

CIUDAD VIVA EN MOVIMIENTO: UN ABORDAJE DESDE LA APLICACIÓN DE UN MODELO DE DEMANDA DE TRANSPORTE

Data de aceite: 01/12/2023

Fredy Armando Cuervo Lara

Ingeniero en Transportes y Vías, especialista en Logística internacional, Especialista en Pedagogía, Magister en Diseño, gestión y dirección de proyectos, Candidato a Doctor en proyectos Universidad Internacional Iberoamérica-México. Decano de Facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia Santa Marta, profesor del área de ingeniería de tránsito Santa Marta, Colombia

RESUMEN: Esta experiencia pedagógica en ingeniería surge en momentos en los cuales la pandemia obligó a la enseñanza virtual de cursos que normalmente se realizaban en modalidad presencial, en el curso de ingeniería de tránsito se abordan los modelos de transporte, sin embargo este abordaje generalmente se limita a la explicación teórica y la aplicación del modelo se deja de lado, dado que requiere de bastante información de entrada y en otros casos lo que se hace es aplicar algún software que genera la información y se realiza más bien un análisis de los resultados, sin indagar en el origen de la información. Esta reflexión realizada con los estudiantes, acerca del

origen de la información del modelo de transporte, fue lo que condujo a realizar un ejercicio de análisis de aplicación del modelo de transporte de cuatro pasos en la ciudad de Santa Marta. En la metodología aplicada se realizó un trabajo en equipo para caracterizar la ciudad de Santa Marta a través de análisis geográfico on line, con variables socioeconómicas y demográficas, también se caracterizaron variables de generación y atracción de viajes, así como las variables de distribución y asignación modal de viajes, recurriendo a información disponible en el Distrito de Santa Marta. Los resultados de este trabajo permitieron a los estudiantes aprender en forma práctica la aplicación del modelo de transporte en Santa Marta, así como reconocer espacialmente su contexto, calculando variables de transporte de la ciudad para lograr identificar el impacto que puede tener un modelo bien implementado en una ciudad y la utilidad del mismo explicada en una forma más cercana.

PALABRAS CLAVE: Transporte, población, movilidad, Generación, viajes

ABSTRACT: This pedagogical experience in engineering arises at a time when the pandemic forced the virtual teaching of

courses that were normally carried out in face-to-face mode, in the traffic engineering course transportation models are addressed, however this approach is generally limited to the theoretical explanation and the application of the model is left aside, since it requires a lot of input information and in other cases what is done is to apply some software that generates the information and rather an analysis of the results is carried out, without inquiring at the origin of the information. This reflection carried out with the students, about the origin of the information of the transport model, was what led to an analysis exercise of the application of the four-step transport model in the city of Santa Marta. In the applied methodology, a teamwork was carried out to characterize the city of Santa Marta through online geographic analysis, with socioeconomic and demographic variables, variables of generation and attraction of trips were also characterized, as well as the variables of distribution and allocation. travel modality, using information available in the District of Santa Marta. The results of this work allowed students to learn in a practical way the application of the transport model in Santa Marta, as well as to recognize spatially its context, calculating transport variables in the city to identify the impact that a well-implemented model can have on a city and its usefulness explained in a closer way.

KEYWORDS: Transport, population, mobility, Generation, travel

1 | INTRODUCCIÓN

Esta experiencia pedagógica se llevó a cabo en el segundo semestre de 2020, con estudiantes de Ingeniería civil de la Universidad Cooperativa de Colombia en la ciudad de Santa Marta, quienes cursaban la asignatura de ingeniería de tránsito. El propósito de esta estrategia de enseñanza es lograr que el estudiante de Ingeniería de tránsito aprenda en un contexto real como se origina la información insumo para la aplicación del modelo de transporte de 4 pasos (generación, atracción, asignación, distribución modal y viajes), a partir de una zona de la ciudad de Santa Marta. Para este fin los estudiantes fueron orientados en forma remota, debido a las circunstancias de pandemia, para analizar la generación de viajes, atracción, asignación de viajes y distribución modal, a partir de su entorno y recurriendo a herramientas estadísticas, sistemas de información geográfica, información poblacional y socioeconómica de Santa Marta.

