidad de situaciones en las que el comportamiento en el espacio es determinante. Dado el espacio total, se puede utilizar un espacio de referencia de cualquier tamaño, por ejemplo en vez de manzana se pueden utilizar AGEB, colonias o zonas que son homogéneas en base a un atributo o criterio.

3.3. Distribución de viajes y tipos modales (encuesta domiciliaria lugar de trabajo).

El cuarto proceso metodológico se trata del diseño de la encuesta y la aplicación del cuestionario resultante. La finalidad es conocer a detalle el viaje cotidiano que realiza la población ocupada, así como el modo en el que se desplaza la proporción de la población que labora en el centro de la ciudad, mediante el análisis se establecerá el grado de afectación tanto económica como física resultado de la elección del modal, se pretende también, conocer las prioridades de los usuarios en cuanto a trayectos o rutas eficientes y la funcionalidad del transporte público, en cuanto a cobertura, velocidad y tiempo para satisfacer su necesidad de traslado.

La aplicación de la encuesta se realizará directamente en el lugar de trabajo, es decir dentro de las unidades económicas de la zona centro debido a la complejidad de localización de la población ocupada en toda el área de la ciudad, en caso de que el cuestionario diseñado se aplicara en el domicilio particular.

3.3.1. Marco muestral

El elemento o población objetivo de la encuesta son las personas que laboran en el centro de la ciudad. La unidad de muestreo donde se encontrará la población objetivo del estudio son los establecimientos formales ubicados dentro del centro de la ciudad. El marco muestral, está integrado por el número total de establecimientos registrados en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). El tipo de muestreo seleccionado para la aplicación de la encuesta es el tipo aleatorio simple, que consiste en la selección de elementos de una población finita, con la característica de que cada elemento tiene la posibilidad de ser seleccionado.

3.3.2. Diseño de la muestra

El universo de unidades económicas fue delimitado por el área geográfica donde se concentran para trabajar el mayor número de personas en toda la ciudad, dando como resultado la selección de 3500 unidades. El cálculo de la muestra se realizó con un margen de error del 7.5% y una confiabilidad del 1.96 con probabilidad de éxito del 50% con la siguiente ecuación:

Ec. (4)

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2(N-1) + (Z^2 pq)}$$

Donde:

Z: Número de desviaciones estándar con respecto a la media (Nivel de confianza)

N: Total de población.

E: Error.

P: Probabilidad de éxito.

Q: probabilidad de fracaso.

Lo anterior da como resultado que el tamaño de la muestra sea de 163 unidades más el error del 15% por no respuesta se realizaran 198 encuestas, que serán distribuidas aleatoriamente entre la lista del universo de unidades económicas.

3.4. Modelación física mediante análisis de accesibilidad de la red de transporte público.

El tercer proceso metodológico será realizar el análisis de accesibilidad de la red de transporte público mediante ArcGIS para establecer relación entre la estructura urbana de la ciudad y la funcionalidad de las rutas actuales del transporte público para determinar si cubren la necesidad de transporte de la población residente en la ciudad. La accesibilidad se presenta en la dimensión espacial relacionada con la localización de la vivienda, del trabajo, del ocio y del consumo de los hogares y generalmente se centran en la población que se encuentra dentro de los 10min a pie de un servicio de transporte público o la proporción de personas que están a 45min de una actividad cotidiana determinada en transporte público (Páez, Mercado, Farber, Morency, y Roorda, 2010).

El análisis se realizará mediante la delimitación de áreas de servicio obteniendo como indicador a la población cubierta dentro del área próxima a la red, es decir, dentro de umbrales de distancia. En este ejercicio se tomarán los umbrales de 150m 300m 450m. Debido a la extensión de la ciudad (Moreno y Prieto, 2004).

3.5. Evaluación de la sustentabilidad en la movilidad de la población

3.5.1. Cálculo de CO₂

El cálculo de las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustible se elaboró mediante las directrices establecidas por el IPCC. La estimación de las emisiones se realizó mediante el cálculo de combustible utilizado en los viajes realizados por la población resultado de la encuesta de Origen-Destino del Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable (IMPLAN, 2013).

La metodología del IPCC divide el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la combustión de combustible en 6 pasos (IPCC, 1997):

- 1) Estimación del consumo aparente de combustible en unidades originales
- 2) Conversión a una unidad común de energía
- 3) Multiplicación por los factores de emisión para calcular el contenido de carbono
- 4) Cálculo del carbono almacenado
- 5) Corrección para dar cuenta del carbono no oxidado
- 6) Conversión del carbono oxidado a emisiones de CO₂.

3.5.2. Evaluación de la sustentabilidad.

La evaluación de la sustentabilidad se realizó mediante la construcción de indicadores de impacto social, impacto económico y de impacto ambiental, enumerados en el capítulo anterior. Posteriormente a la obtención del índice se realizó la normalización del indicador mediante el método ponderado aditivo, calculando el Z-score de cada indicador mediante la ecuación:

Ec. (5)

$$Z_I = \frac{(I - \text{Avg } I)}{\text{St Dev } I}$$

A continuación, para cada grupo, se construye un índice compuesto mediante la suma de indicadores normalizados, asumiendo el mismo peso de importancia, con las siguientes ecuaciones:

Ec. (6)

$$I_{TE} = \left(\frac{1}{3}\right) Z_{P-P} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{E-P} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{L-P}$$

Ec. (7)

$$I_{TC} = \left(\frac{1}{3}\right) Z_{GC-G/P} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{UC-G/T} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{T-T}$$

Ec. (8)

$$I_{TS} = \left(\frac{1}{3}\right) Z_{D-MP} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{APK-P/A} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{MS-EQ}$$

La suma resultante de los grupos de índices Medio Ambiental (ITE), Económico (ITC) y Social (ITS) se someten a una suma general de índices normalizados compuestos, para construir un Índice General del Transporte Sostenible (IOST) (Haghshenas y cols., 2015) con la siguiente ecuación:

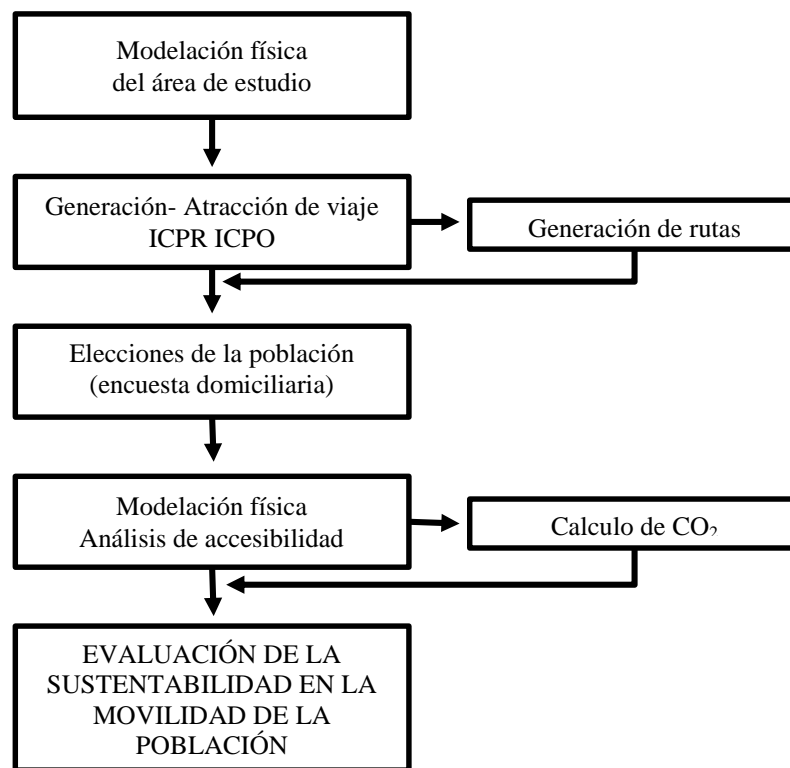
Ec. (9)

$$I_{OST} = \left(\frac{1}{3}\right) Z_{ITE} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{ITC} + \left(\frac{1}{3}\right) Z_{ITS}$$

3.6. Resumen metodológico.

La metodología antes mencionada está fundamentada en el modelo de planeación del transporte público realizado por Ortúzar (2012). A continuación se presenta el mapa conceptual con la metodología empleada en este documento.

Figura 3.1. Esquema general del modelo de la Planeación Estratégica del Transporte Público.



Fuente: Elaboración propia con base al modelo de demanda de transporte (Ortuzar, 2012).

