

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO EL MANUAL DE CARRETERAS (HCM) VERSIÓN 2010 Y LA INCIDENCIA DE LA SERVICIABILIDAD (PSI), DE LA CARRETERA NACIONAL PE-3S TRAMO URCOS-SICUANI



Ing. Evelyn Callo Ccorimanya



Ing. Derli Reyg Ttito Quispe

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la problemática del tránsito vehicular en el tramo Urcos – Sicuani (89 km), con el fin de mejorar la transitabilidad de la carretera; para lo cual, se sectorizó el tramo en ocho partes según sus características geométricas y tránsito vehicular. Se aplicaron las metodologías de HIGHWAY CAPACITY MANUAL (Versión 2010), para evaluar la capacidad y nivel de servicio, y el Manual del Usuario MERLINER para evaluar la serviciabilidad. Los resultados de los análisis reflejan distintas realidades de acuerdo a las características geométricas y de tránsito. El caso más relevante es el sector I (Urcos - Desvío Interoceánica) con un nivel de servicio E y una reducción de la capacidad vial debido al terreno ondulado, con pendiente promedio de 6.4%, presentando curvas en menos de 200 metros longitudinales impidiendo las maniobras para adelantamiento, además de la presencia de vehículos de alto tonelaje generándose así pelotones.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es el mayor generador de desarrollo con el que cuenta cualquier país, lo que permite el desplazamiento de las personas en espacio y tiempo. En la carretera nacional PE-3S tramo Urcos-Sicuani, en los últimos años se tuvieron cambios considerables,, como el incremento de la tasa vehicular, esto a causa de diferentes factores como la construcción de la carretera interoceánica, el crecimiento poblacional de los diferentes distritos de la provincia de Canchis y Quispicanchis y las actividades comerciales. Motivo por el que se realizó esta tesis, fundamentándose en una evaluación de la capacidad vial, nivel de servicio y serviciabilidad de la carretera y evaluar si esta vía es capaz de soportar la afluencia vehicular a la que están sometidas cumpliendo los márgenes de seguridad establecidos.

Es así que, en la tesis se aplica el Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 (por sus siglas en inglés, Highway Capacity Manual) que proporciona investigaciones del transporte con un sistema de técnicas para la evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio y el Índice de Rugosidad Internacional el cual determina el índice de serviciabilidad presente en la carretera que comprende de 89 kilómetros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los instrumentos utilizados para la toma de datos en campo y su posterior procesamiento en gabinete, donde se anotaron los datos característicos por sentido (creciente-decreciente) para cada sector, tales como: características geométricas, aforo vehicular, porcentaje de zonas sin pase libre, medición de la velocidad promedio, índice de regularidad de la superficie del pavimento; todos estos formatos sirvieron para lograr los objetivos y resultados de la investigación, mejorando la

posibilidad de análisis de datos y resultados.

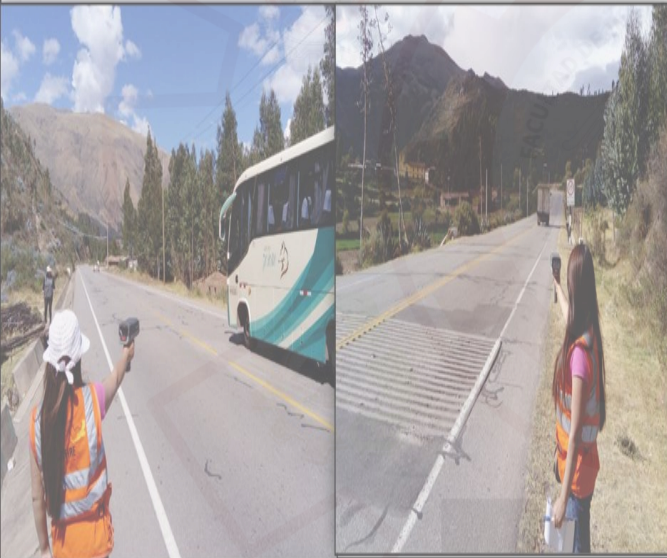
Los respectivos instrumentos metodológicos que se emplearon para el análisis de la capacidad y nivel de servicio fueron del Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (High Capacity Manual 2010) desarrollado por el *Transportation Research Board*; también se utilizaron formatos del Manual de Diseño Geométrico de carreteras 2014 del Ministerio de transportes y comunicaciones del Perú (MTC). Para la determinación del IRI se utilizaron formatos que se presentan en el manual del usuario MERLINER desarrollado para el Perú.