2 | OBJETIVOS

Objetivo general

Aplicar el modelo de transporte de cuatro pasos en un contexto urbano real

Objetivos específicos

Caracterizar la ciudad Santa Marta para la aplicación del modelo de transporte

Caracterizar las comunas de la ciudad de Santa Marta con las variables asociadas al transporte.

Analizar la generación y atracción de viajes entre las comunas de la ciudad de Santa Marta

Analizar la asignación y la distribución modal de viajes en comunas de Santa Marta.

3 I METODOLOGÍA

En la experiencia pedagógica el punto de partida es el reconocimiento físico, espacial, territorial y su social de su ciudad, a partir de análisis de información geográfica, se realiza el análisis de zonas de alta concentración de población, zonas industriales, zonas comerciales, zonas institucionales, así como las características de estrato socioeconómico de cada una de las comunas de la ciudad. Este análisis es la fase más importante porque de ahí parte la primera fase del modelo de cuatro pasos,

Posteriormente se realizó el análisis de generación de viajes a partir cuantificación de predios, unidades familiares, viajes por hogar, en forma tal que a partir de la matriz de generación se viajes se cuantifique como se generan los viajes en la ciudad, en forma tal que se van escalando las fases del modelo a partir de una secuencia lógica y simplificada que conduzca a la cuantificación de atracción de viajes en las zonas de la ciudad. Luego se realizó la fase de asignación modal en la ciudad en Transporte publico colectivo urbano, taxi, auto particular, motocicleta, peatones y movilidad no motorizada.

Todo el análisis de los cuatro pasos aplicados a la ciudad conduce a tener un panorama de la dinámica de transporte de la ciudad, construido por los estudiantes a partir de las fases de caracterización, cuantificación y cargue de viajes en las comunas de la ciudad.

4 I FUNDAMENTACIÓN PEDAGÓGICA

La fundamentación pedagógica busca dar respuesta a cinco interrogantes: para que aprenderlo, que aprender, como aprenderlo y donde aprenderlo. Haciendo la descripción de la fundamentación específica de esta experiencia pedagógica se identifican las respuestas a los interrogantes mencionados.

¿Que aprender?

EL modelo de transporte de cuatro pasos es un instrumento aplicado en los procesos de planificación de transporte, de acuerdo con (Colomer, 1999), las fases del modelo son establecimiento de generación y atracción de viajes, la distribución de viajes entre zonas, el reparto modal y la asignación de viajes.

¿Para que aprenderlo?

La modelación de transporte facilita la comprensión de sistemas de transporte, el

estudio de los sistemas de transporte (Barreno, 2008) involucra dos escenarios: el escenario táctico, en el cual se evalúa el tráfico de acuerdo a unos orígenes y destinos conocidos. El escenario estratégico se refiere a la valoración de consistencia entre subsistemas de demanda y oferta de viajes, requeridos para valorar impactos de proyectos de transporte.

El aprendizaje de la aplicación de los modelos de transporte sirve para que los estudiantes tengan dominio de herramientas de planificación basadas en el análisis de información y que representan las variables asociadas al comportamiento de los viajes en una ciudad

¿Cómo aprenderlo?

El modelo está presentado como una secuencia de cuatro submodelos (Vozzi, Acquaviva, 2011), cada uno de ellos debe ser aplicado en forma interdependiente y secuencial, por lo que el estudiante inicia con la generación de viajes, la atracción de viajes, la distribución y asignación modal de viajes. Cada uno de los viajes que una persona decide hacer tiene incorporados los cuatro submodelos, la decisión de viaje implica el propósito del viaje, la disponibilidad de tiempo, la ubicación, el modo de transporte; por lo tanto, un viaje depende de muchos factores y genera una función de utilidad.