Esta propuesta metodológica logra la integración de la evaluación de la sustentabilidad en la movilidad de la población de la ciudad de Los Mochis, mediante la elaboración consecutiva de cada uno de los elementos del modelo de planeación de la figura 3.1 para analizar escenarios futuros con o sin cambios en los impactos sociales, económicos y ambientales.

La modelación física y caracterización del área de estudio servirá de base para la realización y generación de los índices de concentración de la población residente y de la población ocupada. Posteriormente, se trazaran los flujos de movilidad que esta porción de la población realiza diariamente y se mediante encuesta domiciliaria se obtendrán las elecciones y preferencias modales de la población ocupada en el centro de la ciudad. Simultáneo a la generación-atracción de viajes se generarán las rutas del transporte público para realizar el análisis de accesibilidad y con las características de viaje, se calcularan las emisiones de CO₂ y consumo de energía empleada para desplazarse, estos tres puntos son insumos importantes para realizar la evaluación de la movilidad.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS.

En este capítulo se enlistarán los datos obtenidos de a aplicación de la metodología descrita en el capítulo 3. Previo a la descripción de resultados se tiene que el área de estudio se ubica en la ciudad de Los Mochis dentro del municipio de Ahome en la región norte del estado de Sinaloa funcionando como articulación regional de los sistemas urbanos más consolidados de los municipios cercanos. La ciudad tiene una superficie de 5,383.31 Ha. Entre 1950 y 2005, el total de habitantes en la ciudad se multiplicó más de 10 veces, la población pasó de 21,552 personas en 1950 a 256,613 personas en 2010. Con apoyo en los Sistemas de Información Geográfica se realiza la comparación del crecimiento urbano de la ciudad, mediante la superposición de la mancha urbana de 1990, 2000 y 2010, dando como resultado una tasa de crecimiento total del 4.45% es decir la ciudad tuvo un crecimiento de 1900Ha durante los últimos 30 años, lo cual es evidente si se observa la siguiente figura.

Figura 4.1 Dinámica de crecimiento urbano.

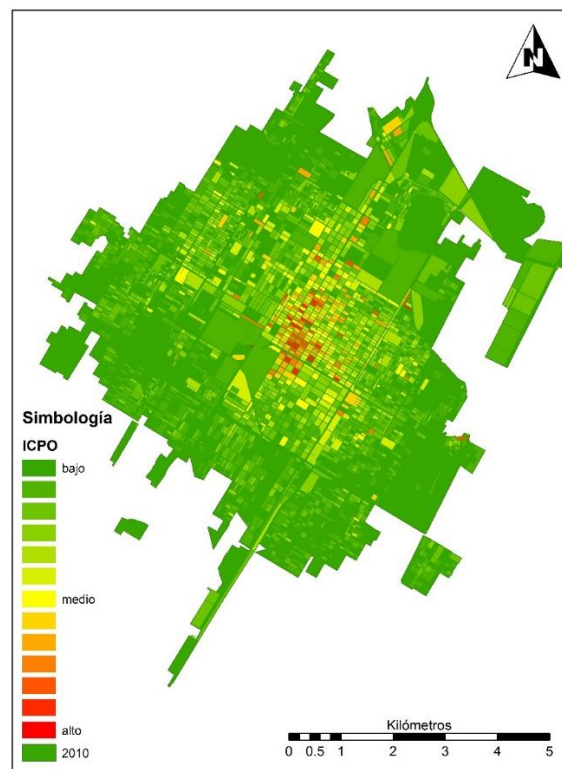


Fuente: Elaboración propia en base a Brugués y Rubio (2009) y el Censo de población y vivienda 2010 (INEGI, 2010).

4.1. Generación y atracción de viaje de la población residente ocupada.

El resultado del análisis de la concentración de la población ocupada en la ciudad de Los Mochis muestra una tendencia definida de organización en el territorio formando una sola zona localizada en el centro de la estructura urbana. La configuración de la ciudad es monocéntrica, debido a que es en el centro urbano donde se presenta la mayor concentración y diversidad de empleos de comercio y servicios. Es en esta zona donde laboran 23,572 empleados aproximadamente, es decir, casi el 50% de la población ocupada de la ciudad, esto se puede deducir de acuerdo al índice de concentración de la población ocupada que consiste en calcular la densidad de la población ocupada a nivel manzana, como resultado se puede observar en la siguiente figura la diferencia de concentración de la población contrastada en la escala de colores donde el rojo representa una alta concentración cercana al 1.0 y el color verde una concentración baja cercana o igual a 0.

Figura 4.2 Índice de la Concentración de la Población Ocupada.



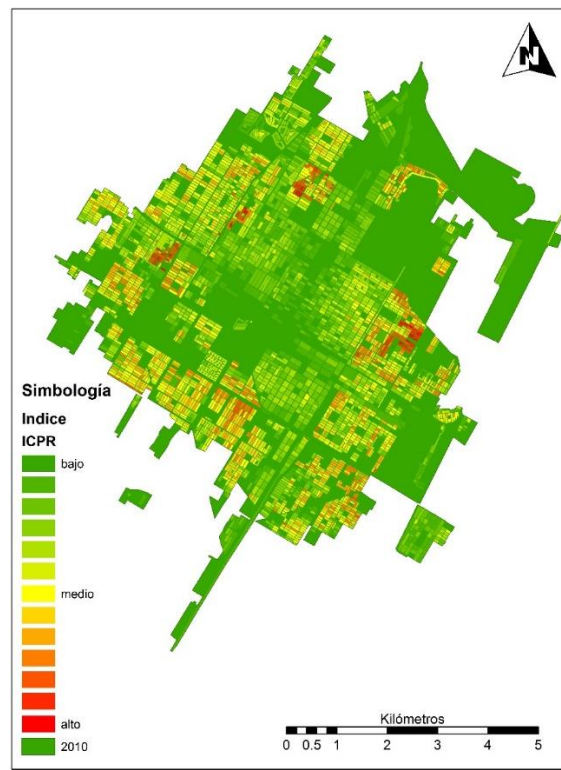
Fuente: Elaboración propia en base Censo de población y vivienda 2010 (INEGI, 2010) y al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, (INEGI, 2014).

4.2. Generación y atracción de viaje. Índice de concentración de la población residente.

El índice de concentración de la población residente muestra una disposición en el territorio de agruparse hacia la periferia de la estructura urbana formando zonas definidas y preponderantes en el norte, noroeste pero principalmente en el sur y suroeste. Al observar la figura 4.3 se marca la tendencia de residencia uniforme en la zona sur de la ciudad. La construcción del índice de la población residente es igual a la de población ocupada con valor y color similar del índice.

La población residente en la periferia genera el 40% de los viajes hacia el centro de la ciudad por empleo, de compras o como espacio de transferencia de un autobús a otro, actuando como articulador de la movilidad de la población.

Figura 4.3 Índice de la Concentración de la Población Residente.

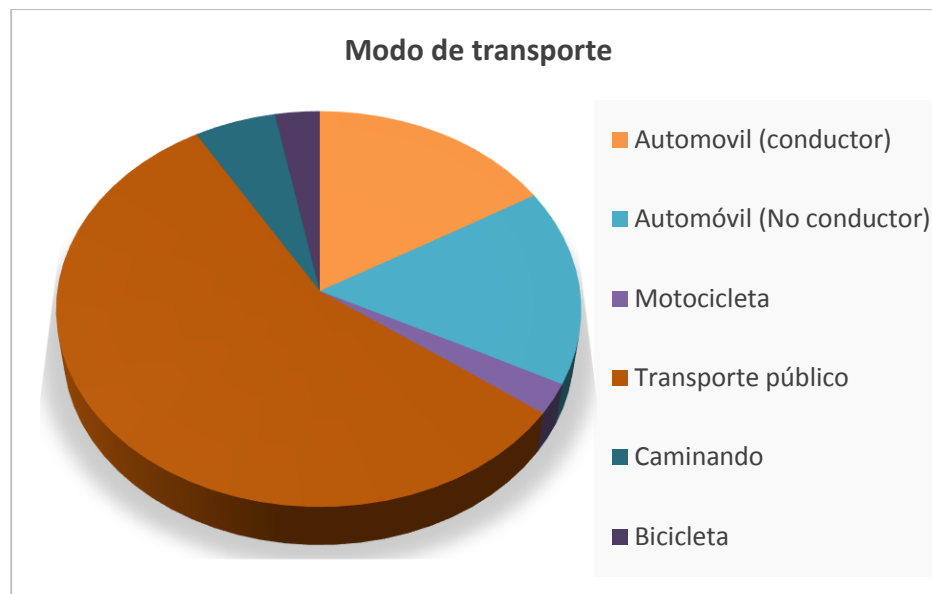


Fuente: Elaboración propia en base Censo de población y vivienda 2010 (INEGI, 2010).