AFORO EN LA CARRETERA



MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN IN SITU



MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CARRETERA



OTROS INSTRUMENTOS:

Chalecos de seguridad.

Conos de seguridad.

Paletas de seguridad de tránsito de "pare" y "siga".

Cartel de aviso de estudios en carretera.

Automóvil.

RESULTADOS

Figura 1: Procedimientos realizados en la carretera para la investigación.

Tabla 1: Resumen de los resultados obtenidos en el tramo Urcos-Sicuani

Tramo	Sentido	Clase	Sector	Longitud (Km)	Capacidad Ideal	Capacidad Real (HCM 2010)	% Reducción de la capacidad	Máximo Volumen horario	Relación Volumen/capacidad	% de zonas sin pase libre	FFS Km/hr	ATS Km/hr	PTSF %	PFFS %	Nivel de Servicio	IRI m/km	PSI	Condición
URCOS SICUANI	Creciente	III	1	3	1700	653	61.59	216	33%	100.00	61.22	14.39	-	23.00	E	2.96	2.92	REGULAR
		III	2	21	1700	889	47.71	220	25%	56.74	56.05	42.92	-	76.57	B	2.72	3.05	BUENA
		I	3	9	1700	825	51.47	112	14%	45.61	82.95	74.61	58.85	-	C	2.67	3.09	BUENA
		III	4	10	1700	858	49.53	212	25%	44.08	57.15	46.19	-	80.80	C	2.42	3.22	BUENA
		III	5	9	1700	1496	12.00	220	15%	15.51	66.71	59.32	-	88.92	B	2.44	3.22	BUENA
		I	6	7	1700	958	43.65	200	21%	61.73	78.57	73.02	60.60	-	C	2.57	3.14	BUENA
		III	7	17	1700	1030	39.41	252	24%	27.29	49.23	37.72	-	76.64	C	3.44	2.72	REGULAR
		III	8	13	1700	1561	8.18	292	19%	6.35	54.36	45.09	-	82.95	C	2.84	2.99	REGULAR
SICUANI URCOS	Decreciente	III	1	3	1700	680	60.00	236	35%	100.00	63.46	16.62	-	26.00	E	2.93	2.95	REGULAR
		III	2	21	1700	903	46.88	216	24%	56.83	55.67	42.60	-	76.52	B	2.32	3.28	BUENA
		I	3	9	1700	819	51.82	108	13%	45.56	83.73	75.48	59.66	-	C	2.59	3.08	BUENA
		III	4	10	1700	858	49.53	208	24%	45.37	55.70	44.66	-	80.20	C	2.63	3.10	BUENA
		III	5	9	1700	1508	11.29	200	13%	17.01	64.95	57.57	-	88.62	B	2.88	2.97	REGULAR
		I	6	7	1700	1006	40.82	220	22%	60.42	78.66	73.23	64.52	-	C	3.10	2.85	REGULAR
		III	7	17	1700	1075	36.76	260	24%	28.76	55.78	44.32	-	79.46	B	3.46	2.72	REGULAR
		III	8	13	1700	1549	8.88	280	18%	6.99	53.30	44.03	-	82.61	C	2.80	3.03	BUENA