La forma de aprender a aplicar el modelo es iniciar por comprender desde donde y hacia donde se movilizan las personas en la ciudad, conocer la localización y el tipo de servicios que se prestan en las diferentes zonas de la ciudad. Con este panorama de ciudad claramente identificado, se procede a utilizar la información contenida en las matrices de origen destino disponibles, las matrices de distribución y asignación modal que se tienen en la ciudad.

El modelo se corre de acuerdo con la actividad de viajes zonales e interzonales generados en los cuatro pasos y se logra tener un panorama completo de la actividad de transporte en función de los viajes para identificar necesidad de oferta en función de la demanda de transporte y las tendencias en asignación zonal, distribución y reparto modal.

¿Dónde aprenderlo?

Aunque desde el punto de vista teórico existen múltiples referentes del desarrollo del modelo, una de las conclusiones es que el modelo de cuatro pasos se debe aplicar siempre y cuando exista un conocimiento de las zonas que se van a analizar, ya que esto permite ajustar información que genere el modelo y no esté acorde a las situaciones de transporte de las zonas analizadas. De igual forma la mejor forma de aprender el modelo de transporte es aplicarlo en un escenario real, en el que exista un conocimiento detallado de cada zona, por esta razón la fase de caracterización de la ciudad realizada por los estudiantes fue el eje central de aplicación del modelo.

En la encuesta de recolección de información básica de transporte de Lima (Jica,

2014), se afirma que la demanda de transporte sigue siendo la variable base para tomar decisiones en materia de oferta, nuevos corredores, implementación de nuevos modos; para un modelo es fundamental identificar el origen de la demanda y su relación con los demás elementos del sistema de transporte.

Esta experiencia de enseñanza en ingeniería está orientada a facilitar el aprendizaje y aplicación de los modelos de demanda de transporte en ciudades, tradicionalmente la enseñanza de los modelos de demanda de transporte se limita mucho a la explicación teórica de los diferentes modelos y en contadas excepciones se logra hacer una aplicación del modelo de demanda en contexto real, por carencia de información, por carencia de software que permitan procesar la información, e incluso teniendo software de procesamiento de datos, no se alcanza a interpretar el resultado del modelo y se pierde el objetivo real que es modelar la demanda a partir de las características espaciales.

5 | RESULTADOS

Dentro de los resultados obtenidos los estudiantes aprendieron a identificar la estructura de ordenamiento de la ciudad en comunas, aprendieron sobre la forma como se generan los viajes en cada comuna, considerando características sociales y económicas que inciden en esta fase, así como la determinación de atracción de viajes en cada zona, calculando la forma de asignación modal y distribución, a partir de un modelo construido por los mismos estudiantes.

Resultados de generación y atracción de viajes

Se realizó la identificación y caracterización de comunas de la ciudad de Santa Marta, tomando como base de la generación de viajes, las encuestas de origen-destino disponibles en el distrito.

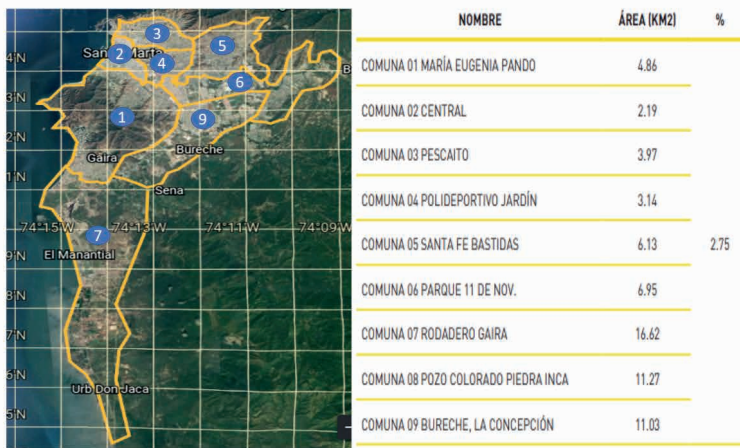


Figura 1. Comunas de la ciudad de Santa Marta

Fuente : Google earth. Plan de desarrollo del Santa Marta 2020

La generación de viajes se determina con las matrices de origen destino disponibles y se consideraron los viajes generados de comuna a comuna.

