



19 de septiembre de 2023
EIC-Lanamme-885-2023

Ing. Jeffry Masís Bonilla
Director Unidad Técnica de Gestión Vial
Municipalidad de Aserrí

Asunto: Oficio MA-UTGV-882-2023 colaboración con la realización de un conteo vehicular en Salitrillos de Aserrí

Estimado señor:

En respuesta al Oficio MA-UTGVM-882-2023, en el que la Municipalidad de Aserrí solicita la colaboración para la realización de conteos vehiculares semanales en la comunidad de Salitrillos; y con fundamento en las disposiciones que determina el inciso j) del artículo 6 de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias, le corresponde al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) garantizar la calidad de la Red Vial Cantonal, en lo que razonablemente sea aplicable, se colabora con la Municipalidad de Aserrí mediante la realización de conteos vehiculares en 3 sitios diferentes del proyecto, a continuación se presentan la descripción del proceso y los resultados obtenidos.

1. Generalidades

El día 11 de agosto miembros de la Unidad de Gestión Municipal (UGM) del LanammeUCR y la ingeniera Hellen Hidalgo de la Municipalidad de Aserrí, hicieron la visita al proyecto en cuestión. De manera conjunta se determinó la ubicación de tres conteos, basados en las necesidades expresadas por Hellen Hidalgo, considerando tres condiciones de tránsito particulares, específicamente en los siguientes sectores:



EIC-Lanamme-885-2023
Página 2

- Un conteo cercano al Estadio “ST Center”: que considerara el tránsito vehicular generado por eventos deportivos desarrollados en dicho estadio.
- Un conteo cercano al Colegio Técnico Profesional: en el que se incluyeran los autobuses de las diferentes rutas de transporte público del sector y el transporte de estudiantes del Colegio.
- Un conteo camino hacia Jericó: para cuantificar el sector que se estima como menos crítico, en cuanto a tránsito vehicular se refiere.

A partir de las consideraciones establecidas por la Municipalidad y considerando especificidades de los diferentes sectores, se determinaron tres ubicaciones que propiciarían el obtener datos representativos para cada conteo. En cada una de las ubicaciones establecidas se colocaron 3 contadores neumáticos de la Marca Metrocount. En la siguiente tabla se incorporan diferentes generalidades de los sitios de conteo, adicionalmente, en las Figuras 1, 2 y 3 se muestran fotografías de los sitios en los que se colocaron los contadores. Los conteos ubicados en “Inicio de Proyecto” y “Camino a Jericó” se realizaron entre el 11 y 18 de agosto, mientras que los datos del conteo “Taller Copín” registraron datos del 18 al 25 de agosto.

Tabla 1
Características generales de los sitios de conteo

Conse- cutivo	Nombre del conteo	Código de camino	Ubicación	Ubicación	
				Latitud	Longitud
1	Inicio del proyecto	1-06-128	50 m noreste del Abastecedor Nuevo Amanecer	9,8665433	-84,080729333
2	Taller Copin	1-06-129	130 m sur de la Delegación Policial de Salitrillos	9,8213633	-84,09074
3	Camino a Jericó	1-06-129	600 m suroeste de Taller Cervical, camino hacia Jericó	9,841872	-84,08191



EIC-Lanamme-885-2023
Página 3



Figura 1: Conteo 1, Inicio de Proyecto.



Figura 2: Conteo 2, Taller Copin.



Figura 3: Conteo 3, Camino a Jericó

1. Resultados obtenidos

Los contadores neumáticos están programados para obtener una clasificación vehicular según lo establecido por la Administración Federal de Carreteras (*Federal Highway Administration, FHWA*) de los Estados Unidos. Esta clasificación establece las siguientes categorías:

- Clase 1: Motocicletas.
- Clase 2: vehículos livianos.
- Clase 3: Busetas y camionetas, comúnmente clasificados como C2+
- Clase 4: Autobuses, comúnmente clasificados como B2.
- Clase 5: Camiones de 2 ejes, comúnmente clasificados como C2.
- Clase 6: Camiones de 3 ejes, comúnmente clasificados como C3.
- Clase 7: Camiones de 4 o más ejes, comúnmente clasificados como C4.





EIC-Lanamme-885-2023
Página 5

- Clase 8: Camión con remolque simple de 3 o 4 ejes, clasificados como T2-S1, T2-S2 o T3-S1, siendo el más común T2-S2.
- Clase 9: Camión con remolque simple de 5 ejes, comúnmente clasificados como T3-S2
- Clase 10: Camión con remolque simple 6 o más ejes, comúnmente clasificados como T3-S3 o T3-S4.
- Clase 11: Camión con remolque múltiple de 5 o menos ejes.
- Clase 12: Camión con remolque múltiple de 6 ejes.
- Clase 13: Camión con remolque múltiple de 7 o más ejes.