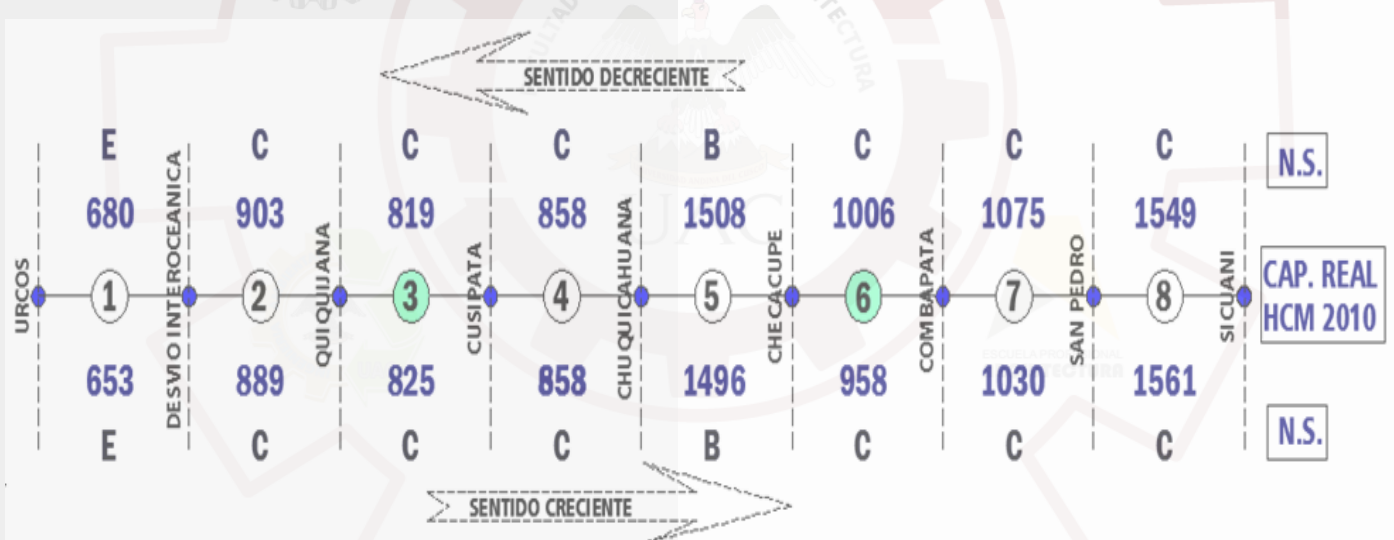


Figura 2: Capacidad Real en cada sector según el HCM 2010.



Figura 3: Volumen vehicular por hora en el tramo Urcos-Sicuani

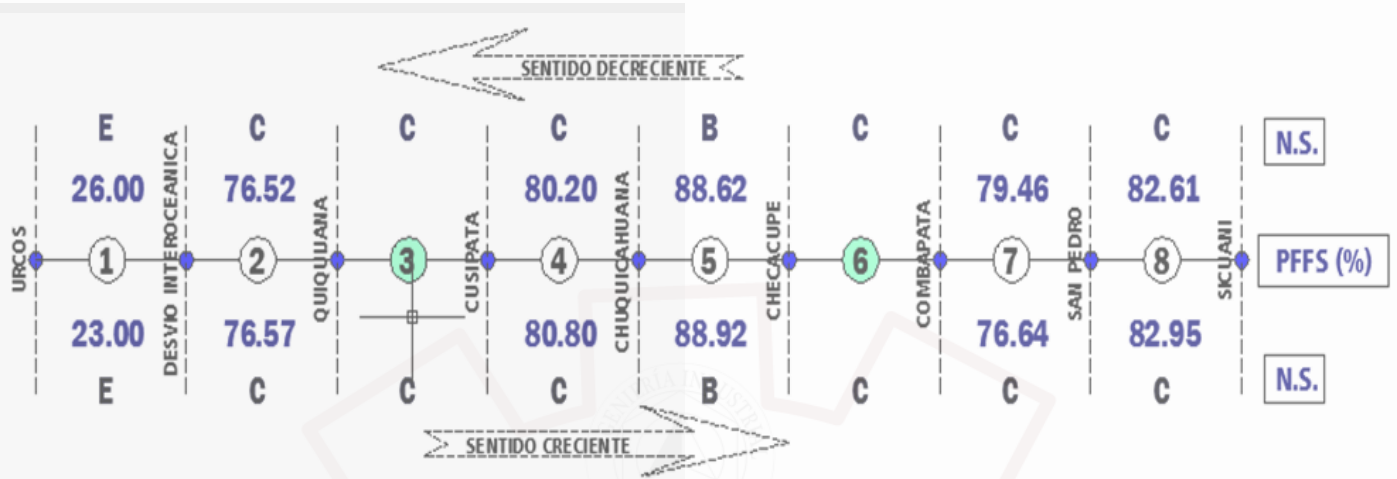


Figura 4: Porcentaje de velocidad a flujo libre.