ESTRATO	ITEM	COMUNA 1	COMUNA 2	COMUNA 3	COMUNA 4	COMUNA 5	COMUNA 6	COMUNA 7	COMUNA 8	COMUNA 9
E1-E2	TOTAL MZ URB	137	0	135	34	73	138	47	43	45
	# PREDIOS	5480	0	5400	1360	2920	5520	1880	1720	1800
	# HOGARES	7124	0	7020	1768	3796	7176	2444	2236	2340
	# PERSONAS	35620		35100	8840	18980	35880	12220	11180	11700
	PERSONAS PRODUCTIV	28496		28080	7072	15180	28704	9776	8944	9360
	NUMERO DE VIAJES GENERADOS DIA	99736	0	98280	24752	53130	100464	34216	31304	32760
E3-E4	TOTAL MZ URB	298	93	185	168	65	35	47	43	401
	# PREDIOS	8940	2790	5550	5040	1950	1050	1410	1290	12030
	# HOGARES	8940	2790	5550	5040	1950	1050	1410	1290	12030
	# PERSONAS	35760	11160	22200	20160	7800	4200	5640	5160	48120
	PERSONAS PRODUCTIV	26820	8370	16650	15120	5850	3150	4230	3870	36090
	NUMERO DE VIAJES GENERADOS DIA	107280	33480	66600	60480	23400	12600	16920	15480	144360
E5-E6	TOTAL MZ URB	23	140	17	134	7	0	68	57	0
	# PREDIOS	575	3500	425	3350	175	0	1700	1425	0
	# HOGARES	575	3500	425	3350	175	0	1700	1425	0
	# PERSONAS	2300	14000	1700	13400	700	0	6800	5700	0
	PERSONAS PRODUCTIV	1725	10500	1275	10050	525	0	5100	4275	0
	NUMERO DE VIAJES GENERADOS DIA	8107.5	49350	5992.5	47235	2467.5	0	23970	20092.5	0
TOTAL VIAJES GENERAD	215123.5	82830	170872.5	132467	78997.5	113064	75106	66876.5	177120	

Tabla 1. Estimación de viajes generados de comuna a comuna en Santa Marta.

Fuente : Cálculos realizados con los estudiantes.

La comuna que más viajes genera es la comuna 1, en la estimación se observan 215123 viajes, el 95% de estos viajes se generan en estratos 1,2,3,4. En total en la ciudad se estiman 1.112.000 viajes diarios, el 85% de los viajes se generan en zonas con estratos socioeconómicos inferiores a 5 y 6.

Resultados de atracción de viajes

El análisis de atracción de viajes se realizó para cada comuna estimando cual fue el comportamiento de acuerdo con la información de origen-destino. Se Estimo que la comuna con más viajes atraídos es la comuna 2, con 150.368 viajes atraídos por día, en la comuna 5 se estiman 150.098 viajes diarios. El modelo aplicado estima que lo viajes son gravitacionales, es decir inician y retornan al punto de origen después de cumplir con su función. En la tabla se observa la estimación de atracción de viajes de cada comuna.

	TOTAL VIAJES GENERADOS	VIAJES HACIA COMUNAS								
		COMUNA 1	COMUNA 2	COMUNA 3	COMUNA 4	COMUNA 5	COMUNA 6	COMUNA 7	COMUNA 8	COMUNA 9
COMUNA	215123.5	0	43024.7	43024.7	21512.35	21512.35	21512.35	21512.35	21512.35	21512.35
COMUNA	82830	8283	0	16566	8283	16566	8283	8283	8283	8283
COMUNA	170872.5	34174.5	17087.25	0	17087.25	17087.25	34174.5	17087.25	17087.25	17087.25
COMUNA	132467	13246.7	13246.7	13246.7	0	26493.4	26493.4	13246.7	13246.7	13246.7
COMUNA	78997.5	7899.75	15799.5	7899.75	7899.75	0	7899.75	7899.75	15799.5	7899.75
COMUNA	113064	11306.4	22612.8	22612.8	11306.4	11306.4	0	11306.4	11306.4	11306.4
COMUNA	75106	7510.6	7510.6	7510.6	7510.6	15021.2	15021.2	0	7510.6	7510.6
COMUNA	66876.5	6687.65	13375.3	6687.65	6687.65	6687.65	6687.65	13375.3	0	6687.65
COMUNA	177120	17712	17712	17712	35424	35424	17712	17712	17712	0
	TOTAL VIAJES ATRAIDOS	106820.6	150368.9	135260.2	115711	150098.3	137783.9	110422.8	112457.8	93533.7