4.3. Estrategias de viaje de la población residente ocupada en la zona centro de la ciudad de Los Mochis.

La población residente ocupada en el centro de la ciudad tiende a desplazarse en transporte público de acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta D-O en el reactivo “modo de transporte” se obtuvo que el 56.5% de los encuestados prefiere este modo. El porcentaje de población restante se encuentra distribuido entre los modos automóvil como conductor y no conductor con el 16.5% y 16% respectivamente. Así mismo se encontró que los modos menos frecuentes entre la población residente son: caminando, bicicleta y motocicleta que paradójicamente son los modos que menos contaminantes emiten al medio ambiente y cuyo porcentaje de preferencia se encuentran por debajo del 6% tal y como se muestra en la siguiente gráfica.

Figura 4.4 Reparto modal de la población residente ocupada en el centro de la ciudad de Los Mochis.



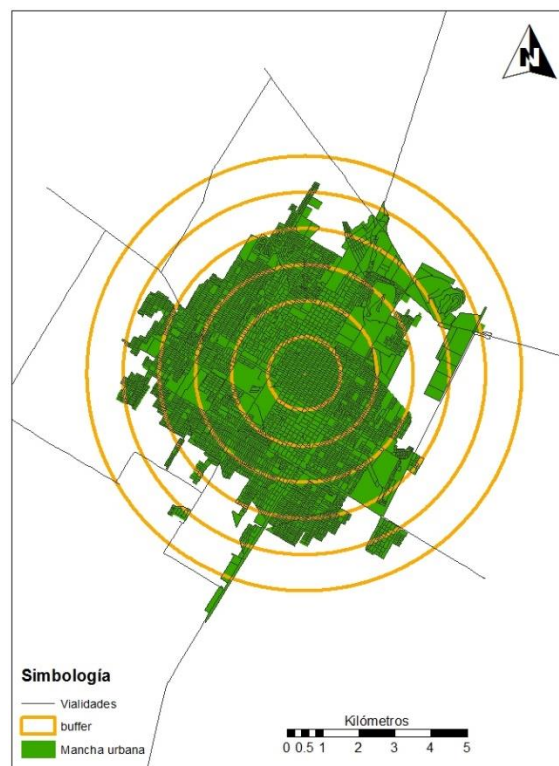
Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta O-D de movilidad.

La elección del modo de transporte depende principalmente de dos factores: del ingreso que percibe la población y de la distancia que tiene que cubrir el viaje. El análisis de los datos

arrojo que el sector de la población que elige transportarse en automóvil tiene en promedio ingresos de \$3675.40 por semana destinando el 24% de su ingreso en combustible, y hasta el 5% en mantenimiento de su automóvil. En comparación con aquellas personas quienes optan por usar el transporte público tienen en promedio ingresos de \$967.60 por semana, y que en promedio toman 3 autobuses diarios destinando el 15% de su ingreso semanal en transporte.

La ciudad de Los Mochis tiene una extensión de poco más de 10km lineales tanto de Norte a Sur, como de Este a Oeste, por lo tanto una persona recorrerá menos de 5km desde cualquier punto en el que se encuentre ubicada su vivienda (origen) hasta el centro de la ciudad donde se encuentra su lugar de trabajo (destino). En el siguiente mapa se visualizan los buffers de influencia de cada kilómetro.

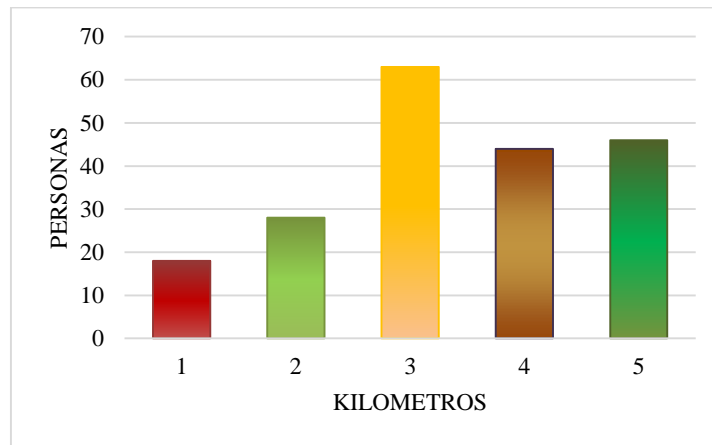
Figura 4.5 Buffers de distancias con respecto al centro de la ciudad de Los Mochis.



Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta O-D de Movilidad.

En base al mapa la población se ubica dentro de los rangos de 1 a 5 km y se localizan distribuidos tal como lo muestra la siguiente gráfica.

Figura 4.6 Distancia a recorrer desde el Origen al Destino del viaje realizado por la población residente ocupada en el centro de la ciudad de Los Mochis.



Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta O-D de movilidad.

De lo anterior se obtiene que solo el 23% de los encuestados reside dentro de los primeros 2km de distancia del lugar de trabajo, en el siguiente kilometro se encuentra el 31% de los encuestados, mientras que el 45% se ubica dentro de los kilómetros posteriores, 4 y 5 kilómetros. Este porcentaje de la población vive en las periferias de la ciudad lo cual implica destinar mayor tiempo en transporte, y en algunos casos mayor costo.

En cuanto al tiempo destinado en transporte, se marca una gran diferencia entre los modos de transporte, hay quienes eligen automóvil como conductor o automóvil compartido como pasajero, demoran de 10 a 20 min en trasladarse de su vivienda al lugar de trabajo. El tiempo que destinan los encuestados que respondieron transporte público es considerablemente desigual el tiempo que destina el grupo anterior, siendo de 30 a 45min.

Se les indico a los encuestados que describieran un día laboral cotidiano donde desglosaran el recorrido y el tiempo destinado en cada parte del proceso del viaje vivienda-trabajo-vivienda, dando como resultado el siguiente transcurso: el recorrido inicia como peatón desde la puerta de su vivienda al paradero de autobuses donde en promedio destina 6 min, sumándole el tiempo en que arriba el transporte, siendo de aproximadamente 12 min, aunado al tiempo que realiza el camión en llegar al paradero más cercano al lugar de trabajo de aproximadamente 23 min, posteriormente la población regresa a ser peatón desplazándose en promedio 6min hasta el lugar de trabajo, posteriormente los encuestados indicaron que laboran de 6 a 8 horas al día.

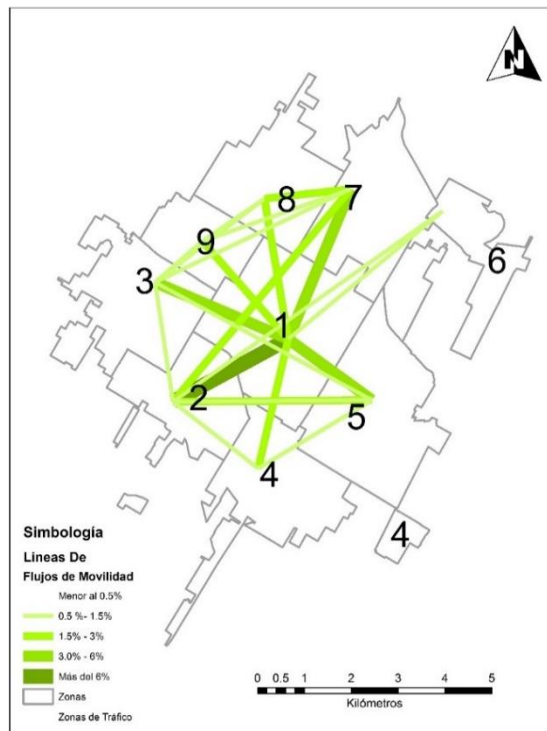
Al terminar la jornada laborar la población regresa a ser peatón con el mismo tiempo promedio de recorrido hacia el paradero de autobuses, la mayoría de los encuestados expresaron que por lo general en las tardes el autobús se retrasa de 5 a 10 min más que en la mañana en cuanto al recorrido de regreso al paradero más cercano a la vivienda y de igual manera hasta llegar a su vivienda, cumpliendo así con el concepto de movilidad urbana. En suma los encuestados destinan 1hora con 34 minutos al día en el transporte público.