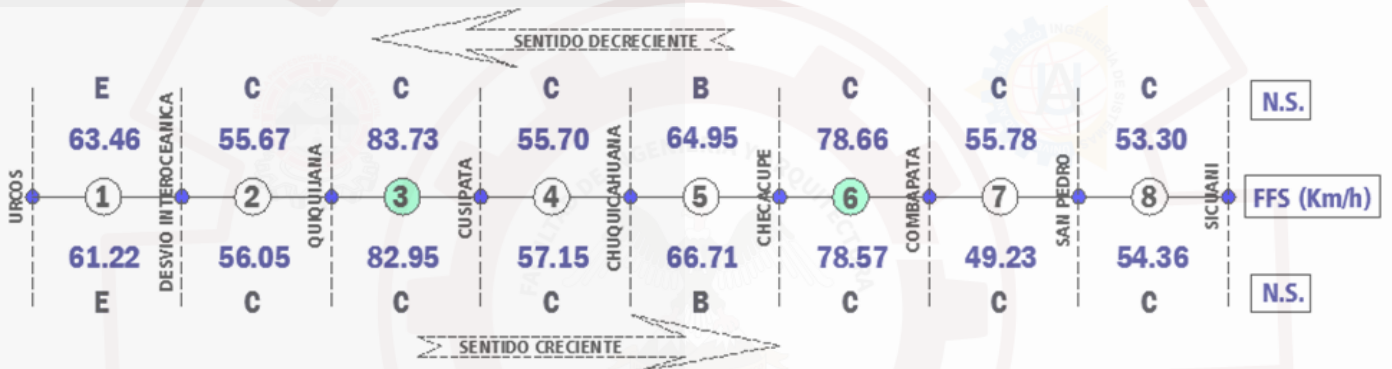


Figura 5: Esquema de las velocidades a flujo libre para cada sector

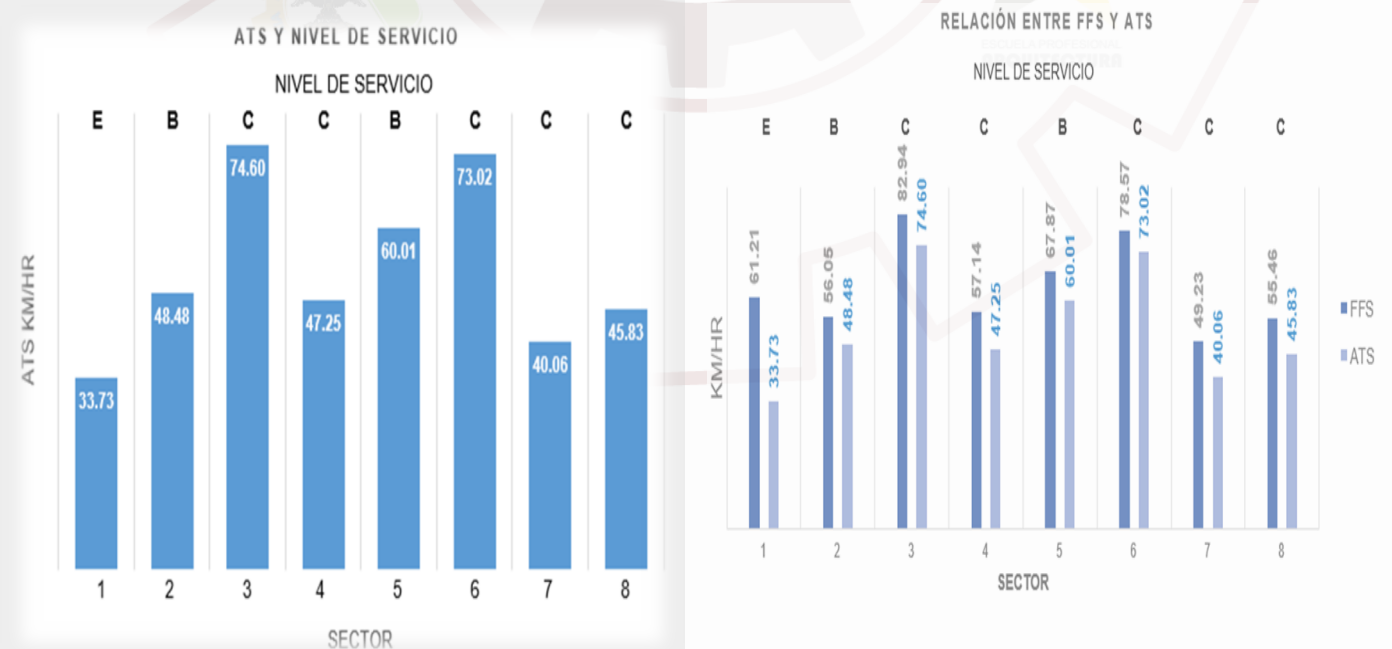