Tabla 2. Atracción de viajes entre comunas de Santa Marta

Resultados en reparto modal de viajes

El reparto modal se realizó considerando los modos disponibles en la ciudad, transporte publico colectivo urbano, taxi, automóvil, motocicleta, bicicleta, peatón. Se realizó análisis por comuna hacia la totalidad de comunas. Identificando en promedio que el 40% de los viajes los realiza el transporte público, 15% se realizan en motocicletas, 10% de viajes se realiza en bicicletas, 5% de viajes se realiza a pie. En la tabla se resume la estimación de reparto modal de viajes

ORIGEN	DESTINO	COMUNA 1							COMUNA 2						
		VIAJES A	TPCU	TPI	AUT	MOTO	BICI	PIE	VIAJES A	TPCU	TPI	AUT	MOTO	BICI	PIE
%		0.4	0.2	0.1	0.15	0.1	0.05		0.4	0.2	0.1	0.15	0.1	0.05	
COMUNA 1								43024.7	17209.9	8604.9	4302.5	6453.7	4302.5	2151.2	
COMUNA 2	8283	3313.2	1656.6	828.3	1242.5	828.3	414.2								
COMUNA 3	34174.5	13669.8	6834.9	3417.5	5126.2	3417.5	1708.7	17087.25	6834.9	3417.5	1708.7	1025.2	1708.7	854.4	
COMUNA 4	13246.7	5298.7	2649.3	1324.7	1987.0	1324.7	662.3	13246.7	5298.7	2649.3	1324.7	1987.0	1324.7	662.3	
COMUNA 5	7899.75	3159.9	1580.0	790.0	1185.0	790.0	395.0	15799.5	6319.8	3159.9	1580.0	2369.9	1580.0	790.0	
COMUNA 6	11306.4	4522.6	2261.3	1130.6	1696.0	1130.6	565.3	22612.8	9045.1	4522.6	2261.3	3391.9	2261.3	1130.6	
COMUNA 7	7510.6	3004.2	1502.1	751.1	1126.6	751.1	375.5	7510.6	3004.2	1502.1	751.1	1126.6	751.1	375.5	
COMUNA 8	6687.65	2675.1	1337.5	668.8	1003.1	668.8	668.7	13375.3	5350.1	2675.1	1337.5	2006.3	1337.5	668.8	
COMUNA 9	17712	7084.8	3542.4	1771.2	2656.8	1771.2	885.6	17712	7084.8	3542.4	1771.2	2656.8	1771.2	885.6	
TOTAL	106821	42728.2	21364.1	10682.1	16023.1	10682.1	11694.3	107344.2	60147.5	30073.8	15036.9	21017.5	15036.9	7518.4	

Tabla 3. Estimación de reparto modal de viajes

Resultados de cargue de viajes en corredores viales

A medida que se fueron estimando la generación y atracción de viajes, estos se cargaron en los corredores de acceso y salida de las diferentes comunas de la ciudad, al realizar la sumatoria de viajes en cada uno de los corredores viales de forma tal que se identifica la carga de viajes diaria por cada corredor, en la tabla se observa la estimación de carga de viajes en corredores viales.