En cuanto a los modos restantes como motocicleta, bicicleta y caminando, los encuestados expresaron que optaban por la motocicleta por su bajo costo en mantenimiento de apenas 1% del ingreso y un gasto en combustible del 19% del total de su ingreso, además expresaron que prefieren este modo debido a su facilidad para recorrer largas distancias en un periodo corto de tiempo al realizar el viaje vivienda-hogar-vivienda. Quienes eligen el modo bicicleta expresaron que lo hacen debido a que no representa un gasto el realizar el viaje teniendo la oportunidad de destinar su ingreso a otras necesidades. Por último los encuestados que eligen caminar dieron la misma razón que aquellos que eligieron bicicleta, con la diferencia de que quienes caminan residen en las colonias aledañas al centro de la ciudad y expresaron su preocupación de caminar por salud.

4.4. Flujos de movilidad

El crecimiento económico y el creciente desarrollo de la ciudad traen como consecuencia problemas relacionados con la movilidad urbana generada por las necesidades de viaje de la población. Como respuesta de la encuesta aplicada dentro del estudio Movilidad intraurbana y espacios de vida de los habitantes de tres ciudades de Sinaloa: Guasave, Los Mochis y Mazatlán (Brugués y Rubio, 2009) se identificaron los flujos de movilidad que genera la población, dando como resultado que los principales movimientos se realizan entre el centro y las zonas habitacionales de la periferia caracterizándolos como radiales con centralidad asociada al centro de la ciudad.

Figura 4.7 Flujos de movilidad.



Fuente: Elaboración propia en base a Brugués y Rubio (2009)

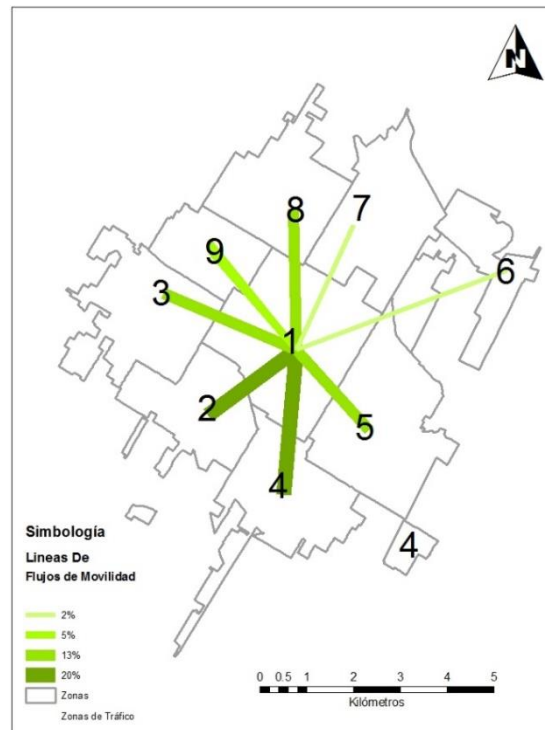
De acuerdo al análisis anterior, se ve reflejada la situación actual de la ciudad con un problema en cuanto a la movilidad de las personas en general, que aumenta exponencialmente debido a la falta de un transporte público eficiente y económico, junto con el incremento de tránsito vehicular privado provocando que los flujos vehiculares sean cada vez más lentos, y con ello se generó estrés entre los habitantes y se incrementen las emisiones de contaminantes al aire, haciendo evidente que los niveles de ocupación muestran un uso más intensivo de los automóviles (Brugués y Rubio, 2009).

El resultado se hace evidente en el aumento del parque vehicular privado de 6.9 veces, en comparación con el transporte público que ha crecido 2.6 veces, estas cifras se vuelven impresionantes si se comparan con el crecimiento de la población en 1.6 veces, reflejándose en la falta de estacionamiento público, el estado deplorable de la conservación de las vialidades, pavimentos agrietados, baches, banquetas en malas condiciones.

4.5. Análisis de los datos obtenidos con la Encuesta Destino-Origen.

El análisis de los resultados de la encuesta D-O dio como resultado la identificación de las zonas de la ciudad que producen mayor número de viajes, siguiendo la zonificación realizada por (Brugués y Rubio, 2009) donde secciona la ciudad en 9 grandes sectores basándose en agrupaciones de AGEB, se obtuvo que las zonas donde se genera el 40% de los viajes corresponden a las marcadas con los números 2 y 4 ubicadas hacia el sur y suroeste (ver figura 4.8) donde se ubican las nuevas colonias y fraccionamientos, a diferencia de las zonas 6 y 7 ubicadas hacia el norte y noreste donde se generan menos del 5% del total de viajes a causa de la normativa de negar permisos a nuevas construcciones en esta zona de la ciudad (plan de desarrollo). El porcentaje de viajes se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.8 Flujos de movilidad al interior de la ciudad.



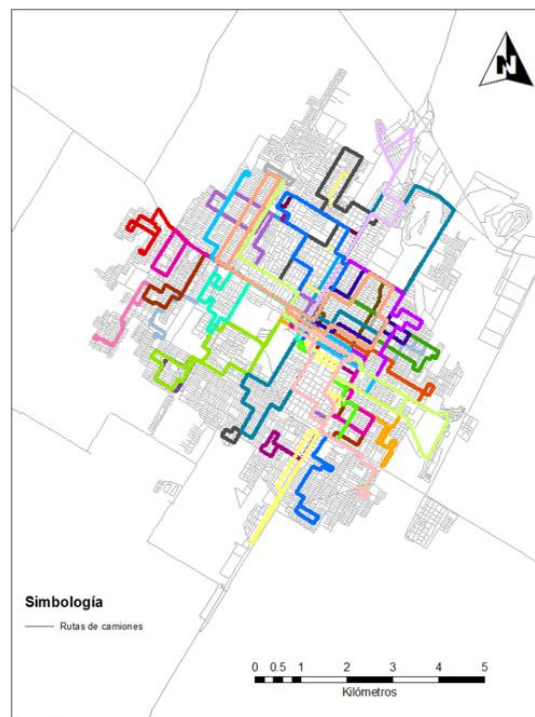
Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta O-D de movilidad (Brugués, 2009).

Los porcentajes mayores de generación de viajes del 40% total de la ciudad pertenecen a la región sur y suroeste, marcadas con los números 2 y 4 como resultado de la ocupación habitacional de la zona, otro porcentaje importante del 20% pertenece a la zona ubicada en las proximidades del centro urbano. Las zonas marcadas con los números 3, 5 y 8 generan el 12% de viajes cada uno, debido a que se aprobaron permisos para construir casa habitación en las periferias de cada zona. El tercer lugar de generación de viajes lo ocupa la zona marcada con el numero 9 aportando el 4% del total de los viajes y por ultimo las áreas marcadas con 6 y 7 con porcentajes menores al 2% cada uno.

4.6. Modelación de la red de transporte.

La ciudad de Los Mochis cuenta con una red de transporte público que contiene a 32 rutas con paraderos distribuidos en el centro de la ciudad, generando conflicto vial. En total son 303 autobuses en los que se realizan aproximadamente 90,900 viajes diarios, de acuerdo con los datos obtenidos de la Alianza de Transportadores Urbanos Y Sub Urbanos de Los Mochis (ATUSUM). Los autobuses están distribuidos entre las rutas de acuerdo a la demanda de pasajeros, el tiempo de recorrido de la vuelta y del tiempo estimado entre autobuses. La disposición de rutas en el territorio, se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.9 Rutas de autobuses registradas por la alianza de transportes urbanos y sub urbanos de la ciudad de Los Mochis.



Fuente: Elaboración propia, en base a las rutas de transporte público, ATUSUM (2013).

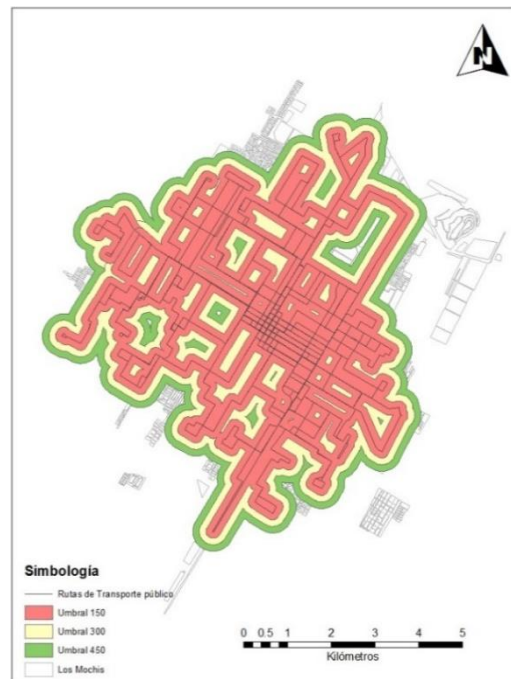
En 2014 se anunció formalmente por parte del Ayuntamiento de Ahome, la firma de un convenio resultado del Plan de Movilidad de la Ciudad y del intercambio de ideas del 1er Foro de Movilidad y Espacio Público, el convenio formaliza la asesoría, acompañamiento y

capacitación al Ayuntamiento y la Alianza de Transportistas, de parte del Centro de Transporte Sustentable EMBARQ México (CTS) con la finalidad de validar ante el gobierno federal, una serie de proyectos centrados en la mejora y modernización del transporte público.