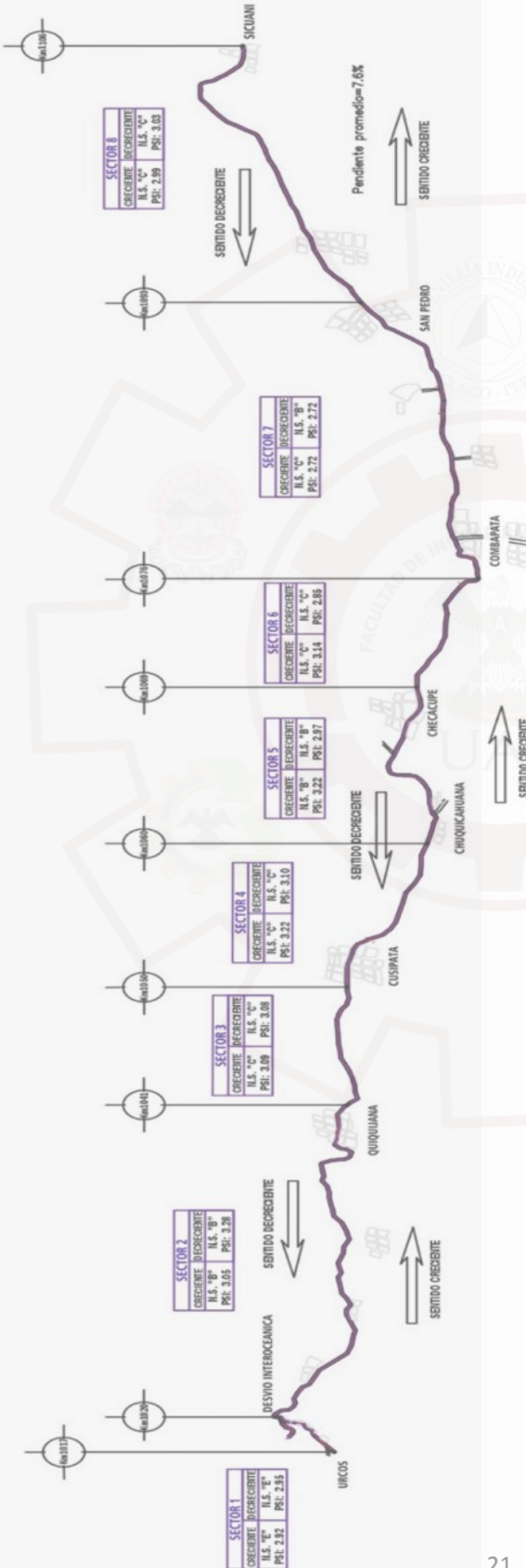


Figura 6: Relación entre ATS y el nivel de servicio para cada sector.