Dado que en rutas municipales la cantidad de camiones con 4 o más ejes y aquellos conformados por un tractocamión y semirremolque son pocos, se unifican las categorías desde la clase 7 a la clase 13 en una sola, siendo los vehículos más comunes en carretera los tractocamiones de tres ejes y semi-remolques de dos ejes (T3-S2), por lo que los vehículos cuantificados en esta categoría unificada serán considerados como T3-S2.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del volumen vehicular de 24 horas y su distribución vehicular, para cada día contabilizado. Importante mencionar que los días viernes se completaron considerando dos fechas diferentes, por ejemplo, para el conteo realizado en el “Inicio de Proyecto”, el día viernes se completó con los datos 00:00 a.m. a 10:59 a.m. del 18 de agosto y de las 11:00 a.m. a las 12:00 m.n. del día 11 de agosto.

Tabla 2
Datos de los conteos semanales

Conteo	Fecha	Día de la semana	Volumen 24 horas	Motos	Livianos	C2+	B2	C2	C3	T3-S2
Conteo 1, Inicio de Proyecto	12/8/2023	Sábado	8312	19,1%	76,4%	2,2%	0,6%	0,7%	0,1%	0,9%
	13/8/2023	Domingo	6592	16,5%	79,5%	1,9%	0,6%	0,6%	0,1%	0,8%
	14/8/2023	Lunes	6373	16,4%	79,2%	2,2%	0,7%	0,8%	0,1%	0,7%
	15/8/2023	Martes	8271	21,3%	72,4%	2,4%	0,9%	1,2%	0,2%	1,5%
	16/8/2023	Miércoles	7704	23,1%	70,8%	2,6%	0,8%	1,3%	0,1%	1,2%
	17/8/2023	Jueves	7677	22,4%	71,4%	2,8%	0,8%	1,4%	0,1%	1,2%
	11 y 18/8/2023	Viernes	8283	21,9%	72,1%	2,4%	0,9%	1,3%	0,3%	1,2%
Promedio (m)			7602	20,1%	74,5%	2,4%	0,8%	1,0%	0,1%	1,1%



EIC-Lanamme-885-2023
Página 6

Conteo	Fecha	Día de la semana	Volumen 24 horas	Motos	Livianos	C2+	B2	C2	C3	T3-S2
Conteo 2, Taller Copín	19/8/2023	Sábado	6545	21,6%	73,8%	1,7%	1,1%	0,7%	0,0%	1,1%
	20/8/2023	Domingo	5817	21,4%	74,8%	1,1%	1,0%	0,6%	0,1%	1,0%
	21/8/2023	Lunes	5937	23,5%	69,9%	2,0%	1,5%	1,8%	0,1%	1,2%
	22/8/2023	Martes	5496	22,8%	70,1%	2,2%	1,6%	2,1%	0,1%	1,1%
	23/8/2023	Miércoles	5429	22,3%	70,4%	2,3%	1,6%	2,1%	0,2%	1,1%
	24/8/2023	Jueves	5933	22,7%	69,8%	2,4%	1,4%	2,1%	0,0%	1,4%
	18 y 25/8/2023	Viernes	6316	22,6%	70,5%	2,5%	1,2%	1,6%	0,2%	1,4%
Promedio (m)			5908	22,4%	71,3%	2,0%	1,3%	1,6%	0,1%	1,2%
Conteo 3, Camino a Jericó	12/8/2023	Sábado	1048	39,5%	58,5%	1,4%	0,2%	0,0%	0,1%	0,3%
	13/8/2023	Domingo	798	28,3%	70,6%	0,6%	0,1%	0,0%	0,1%	0,3%
	14/8/2023	Lunes	780	27,6%	70,9%	1,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%
	15/8/2023	Martes	935	42,7%	55,3%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
	16/8/2023	Miércoles	903	44,6%	52,6%	2,5%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%
	17/8/2023	Jueves	875	41,1%	56,1%	1,9%	0,0%	0,2%	0,2%	0,3%
	11 y 18/8/2023	Viernes	1139	39,7%	57,1%	1,8%	0,0%	0,0%	0,5%	1,0%
Promedio (m)			925	37,6%	60,1%	1,6%	0,1%	0,0%	0,2%	0,3%

Cabe recalcar que en la semana en la que se hicieron los conteos “Inicio de Proyecto” y “Camino a Jericó”, el lunes 12 de agosto fue un día feriado, lo que suele generar una variación importante en el comportamiento vehicular diario, haciendo que el día feriado se comporte con la tendencia de los días domingo. Por este motivo, se recomienda que, para determinar el comportamiento vehicular durante los diferentes días de la semana, se utilice como referencia el conteo “Taller Copín”, el cual no tuvo afectación en su comportamiento por días feriados.