4.7. Resultados del análisis de accesibilidad.

La delimitación de área de influencia de la red de transporte público sobre la población ocupada geo referenciada sobre el territorio desagregada a nivel manzana son los objetos de este análisis debido al acercamiento detallado al origen del viaje, se han tomado como base las 32 rutas proporcionadas por ATUSUM y umbrales de distancia de 150m, 300m y 450m así como la población residente en cada distancia. Obteniendo así la siguiente figura donde se esquematizan los diversos umbrales.

Figura 4.10 Umbrales de distancia de servicio de las rutas de autobuses.



Fuente: Elaboración propia en base a Páez y cols. (2010)

Se obtiene como resultado del análisis que la población total cubierta en cada umbral de distancia es la siguiente:

Tabla 4.1 Población cubierta en diferentes umbrales de distancia.

<i>Umbral de distancia</i>	<i>Población cubierta</i>	<i>Porcentaje de población cubierta</i>
150m	218 526	85%
300m	242 516	94%
450m	247 930	96%

Fuente: Elaboración propia

4.8. Calculo de CO₂.

El dióxido de carbono es el principal componente de los GEI, la principal fuente de emisión de este gas es la quema de combustibles. el cálculo de emisión de CO₂ se realizó mediante las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (IPCC, 1997) el cálculo arrojo que se emiten 2476.65 kg de CO₂ anuales, como resultado de los 828,858 viajes diarios realizados en la ciudad de los cuales 372,987 viajes en automóvil particular y 298,389 desplazamientos en autobús. El consumo aparente de gasolina y diésel fue culculado con la distancia promedio recorrida para cada reparto modal, así como el factor de emisión.

4.9. Índices de transporte sustentable.

Con la finalidad de conocer cuál es el grado de sustentabilidad de la movilidad de la población residente ocupada en la ciudad de Los Mochis, se elaboró un cuadro de indicadores (Haghshenas y cols., 2015) con la información resultante de la aplicación de la metodología. Los aspectos a analizar son impactos al medio ambiente, impacto económico e impacto social del transporte, medidos por tres indicadores cada uno; contaminación, consumo de energía, consumo del territorio, costo del transporte para el gobierno, costo de

viaje para el usuario, costo indirecto para el usuario, seguridad, accesibilidad y variedad, respectivamente. El resultado de los indicadores muestra las áreas en las que es primordial un cambio de cifras mediante políticas de regularización o limitación o restricción en las acciones llevadas a cabo en la ciudad por parte del gobierno y de los ciudadanos. El resultado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.2 Indicadores de transporte sustentable

<i>Indicadores</i>	<i>Coefficientes</i>
<i>Contaminación</i>	-0.34093175
<i>Consumo de energía</i>	-0.34088575
<i>Consumo del territorio</i>	-0.34024807
<i>Costo del transporte para el gobierno</i>	2.66631987
<i>Costo del viaje para el usuario</i>	-0.34091008
<i>Costo indirecto para el usuario</i>	-0.32976175
<i>Seguridad</i>	-0.34093526
<i>Accesibilidad</i>	-0.29171187
<i>Variedad</i>	-

Fuente: Elaboración propia en base a Haghshenas et al. (2015)

Tabla 4.3 Índices compuestos de transporte sustentable

<i>Índices compuestos</i>	<i>Coefficientes</i>
<i>Indicadores de transporte de impacto social (ITS)</i>	-0.21088238
<i>Indicadores de transporte de impacto económico (ITC)</i>	0.66521601
<i>Indicadores de transporte de impacto al medio ambiente (ITE)</i>	-0.34068852
<i>Índice de transporte sustentable (OTS)</i>	0.11364511

Fuente: Elaboración propia en base a Haghshenas et al. (2015)

De manera sintética se muestra el resultado de los índices compuestos en los diferentes elementos de la sustentabilidad en la tabla 4.3 donde se observan resultados negativos en los indicadores de impacto social y de impacto al medio ambiente, como resultado de las emisiones, de la accesibilidad y muertes debidas al transporte. Mientras que el indicador de impacto económico es positivo, esto indica que la diferencia de la inversión en el transporte

es buena y que el costo del mismo para el usuario y para el gobierno es mínimo, concluyendo en un impacto positivo.

El índice de transporte sustentable (OTS) reporta el resultado de 0.113645 lo cual indica que existe cierto grado de sustentabilidad en la movilidad de la población, por encontrarse entre 0 a 1. El porcentaje presente en la movilidad de la ciudad de Los Mochis es del 11%, esta cifra es considerada como baja, sin embargo puede subir en un periodo mínimo de 5 años si se lleva a cabo la combinación de lineamientos y políticas en materia de movilidad derivadas de los indicadores de impacto social, económico y ambiental.

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN Y ANALISIS DE LA SUSTENTABILIDAD EN EL TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE LOS MOCHIS.

En el capítulo de resultados se presenta la forma en la que la población residente ocupada de Los Mochis realiza sus desplazamientos diariamente, así como la disposición del servicio de transporte público en el territorio el cual no cubre adecuadamente, limitando el acceso de la población favoreciendo el uso del automóvil, lo cual limita las condiciones de sustentabilidad a mediano y largo plazo.

Con la finalidad de evaluar la sustentabilidad en la movilidad de la población se realizaron los ejercicios anteriores, establecidos en la metodología, como modelación física, generación y atracción de viaje, análisis de accesibilidad y distribución de viajes y tipos modales mediante la aplicación de encuesta domiciliaria, además de la evaluación mediante la construcción de indicadores, que durante este capítulo se pondrán en discusión para evidenciar los puntos en los que la sustentabilidad puede ser parte de la movilidad cotidiana.

5.1. Concentración de la población y el empleo.

La ciudad de los Mochis se considera de tipo monocéntrico debido a que tiene un solo centro que articula los servicios bancarios, empleos, servicios de transporte, compras etc. Es por ello que está condicionada la forma en la que se concentran la población y el empleo en la ciudad. El uso de suelo del centro ha cambiado de habitacional a comercio y a habitacional mixto con servicios en el área próxima al centro urbano. Es en esta zona donde laboran 23,572 empleados aproximadamente, es decir, casi el 50% de la población económicamente activa de la ciudad y se encuentran distribuidas en un total de 3500 unidades económicas.

La población residente económicamente activa está distribuida en la ciudad de forma desigual, sin embargo se observa un equilibrio de residencia en el área periférica como producto del crecimiento urbano y de la construcción de nuevas zonas habitacionales tanto en norte como en el suroeste de la ciudad.

De lo anterior se deduce que la población tendrá que recorrer en promedio 3km diariamente desde la zona más cercana al centro urbano y de 4km a 5km desde la periferia. El modo en que se realiza este desplazamiento es el que determina que tan sustentable es la movilidad de la población residente ocupada.

5.2. Atracción de viaje.

Los destinos de empleo en la zona centro de la ciudad de Los Mochis atraen aproximadamente 47,144 viajes diarios, esto como resultado del número de personas residentes ocupadas en esta área y de los horarios de empleo porque algunos de ellos salen a comer a sus hogares y regresan a laborar realizando 4 viajes diarios.

El número de viajes puede variar por diversos motivos como horario de labores, día de descanso, permanencia en el lugar o realización de viajes multipropósito, lo cual provocaría el aumento o disminución del número diario de viajes, sin embargo dentro de esta contabilización de viajes no se incluyen los realizados con motivo de compras, ocio o trasbordo de la población de la ciudad, como tampoco se incluyen los viajes provenientes de poblados cercanos o de municipios colindantes por no ser objeto de estudio de esta investigación.

5.3. Estrategias de viaje.

El resultado de investigar a la población residente ocupada de la ciudad de Los Mochis arrojó diversidad de resultados en cuanto a estrategias de viaje se refiere.