Figura 7: Relación entre FFS y ATS para los sectores del tramo Urcos - Sicuani



Tramo	Sentido	Clase	Sector	Capacidad Ibal	Capacidad Real (HCM 2010)	% Reducción de la capacidad	Máximo Volumen horario	% de vehículos pesados	% de Relación Voluménica apedregada	Relación Volumen pesado	% de zonas sin pesarse	FFS Km/hr	ATS Km/hr	PTSF %	PFFS %	Nivel de Servicio	IRI	PSI	Condición
URCOS - SICUANI	Creciente	II	1	1700	653	61.59	216	67.53	33%	100.00	61.21	14.39	-	23.00	E	2.66	2.92	REGULAR	
			2	1700	889	47.71	220	36.90	25%	59.74	56.05	42.92	-	76.57	B	2.72	3.05	BUENA	
			3	1700	825	51.47	112	36.03	14%	45.61	62.94	47.61	58.85	-	80.80	C	2.67	3.09	BUENA
			4	1700	858	49.53	212	36.60	25%	44.08	57.14	45.19	-	80.80	C	2.42	3.22	BUENA	
	Decreciente	II	5	1700	1495	12.00	220	26.36	15%	15.51	67.67	59.32	-	88.92	B	2.44	3.22	BUENA	
			6	1700	958	43.05	200	25.47	21%	61.73	78.57	73.02	60.60	-	76.54	C	2.57	3.14	BUENA
			7	1700	1030	39.41	252	25.58	24%	27.29	49.23	37.72	-	76.54	C	3.44	2.72	REGULAR	
			8	1700	1551	8.18	292	21.77	15%	6.95	55.46	45.09	-	82.95	C	2.84	2.99	REGULAR	
URCOS - SICUANI	Creciente	II	1	1700	680	60.00	236	66.05	35%	100.00	63.45	16.62	-	25.00	E	2.93	2.95	REGULAR	
			2	1700	903	46.68	216	34.42	24%	56.63	55.67	42.60	-	76.52	B	2.32	3.28	BUENA	
			3	1700	819	51.82	108	40.66	15%	45.66	85.73	75.48	59.66	-	80.20	C	2.69	3.08	BUENA
			4	1700	858	48.53	208	38.89	24%	45.37	55.70	44.96	-	80.20	C	2.63	3.10	BUENA	
	Decreciente	II	5	1700	1508	11.29	200	25.43	13%	17.01	66.02	57.57	88.62	-	79.46	B	2.88	2.97	REGULAR
			6	1700	1006	40.82	220	23.41	22%	60.42	78.66	73.23	64.52	-	79.46	B	3.10	2.85	REGULAR
			7	1700	1075	36.76	260	26.76	24%	28.76	55.78	44.32	-	79.46	B	3.46	2.72	REGULAR	
			8	1700	1549	8.88	280	23.15	18%	6.99	54.49	44.03	-	82.61	C	2.80	3.03	BUENA	

Sector	1	2	3	4	5	6	7	8
Inicio	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km
Fin	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km	10.00 Km
Longitud	3.00 Km	3.00 Km	3.00 Km	3.00 Km	3.00 Km	3.00 Km	3.00 Km	3.00 Km
Alto de Carri	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
Alto de Berma	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Gravim	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
Promedio	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
Tiempo	enlatado	enlatado	enlatado	enlatado	enlatado	enlatado	enlatado	enlatado
Velocidad	216	216	216	216	216	216	216	216
PSI	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

TESIS:
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO SEGUN LA METODOLOGIA DEL HCM (VERSION 2010) Y SU INCIDENCIA CON LA SERVIDAD (PSI) DE LA CARRERA NACIONAL PESO TRAMO URCOS - SICUANI

BACH. EVELY CALLO COORIMANTA
DEPLI REG TITO QUISEP

PLANO: PLANO CLAVE DEL TRAMO URCOS - SICUANI

FECHA: ABRIL 2018 ESCALA: INDICADA PLANO: A1

Sentido creciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 653 veh/hr se redujo en 61.59%, para este sector el nivel de servicio que presenta es E y el PSI es de 2.92 considerado como regular.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 680 veh/hr se redujo en 60%, para este sector el nivel de servicio que presenta es E y el PSI es de 2.95 considerado como regular.

Sector 2

Sentido creciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 889 veh/hr se redujo en 47.71%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 3.05 considerado como buena.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 903 veh/hr se redujo en 46.88%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 3.28 considerado como buena.

Sector 3

Sentido creciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 825 veh/hr se redujo en 51.47%, para este sector el nivel de servicio que presenta es D y el PSI es de 3.09 considerado como buena.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 819 veh/hr se redujo en 51.82%, para este sector el nivel de servicio que

presenta es D y el PSI es de 3.08 considerado como buena.

Sector 4

Sentido creciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 858 veh/hr se redujo en 49.53%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 2.22 considerado como regular.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 858 veh/hr se redujo en 49.53%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 3.10 considerado como buena.

Sector 5

Sentido creciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 1496 veh/hr se redujo en 12.00%, para este sector el nivel de servicio que presenta es B y el PSI es de 3.22 considerado como buena.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 1508 veh/hr se redujo en 11.29%, para este sector el nivel de servicio que presenta es B y el PSI es de 2.97 considerado como regular.