	VIAJES GENERADOS	VIAJES ATRAIDOS	EJE VIAL DE ENTRADA			EJE VIAL DE SALIDA					
			VIA	SENTIDO	% REPARTO	VIAJES CARGADOS	VIA	SENTIDO	%REPARTO	VIAJES CARGADOS	
COMUNA 1	215123.5	106820.6	V1	Troncal del caribe	SN-EW	0.33	70990.755	TRONCAL DE	NS-WE	0.33	35250.798
V2			CALLE 30	NW-E, E-NW	0.33	70990.755	CALLE 30	E-NW;NW-E	0.33	35250.798	
V3			AV FERROCARRIL	S-NW; NW-S	0.33	70990.755	AV FERROCA	S-NW; NW-S	0.33	35250.798	
COMUNA 2	82830	107344.15	V1	AV STA RITA	E-W	0.33	27333.9	AV STA RITA		0.33	
V2			AV BAVARIA	S-N; N-S	0.33	27333.9	AV BAVARIA	N-S; S-N	0.33	35423.57	
V3			AV CAMPO SERRANO	S-N;	0.33	27333.9	AV CAMPO S	S-N	0.33	35423.57	
V4			AV HERNANDO PARDO	S-N	0.33	27333.9	AV HERNAN	S-N	0.33	35423.57	
V5			AV RODRIGO BASTIDAS	N-S	0.33	27333.9	AV RODRIGO	N-S	0.33	35423.57	
COMUNA 3	170872.5	135260.2	V6	AV FERROCARRIL	SE-NW	0.33	27333.9	AV FERROCAN	NW-SE	0.33	35423.57
V1			CALLE 11	W-E;E-W	0.33	56387.925	CALLE 11	E-W;W-E	0.33	44635.866	
V2			VIA ALTERNA AL PUERTO	E-NW;NW-E	0.33	56387.925	VIA ALTERNA	E-NW; NW-E	0.33	44635.866	
V3			KRA 16	S-N;N-S	0.33	56387.925	KRA 16	N-S; S-N	0.33	44635.866	
COMUNA 4	132467	115711	V4	AV CAMPO SERRANO	S-N;N-S	0.33	56387.925	AV CAMPO S	S-N;N-S	0.33	44635.866
V1			AV STA RITA	E-W	0.33	43714.11	AV STA RITA		0.33		
V2			AV ESTUDIANTES	N-S;S-N	0.33	43714.11	AV ESTUDIA	S-N;N-S	0.33	38184.63	
V3			AV LIBERTADOR	E-W;W-E	0.33	43714.11	AV LIBERTAD	W-E; E-W	0.33	38184.63	
COMUNA 5	78997.5	150098.25	V4	AV DEL RIO	E-W;W-E	0.33	43714.11	AV DEL RIO		0.33	
V1			AV DEL RIO	W-E	0.33	26069.175	AV DEL RIO		0.33		
V2			AV LIBERTADOR	NW-SE;SE-NW	0.33	26069.175	AV LIBERTAD	SE-NW;NW-SE	0.33	49532.423	
V3			VIA ALTERNA AL PUERTO	SE-NW;NW-SE	0.33	26069.175	VIA ALTERNA	SE-NW;NW-SE	0.33	49532.423	
V4			CALLE 11	W-SE	0.33	26069.175	CALLE 11	SE-W	0.33	49532.423	
COMUNA 6	113064	137783.85	V5	CALLE 9	WS-NE;NE-WS	0.33	26069.175	CALLE 9	NE-WS;WS-NE	0.33	49532.423
V1			TRONCAL DEL CARIBE	E-W;W-E	0.33	37311.12	TRONCAL DE	E-W;W-E	0.33	45468.671	
COMUNA 7	75106	110422.75	V2	KRA 65	N-S;S-N	0.33	37311.12	KRA 65	N-S; N-S	0.33	45468.671
V1			TRONCAL DEL CARIBE	SE-NW;NW-SE	0.33	24784.98	TRONCAL DE	NW-SE; SE-NW	0.33	36439.508	
COMUNA 8	66876.5	112457.8	V2	KRA 4	N-S;S-N	0.33	24784.98	KRA 4	S-N;N-S	0.33	36439.508
V1			TRONCAL DEL CARIBE	N-S;S-N	0.33	22069.245	TRONCAL DE	N-S;S-N	0.33	37111.074	
COMUNA 9	177120	93533.7	V1	TRONCAL DEL CARIBE	W-E;E-W	0.33	58449.6	TRONCAL DE	W-E;E-W	0.33	30866.121
V2			AV LIBERTADOR	N-S;S-N	0.33	58449.6	AV LIBERTAD	N-S;S-N	0.33	30866.121	