Los resultados de la aplicación del cuestionario de movilidad urbana mostraron que el 56.5% realiza su viaje en transporte público, el 16.5% viaja en automóvil como conductor y el 16% viaja en automóvil como pasajero (carpool), mientras que para motocicleta el 2.5% de los encuestados viaja en este modo, para los modos que no contaminan como caminando y bicicleta registran porcentajes de 5.5% y 3% respectivamente.

5.4. Impacto del sistema de transporte público.

El impacto que genera el acceso al sistema de transporte público en la movilidad de las personas residentes ocupadas en la ciudad de Los Mochis es diverso. Con la realización del estudio de accesibilidad se obtuvo la estimación de la población residente próxima a la red de transporte público.

La accesibilidad potencial que tienen los habitantes es buena por cubrir un porcentaje de población de 85% en el umbral de 150m, y se considera como muy buena con porcentaje de 94% en el umbral de 300m y de 96% en el umbral de 450m de distancia a la red de servicio de transporte público de acuerdo a la clasificación utilizada por Chias y Posadas (2001). Sin embargo existen áreas en la periferia y en la zona interna de la ciudad donde no cuentan con acceso al servicio de transporte debido a la configuración de la red. Los niveles de accesibilidad son altos, sin embargo podría darse el fenómeno de exclusión social (Páez y cols., 2010) evidenciándose en la capacidad económica de poder adquirir un vehículo para satisfacer su necesidad de traslado.

5.5. Planeación y transporte público.

Como resultado de la elaboración de esta investigación se determina que los elementos de la planeación del transporte público urbano que mejorarán la sustentabilidad de la movilidad en la ciudad de Los Mochis deberán seguir los criterios de las políticas de desarrollo inteligente de tal forma que se beneficie a la economía, a la comunidad y al medio ambiente. En 1996 se creó el Smart Growth Network (Red para el desarrollo inteligente) esta red elaboró un listado de 10 principios que podrían ajustarse y realizarse en la ciudad de Los Mochis para modificar el estado actual de movilidad.

Los principios establecidos por el Desarrollo Inteligente que deben aplicarse en el centro de la ciudad son: combinar los usos de terreno, incentivar diseños de edificación compacta, ampliar la gama de oportunidades y alternativas de vivienda, crear comunidades peatonales y proveer una variedad de opciones de transportación. Al aplicar dichos principios de manera integral la zona centro se volverá un lugar más accesible a pie o en bicicleta, con

esto se crearía una zona llena de vida al combinar los usos de suelo comercial, habitacional, los hogares se ubicarían a poca distancia de las áreas comerciales y por lo tanto del empleo, además de que el uso mixto fortalecerá la vitalidad y la percepción de seguridad en un área, ya que aumenta la cantidad de personas que se mueven en la calle. Aunado a esto, la combinación de los usos ayuda a que las calles, los espacios públicos y las tiendas se conviertan de nuevo en lugares de encuentro y, de esta manera, ayuden a revitalizar la vida comunitaria.

Con el principio de la edificación compacta de viviendas para ampliar la gama de oportunidades y alternativas, se incrementaría la densidad en el centro de la ciudad y se disminuirían los problemas de movilidad que genera la población al trasladarse desde su lugar de residencia ubicado en la periferia hasta su lugar de trabajo ubicado en la zona centro, esto creara viviendas asequibles para la población ocupada, cumpliéndose también con el principio de crear comunidades peatonales, estas comunidades son esenciales para alcanzar las metas del desarrollo inteligente debido a que aumentan la movilidad, reducen los impactos ambientales negativos, fortalecen la economía y contribuyen a comunidades más sólidas al presentar mejores condiciones para la interacción social y potencialmente disminuir el uso de vehículos privados, este principio es inherente al principio de proveer una variedad de opciones de transportación creando estándares adecuados para poder proveer los elementos de enlace necesarios entre la zona con uso de suelo mixto, la red vial y las rutas existentes de los diferentes medios de transporte colectivo (CEDES, 2005).

Al proveer la variedad en las opciones de transportación se cumplirán metas a corto y largo plazo, por ejemplo, coordinar mejor el uso de los terrenos con la transportación, aumentar la disponibilidad de servicios óptimos de transportación, crear multiplicidad, contar con elasticidad y conexión entre las redes de transportación, así como asegurar los enlaces eficientes con las instalaciones peatonales y de bicicleta, pero sobre todo promover el uso del transporte colectivo. Para que este principio sea funcional y exitoso se deben combinar medidas de servicio y accesibilidad que integren el mantenimiento de carreteras y vialidades y la generación de una gran actividad peatonal en la zona, asimismo el municipio deberá actualizar normas y reglamentos para que la aplicación de este principio tenga validez institucional y con ello ser más susceptible de ser eficaz.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.

6.1. Conclusiones

La sustentabilidad presente en la movilidad de la población se encuentra en un nivel bajo, de aproximadamente 11%, ejemplo de esto es el resultado de los indicadores, donde se identifica un gran uso de vehículos particulares y con ello altos niveles de emisiones de GEI mostrando un nivel aceptable de la inversión del gobierno local en materia de movilidad, el mismo que se ve reflejado en un bajo nivel de accesibilidad para el total de la población de la ciudad (Haghshenas y cols., 2015). En tanto a los índices compuestos los resultados fueron desiguales, aquellos que se obtuvieron con signo negativo impacto social e impacto ambiental reflejan el desinterés de estas dos cuestiones, en contra parte el impacto económico resultó positivo debido a los costos que tiene el transporte tanto para el gobierno local, como para los usuarios.

De no hacer nada todas las variables como el número de vehículos, el número de viajes diarios, el consumo de energía y la emisión de GEI incrementaran en el futuro y se detendrá la inversión en el transporte público, debido a que las inversiones serán destinadas a construir estacionamientos, rehabilitar y/o construir nuevas vialidades así como mejorar o facilitar el paso al vehículo induciendo la movilidad y orillando a la población a adquirir un vehículo para satisfacer la necesidad de traslado, lo cual podría llegar a niveles negativos del índice de transporte y abandonar completamente el estado actual de sustentabilidad.

El crecimiento de la ciudad deberá de permanecer dentro de los “límites del centro de población de Los Mochis” establecidos en el Plan Director de Desarrollo Urbano de la ciudad (IMPLAN, 2014) con el propósito de que no aumente la distancia recorrida y con ello las emisiones y consumo de combustible (Rueda, 2009).

Por parte del gobierno local se desarrollaran las facilidades para que la población pueda desplazarse en bicicleta con la meta de duplicar el porcentaje del reparto modal en mínimo 5 años (Haghshenas y cols., 2015), de 3% a 6% en la población residente ocupada y de 6% a 12% en el resto de la población mediante implementación de ciclovías y la promoción del uso de la bicicleta. Así como mejorar el sistema de transporte público mediante actualización

de flota vehicular, organización de viajes de acuerdo con la demanda en horas normales y horas pico, reordenamiento de rutas para cubrir la ciudad al 100% mejorando así la accesibilidad a este servicio.

Además se deberá de incrementar el costo a los usuarios de vehículos particulares como verificación vehicular, tenencia, costo por estacionamiento y costo de combustible, lo recaudado podría invertirse en mejorar el transporte público. Otra acción que puede implementarse es compartir el vehículo (car pooling) para transportar a más de un usuario. Estas medidas no tendrán éxito si no se combinan las políticas que influyen el transporte como la gestión de la demanda de viajes con la regularización y proposición de cambios en el uso de suelo hacia usos mixtos. Con esto se logrará la disminución en un 5% el número diario de viajes y en un 5% las distancias de los mismos como lo establecen Allen (2002) y Haghshenas y cols. (2015).

Mediante la aplicación conjunta de estos pasos los índices de impacto ambiental, social y económico se modificarán y con ello la movilidad de la población será gradualmente más sustentable. La finalidad de aplicar los principios que contribuyan a la sustentabilidad es lograr minimizar los efectos dañinos del uso del automóvil, incentivando el uso del transporte público mediante las estrategias mencionadas anteriormente. Debido a que la movilidad es un proceso natural y necesario del ser humano se deberá procurar que su realización se ejecute de la manera más amigable con el medio ambiente.

6.2. Consideraciones finales y recomendaciones.

El estudio de la movilidad de la población residente ocupada en el centro de la ciudad de Los Mochis denota la importancia de analizar los desplazamientos de una sección importante de la población, pues son las personas ocupadas quienes se encargan de mantener el desarrollo económico y a su vez son quienes mayormente se ven afectados en materia de transporte debido a los costos que esto representa.