Sector 6

Sentido creciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 958 veh/hr se redujo en 43.65%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 2.72 considerado como regular.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 1006 veh/hr se redujo en 40.82%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 2.85 considerado como regular.

Sector 7**Sentido creciente:**

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 1030 veh/hr se redujo en 39.41%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 2.72 considerado como regular.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 1075 veh/hr se redujo en 36.76%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 2.72 considerado como regular.

Sector 8**Sentido creciente:**

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 1561 veh/hr se redujo en 8.18%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 2.99 considerado como regular.

Sentido decreciente:

La capacidad ideal de 1700 veh/hr frente a la capacidad real que es de 1549 veh/hr se redujo en 8.88%, para este sector el nivel de servicio que presenta es C y el PSI es de 3.03 considerado como buena.

DISCUSIÓN

Si bien el HCM 2010 considera factores de flujo en condiciones ideales dentro de su metodología ¿Se han observado algunos factores influyentes que no considera el HCM 2010?

Se han encontrado dos factores influyentes como limitantes del análisis:

El primero es el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI), el cual evalúa las vías según su estado de deterioro del pavimento y que esta a su vez afecta adversamente a la velocidad media de viaje, seguridad y operación del vehículo.

El segundo es el comportamiento del conductor (factor humano) en nuestra sociedad, donde uno de los grandes problemas es el incumplimiento de las reglas de tránsito, las cuales generan congestionamiento y en ocasiones pelotones o reducción de la velocidad media de viaje, todo esto por maniobras imprudentes y que no están incluidas en la metodología del HCM 2010.

A pesar de que esta metodología (HCM 2010) incluye algunos factores de ajuste para vehículos pesados, factor de ajuste para vehículos recreativos, factor de ajuste de grado; no existe ninguna referencia en cuanto a los paraderos de paso que presentan las vías. ¿Los paraderos generan algún conflicto en cuanto al nivel de servicio?

Si bien es cierto que en la metodología del HCM 2010 existen tres medidas de efectividad para determinar el nivel de servicio, dentro de estas está la Velocidad Media de Viaje (ATS), que es la longitud del segmento de la carretera dividida por el tiempo promedio de viaje tomado por los vehículos para recorrerlo durante un intervalo de tiempo designado,

pero en este punto no se menciona ningún tipo de ajuste para los paraderos que generan conflictos, ya que ocupan parte del carril derecho de la vía y de este modo reduce la velocidad media de viaje, el cual se debería de considerar como un factor de ajuste en esta metodología del HCM 2010.

Porque el HCM 2010 desarrolló diferentes pasos en su metodología según la clasificación de la carretera, por condiciones orográficas y características geométricas de las vías, siendo diferentes cada una de ellas.

¿Por qué cada sector de estudio de la Carretera Nacional PE-3S tramo Urcos-Sicuani posee diferente Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI)?

Cada sector de estudio de la carretera Nacional PE-3S tramo Urcos – Sicuani posee diferente Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI), debido a diferentes factores como: volumen vehicular, velocidad media de viaje (ATS), mantenimiento rutinario o periódico los cuales determinan que cada sector presente una distinta rugosidad en el pavimento.

¿Por qué se realizaron las proyecciones de volúmenes vehiculares futuras en la Carretera Nacional PE-3S tramo Urcos – Sicuani?

Las proyecciones de volúmenes vehiculares que se realizó en el tramo de estudio Urcos – Sicuani, fueron para determinar el futuro comportamiento vehicular y determinar el año en donde la capacidad vial colapsará.

¿La metodología utilizada en esta investigación puede ser aplicada para el estudio de otra vía de la Carretera Nacional en el Perú?

Sí, pese a que el HCM es un manual norteamericano y en el Perú no contamos con un manual específico para el análisis de la capacidad y nivel de servicio, este es utilizado en nuestro país. De la misma forma que, la metodología fue aplicada en esta investigación puede ser utilizada en el análisis comparativo de los diversos tipos de vías que se presentan en el Perú.

REFERENCIAS:

HCM, T. T. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Washington D.C.: National Academy of Sciences.

MTC. (2013). *Manual de carreteras Suelos, Geotecnia, Geología y Pavimentos*. Lima, Peru:

Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MTC. (2014). *Manual de Diseño Geométrico*. Lima, Perú.