Tabla 4. Carga de viajes en corredores viales

para el caso estudiado la avenida del libertador entre avenida del ferrocarril y avenida del rio fue el que más carga de viajes presentó con 118.583 viajes diarios, vía alterna al puerto con 94.000 viajes diarios, Troncal de Caribe con 113.445 viajes, para cada uno de los corredores viales se estimó la carga de viajes, en la figura se observa el cargue de viajes gráficamente representado en cada corredor vial.

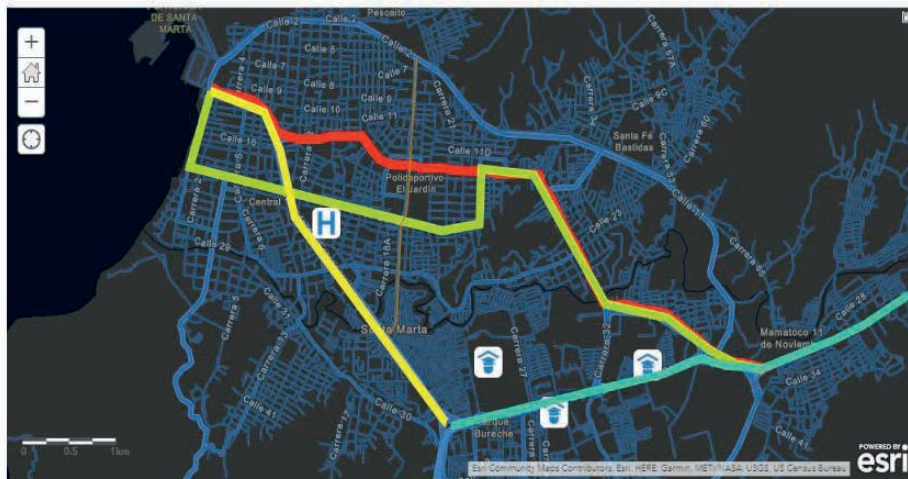


Figura 2 . Cargue de viajes en ejes viales de la ciudad de Santa Marta

Fuente. Arcgis online 2021.

REFERENCIAS

Barreno, E and Cabrera, G. (2008). Metodología de modelamiento de un sistema de transporte urbano. Ingeniería industrial Universidad de Lima, núm. 26, pp.11-44.

Colomer, J. and Ruiz, T. (1999). Los modelos de cuatro etapas: utilidad y limitaciones. Revista de la Asociación española de carreteras, Serial 100, pp 27-8, 30-2, 34-8

Vozzi, L. and Acquaviva, L. (2011). Modelación del Sistema de transporte de Rosario. Mecánica computacional, Vol 30, pp 2891-2903.

Fuentes electrónicas

Jica org. (2014). Encuesta de recolección de información del sistema d etransporte urbano del área metropolitana de Lima. Consultado el 30 de mayo de 2020 en https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12087532_02.pdf

Alcaldía de Santa Marta. (2020). Plan de Desarrollo Distrital 2020-2023. Consultado el 3 de abril de 2021 en <https://www.santamarta.gov.co/plan-de-desarrollo-distrital-2020-2023>

Alcaldía de Santa Marta. (2021, May). Siestema estratégico de transporte. Consultado el 6 de mayo de 2021 en <https://setpsantamarta.gov.co/>

Alcaldía de Santa Marta. (2021). Distrito implementa cambios de movilidad por obras de viabilidad en Avenida del Río. Consultado el 29 de abril de 2021 en <https://www.santamarta.gov.co/tags/secretaria-de-movilidad>