La contribución del presente trabajo de tesis radica en la adaptación del modelo de planeación del transporte público realizado por Ortúzar (2012) y del proceso metodológico de Haghshenas y cols. (2015) para evaluar la sustentabilidad del transporte y la movilidad de la población residente ocupada, como caso de estudio de la ciudad de Los Mochis. De igual forma replicando el proceso metodológico aquí planteado, se puede evaluar a cualquier porción de la población que influya importantemente sobre los costos del transporte.

Con el trabajo realizado se actualizó en cierto grado la labor realizada por el Dr. Alejandro Brugués dentro del estudio “Movilidad intra-urbana y espacios de vida de los habitantes de tres ciudades de Sinaloa: Guasave, Los Mochis y Mazatlán”. Las actualizaciones correspondieron únicamente a las cuestiones de crecimiento, flujos de transporte y atractores de viaje en la ciudad. Se pretende que lo aquí plasmado pueda ser de utilidad para la toma de decisiones en materia de transporte público.

El resultado de esta investigación se logró mediante el análisis de la concentración de la población y el empleo mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica para conocer el número de viajes que atraen los destinos de empleo de la zona centro de la ciudad para caracterizar las estrategias de viaje de las personas que allí laboran para realizar la evaluación de la movilidad de la población de la ciudad de Los Mochis, encontrando un mínimo grado de sustentabilidad debido a los grandes impactos ambientales, sociales y económicos que produce el transporte, sin embargo existen puntos específicos en los cuales se puede promover un cambio para acercarse a un transporte sustentable, como la inversión al transporte público, las restricciones al transporte privado, la combinación de políticas de uso de suelo mixto, promover modos alternos como la bicicleta y el carpool; y controlar el crecimiento de la ciudad entre otros.

Se recomienda la creación de un ente coordinador entre los organismos que intervienen en el proceso de transporte de la ciudad. Los inmiscuidos en el proceso deberán de dotarlo de recursos humanos, materiales y recursos financieros que aseguren su funcionamiento y presencia. Las actividades que este organismo desempeñe se centraran en la evaluación, el control y el seguimiento de planes y políticas necesarias para asegurar la sustentabilidad del transporte.

Se recomienda el estudio de viabilidad para la creación de ejes troncales para las rutas de transporte público sobre vialidades principales como la Av. Independencia, Av. Zaragoza y el Blvd. Macario Gaxiola. Adaptando la infraestructura vial para transportar mayor número de personas mediante carriles especiales e intersecciones sanforizadas; instauración de carril exclusivo en sentido del flujo del tráfico o en el camellón central; calzadas y vialidades exclusivas. Aunado a esto se tendrá que rediseñar la red de rutas alimentadoras manteniendo un diseño funcional mediante la configuración de la red vial, la ubicación de terminales, el estudio de la demanda por transporte público y la selección de tipos de vehículos.

BIBLIOGRAFÍA.

- Allen, A. (2002). Sustainable Urbanization, Bridging the Green and Brown Agendas *Development Planning Unit*. United Kingdom: University College London.
- ATUSUM. (2013). Rutas de transporte público de la ciudad de Los Mochis.
- Barrientos, M. (2007). Network Analyst. El análisis de redes desde ArcGIS 9.2.
- Bazant, J. (1983). *Manual de criterios de diseño urbano* Trillas (Ed.)
- Brugués. (2009). Movilidad intra-urbana y espacios de vida de los habitantes de tres ciudades de Sinaloa: Guasave, Los Mochis y Mazatlán.
- Brugués, & Rubio. (2009). *Movilidad intra-urbana en ciudades medias del estado de Sinaloa*. Paper presented at the 25 Años de Docencia en el Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B.C.
- Cardenas, L. (1998). Definición de un marco teorico para comprender el concepto del desarrollo sustentable. *Boletín INVI*, 33, 3-20.
- Castillo, H., & Pitfield, D. (2010). ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. *Transportation Research Part A Policy and Practice*. Elsevier. ScienceDirect., Part D 15, pp. 179-188.
- CCE. (2007). *LIBRO VERDE. Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana* C. D. L. C. EUROPEAS (Ed.)
- CEDES. (2005). *Cómo alcanzar el Desarrollo Inteligente*
- CEIT. (2001). *Movilidad: Una Visión Estratégica en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. México: Gobierno del estado de Jalisco en colaboración con ITESO.
- Cerasi, M. (1990). *Colección de urbanismo. El espacio colectivo de la ciudad*. Barcelona España.: Editorial Oikos-tau. .
- Conte, C. (2000). The Boys of Sprawl: Free-market think tanks are working hard to convince Americans that Smart Growth is a stupid idea. *Governing Magazine*.
- Chias, L., & Posadas, I. (2001). Accesibilidad de las localidades del Estado de México a la red carretera pavimentada: un enfoque metodológico. . *Investigaciones Geograficas, Boletín del Instituto de Geografía.*, N° 45, pp. 117-130.
- Dangond-Gibson, C. e. á. (2013). *Del transporte a la movilidad urbana en Bogotá, más que un problema de vías y automotores*. E. p. u. Javeriana. (Ed.)
- del Saz, S. (2008). Medio Ambiente y desarrollo: una revisión conceptual. *CIRIEC-España*, 61, 31-44.
- Escobar, D. A. (2008). *Instrumentos y Metodología de Planes de Movilidad y Transporte en las Ciudades medias Colombianas*. (Doctor en gestión del territorio e infraestructuras del transporte), Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Foreman-Peck, J. (1995). *Historia económica mundial: Relaciones económicas internacionales desde 1850* (Vol. 2). España: PRENTICE HALL.
- Gaviria, M. (1986). Gran San Blas: Análisis socio-urbanístico de un barrio nuevo. *Revista de arquitectura*, N° 113-114, 68.

- Giraldo. (2009). Urbanización para el desarrollo humano, políticas para un mundo de ciudades. . *UN-Habitat/Colombia*.
- Gómez. (2000). Población, Medio Ambiente y Crecimiento Económico: ¿Tres Piezas Incompatibles del Desarrollo Sostenible? , vol. 7, pp. 242-260.
- Guimaraes, R. P. (1992). El discreto encanto de la cumbre de la tierra. Evaluación impresionista de Rio 92. *Nueva Sociedad*, 122, 86-103.
- Guimaraes, R. P. (2002). La ética de la sustentabilidad y la formulación de políticas de desarrollo. *CLASCO, Buenos Aires*.
- Gutiérrez, J. A., & Ruiz, E. E. (2012). *Propuesta metodológica para diseñar modelos urbanos de transporte que gestionen planes de movilidad urbana sostenibles en ciudades medias. Aplicación al caso extremeño de Mérida* Paper presented at the V Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC,, Madrid, España.
- Haghshenas, H., Vaziri, M., & Gholamialam, A. (2015). Evaluation of sustainable policy in urban transportation using system dynamics and world cities data: A case study in Isfahan. *Cities*, 45, pp. 104-115.
- Hernandez, C., & Gamboa, M. (2007). Estudio Comparativo de Siete Ciudades Seleccionadas por ONU-Habitat *Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos ONU-Hábitat*.
- ICMA. (2001). *Cómo alcanzar el Desarrollo Inteligente, 100 políticas para su implementación* U. S. E. P. Agency (Ed.)
- IMPLAN. (2013). *Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable*.
- IMPLAN. (2014). *Plan Director de Desarrollo Urbano de la ciudad de Los Mochis*.
- INECC. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40. .
- INEGI. (2007). *Encuesta 2007 Origen-Destino*. Estado de México: INEGI.
- INEGI. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*
- INEGI. (2013). *Sistema de Clasificación Industrial de America del Norte, México, SCIAN 2013* Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México INEGI c2013.
- INEGI. (2014). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, DENUE*
- IPCC. (1997). Modulo I. ENERGIA. In PNUMA & OMM (Eds.), *Libro de trabajo para el inventario de gases de efecto invernadero. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996* (Vol. II).
- IPCC. (2014). *Climate change 2014. Mitigation of climate change* UnHabitat (Ed.) *Summary for Policymakers*
- Izazola, H. (1999). *Desarrollo sustentable, medio ambiente y población a cinco años de Rio*. (Vol. 1ra Edición). México: Editorial el Colegio Mexiquense.
- Jakson, L. (2011). Ciudades, claves para comprender la complejidad urbana. . *Investigación y Ciencia, N°422*.
- Ledezma, J., & Dominguez, J. (2006). *Medio Ambiente y Sustentabilidad Urbana* UNAM (Ed.)
- Leff, E. (1999). Conocimiento y educación ambiental. In H. Izazola (Ed.), *Desarrollo sustentable, medio ambiente y población a cinco años de Rio* (Vol. 1, pp. 88-97). México: El Colegio Mexiquense

- Lowdon, W. J. (1976). *Ciudades y espacio, el uso futuro del suelo urbano*: Editorial del valle de México.
- Molinero, A., & Sánchez, I. (1998). *Transporte público, planeación, diseño, operación y administración*. (Vol. 3ra edición). México: Editorial Fundación ICA.
- Moreno, A., & Prieto, E. (2004). Evaluación de procedimientos para delimitar áreas de servicio de líneas de transport urbano con sistemas de información geográfica. *Investigaciones Regionales*, 2, 85 a 102.
- Nathan, H. S. K. a. R., B.S. (2013). Urban transport sustainability indicators – application of multi-view black-box framework. *Environment and Sustainable Development*, 12, 258-312.
- Ortúzar, J. (2012). *Modelos de demanda de transporte* (Vol. 2da Edición). Chile: Ediciones universidad católica de Chile.
- Páez, A., Mercado, R., Farber, S., Morency, C., & Roorda, M. (2010). Relative accessibility deprivation indicators for urban settings: definitions and application to food deserts in Montreal. *Urban Studies* vol. 47, pp. 1415–1438.v.
- PNUMA. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4*, Vol. 2. P. d. I. N. U. p. e. M. Ambiente (Ed.)
- Reisi, M., Aye, L., Rajabifard, A., & NgoRenewable, T. (2014). Transport sustainability index: Melbourne case study. *Ecological Indicators*, vol. 43, pp. 288-296.
- Rueda, S. (2009). *Libro Verde de Medio Ambiente Urbano* Vol. II. G. d. España (Ed.)
- Shiau, T. (2013). Evaluating sustainable transport strategies for the counties of Taiwan based on their degree of urbanization. *Transport Policy*, vol. 30, pp. 101-108.
- Sim, S., & Mesev, V. (2011). *Measuring urban sprawl and compactness: case study Orlando, USA*. Paper presented at the Proceedings of the 25th International Cartographic Conference, Paris, France.
- Tolley, R. (2003). *Sustainable transport, Planning for walking and cycling in urban environments*. Washington, DC: CRC Press.
- Torre, J. D. I. (2007). Car industry and regional economic development: The case of Navarre (c.1955-1980). *ELSEVIER*, 3(Economic history), 109-140.
- Tyler, G. (2004). *Ciencia ambiental, preservación de la tierra* (Vol. 5). España: editorial Tomson.
- Zegras, P. C. (2005). *Sustainable Urban Mobility*. . (Doctor en ciencia y tecnología), Instituto de Tecnología de Massachusetts., Massachusetts, EUA.

ANEXOS

A. Anexo: Instrumento de aplicación

A continuación se anexa el cuestionario que se aplicará a las personas que laboren dentro de la unidad económica que resulte sorteada:



Universidad Autónoma de Baja California
Programa de Maestría en Planeación y Desarrollo Sustentable
Encuesta “Movilidad urbana sustentable”



Se está realizando la investigación “**Análisis de la Movilidad urbana de la población que labora en el centro de la ciudad de Los Mochis**” que tiene por objetivo identificar cual es la situación actual de la movilidad que ofrece el transporte público por lo que sus respuestas serán de gran ayuda y serán tratadas confidencialmente.

Folio _____

Datos de Control

Empresa: _____

Fecha: (___/___/___)

Coloque el número de la respuesta dentro del paréntesis

1. Información del encuestado.

1. Sexo. 1. Hombre 2. Mujer..... ()
2. Edad. _____ años
3. Colonia donde vive _____
4. ¿Cuántos días a la semana trabaja? _____
5. ¿Cuántos años tiene trabajando en la empresa? _____
5. Grado escolar cursado..... ()
 1. Primaria completa
 2. Primaria incompleta
 3. Secundaria completa
 4. Secundaria incompleta
 5. Preparatoria completa
 6. Preparatoria incompleta.

2. ¿Cuál es el principal medio de transporte que usa para llegar a su trabajo?..... ()

1. Automóvil (Yo soy el Conductor).
2. Automóvil (No soy el conductor)
3. Motocicleta.
4. Transporte público. *Pase a la pregunta N°7*
5. Transporte empresarial. *Pase a la pregunta N°9*
6. Caminando
7. Bicicleta

Si su respuesta anterior fue Automóvil (No conductor), caminando o en bicicleta favor de entregar la encuesta.

3. Anote los datos acerca de su Automóvil o Motocicleta

Modelo (ofrecer las opciones si es pick up, camioneta, auto compacto) _____

Año _____

Número de Cilindros _____

4. ¿Cuánto gasta al año en los siguientes servicios de mantenimiento de su Automóvil o Motocicleta?

Servicio	Gasto(pesos)	Servicio	Gasto (pesos)
4.1 Cambio de aceite		4.5 Llantas (cambio o reparación)	
4.2 Fallas mecánicas		4.6 Aire acondicionado	
4.3 Alineación y balanceo			

5. ¿Cuánto gasta en gasolina semanalmente (calculando solamente el recorrido vivienda-trabajo-vivienda)? _____

6. ¿Cuántos kilómetros recorre de su vivienda al trabajo? _____ pase a la pregunta N°13

7. Sólo para los que usan transporte público. ¿Cuántos autobuses toma al día? (recorrido vivienda-trabajo-vivienda) _____

8. ¿Cuánto gasta diariamente en transporte público? _____

9. ¿Cuánto tiempo tarda en trasladarse de su vivienda al lugar de trabajo?..... ()

1. Menos de 15 minutos 2. De 15 a 30 minutos 3. De 30 a 45 minutos
4. De 45 min a 1 hora 5. Más de 1 hora

10. Anote en la columna tiempo que tardan cada una de las siguientes a actividades

Actividades	Tiempo (Minutos /horas)
1. Cuánto tiempo tarda usted en llegar de su vivienda a la parada de autobuses	
2. Cuánto tiempo espera usted hasta que pasa el autobús	
3. Cuánto tiempo dura el recorrido del autobús desde la parada donde usted subió hasta el paradero del lugar de trabajo	
4. Cuánto tiempo hace usted en llegar desde donde lo deja el autobús hasta su lugar de trabajo	
5. Cuánto tiempo trabajó usted	
6. Cuánto tiempo esperó usted al autobús en el paradero del lugar de trabajo.	
7. Cuánto tiempo tarda el recorrido del autobús del paradero del lugar de trabajo a la parada de más cercana a su vivienda	

11. ¿Ha sufrido algún accidente en el traslado vivienda-trabajo-vivienda, durante el último año?..... ()

1. Si 2. No *Si su respuesta fue NO, pase a la pregunta N°13*

12. Si su respuesta fue SI marque las situaciones que se le han presentado	1.Si 2.No
a) Asalto durante del trayecto de la vivienda a la parada de autobuses	
b) Atropellamiento en el trayecto de la vivienda a la parada de autobuses	
c) Asalto en el autobús	
d) El autobús en que viajaba chocó	
e) Asalto del trayecto de la parada de autobuses al lugar de trabajo	
f) Agresiones físicas y/o verbales	
Mencione otras situaciones _____	

13.¿Cuánto es su ingreso semanal? _____

Gracias por su colaboración.

B.Anexo: Calculo de CO₂

A	F		G	H
producción	consumo aparente	Joules	Factor de conversion (Tj/Unidad)	Consumo aparente (TJ) H=(FxG)
gasolina	60253811.93	6105217493.80725	10 a la 12	0.00610521749380725
gasoleo	276966659.1	28063646733.3075	11 a la 12	0.0280636467333075
I	J	K	L	M
Factor de emision de carbono (t C/TJ)	Contenido de carbono (t C) J=(HxI)	Contenido de carbono (Gg C) K=(Jx10 ⁻³)	Carbonno almacenado (Gg C)	Emisiones netas de carbono (Gg C) M=(K-L)
18.9	0.115388610632957	0.000115388610633		0.000115388610633
20.2	0.566885664012811	0.000566885664012811		0.000566885664012811
N	O	P	Q	
Fraccion del carbono oxidado	Emisiones reales de carbono (Gg C) O=(MxN)	Emisiones reales de CO ₂ (Gg CO ₂) P=(Ox(44/12))	Emisiones reales de CO ₂ en toneladas	Emisiones reales de CO ₂ en Kg
0.99	0.000114234724526627	0.0004188606565976	0.418860657	418.8606566
0.99	0.000561216807372683	0.0020577949603665	2.05779496	2057.79496
Total Kg				2476.655617