2. Referencias para el cálculo de los ejes equivalentes de diseño

El volumen de tránsito y su distribución por tipo de vehículos es fundamental para determinar los ejes equivalentes de diseño de 18.000 lb, comúnmente conocidos como ESALs por sus siglas en inglés, valor fundamental para establecer las cargas de diseño de intervenciones en pavimentos. En la Ecuación 1 se muestra la fórmula para su cálculo, y en la Ecuación 2 la operación para determinar el factor de crecimiento del tránsito (G).



$$ESALs = TPD[\sum \% D_i \cdot FC_i] \cdot FD \cdot G \cdot 365 \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$G = \frac{(1 + r)^Y - 1}{r} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- ESALs: Ejes equivalentes de diseño
- TPD: Tránsito Promedio Diario
- %D_i: Porcentaje de distribución vehicular
- FC_i: Factor camión para cada tipo de vehículo.
- FD : Factor de dirección o sentido, en caminos de dos sentidos suele estar entre 0,5 y 0,55.
- G: Factor de crecimiento anual del tránsito vehicular
- r: Tasa anual de crecimiento del tránsito vehicular
- Y: Periodo de diseño, suele estar entre los 10 y 15 años

En cuanto a los factores camión se refiere, estos suelen cambiar con el tiempo, principalmente ante medidas restrictivas de pesos y dimensiones permitidos en los caminos de un territorio en función del tipo de vehículo, así como cambios generados en la severidad de las sanciones asociadas a su incumplimiento.

Actualmente, los factores camión oficiales en Costa Rica son los establecidos por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). No obstante, en el 2020, en el LanammeUCR publicó factores camión actualizados, basados en el histórico de tránsito vehicular entre el periodo 2007-2017 (Allen et al, 2020, p.17). En el documento mencionado, se incluyen los factores camión para todo el país, basados en porcentajes de confianza, además se hace la recomendación de utilizar factores camión asociados a un 85% de confiabilidad. A continuación, se presentan el conjunto de factores camión calculados en dicha publicación y los valores oficiales del MOPT.



Tabla 3
Factores Camión asociados a diferentes tipos de vehículos y niveles de confianza

Tipo de vehículo	Niveles de confianza					Factores Camión MOPT		
	80%	85%	90%	95%	99%	Mínimo	Máximo	Promedio
Pickup	0,013	0,013	0,014	0,014	0,015	0,010	0,020	0,010
C2	0,36	0,4	0,451	0,527	0,527	0,260	0,630	0,470
BUS C2	2,559	2,734	2,954	3,281	3,893	1,250	2,290	1,710
C2+	0,093	0,107	0,126	0,154	0,205	0,010	0,070	0,026
C3	1,25	1,414	1,621	1,928	2,504	0,990	1,280	1,100
C4	1,123	1,193	1,282	1,413	1,659			
T3-S2	1,92	2,098	2,321	2,652	3,273	1,510	2,380	1,710
T3-S3	2,142	2,23	2,341	2,506	2,815			

Fuente: Allen et al, 2020, p.17

3. Conclusiones y recomendaciones

Es importante mencionar que para determinar cuál de los conteos realizados presenta el valor crítico de diseño para el proyecto en cuestión, es necesario el cálculo de los ESALs de diseño, ya que la determinación de este no depende sólo del volumen (TPD), si no de la distribución de los vehículos y los valores establecidos para las diferentes variables utilizadas en las Ecuaciones 1 y 2 para dicho cálculo. No obstante, para tramos de gran longitud en donde exista una variabilidad en las características particulares del camino, como diferencias del TPD, distribución vehicular o CBR de la subrasante, es usual utilizar la estadística de los datos y hacer las estimaciones utilizando percentiles específicos, por ejemplo, el uso del percentil 80, 85 o 90.

Por otro lado, es fundamental aclarar que para poder valorar si cambios en el volumen vehicular que transita por un camino en particular han provocado cambios importantes en las cargas de diseño (ESALs) previstas para un pavimento en particular, es necesario conocer los valores asignados, en el cálculo inicial de diseño, a las diferentes variables involucradas, esto para mantenerlas y variar únicamente los valores asociados al TPD y porcentaje de distribución vehicular. También, es importante considerar el paso del tiempo en un conteo realizado hace 3 años y otro realizado durante el presente año, ya que hay que considerar el factor de crecimiento del volumen vehicular.



EIC-Lanamme-885-2023
Página 9

Dado que el TPD de los caminos es una variable fundamental para diseños de intervenciones de reconstrucción o rehabilitación gestión de caminos y la gestión de la red vial cantonal, se recomienda actualizar constantemente los volúmenes vehiculares de, al menos, los principales caminos del cantón o aquellos que se pretendan intervenir en un futuro cercano.

Atentamente,



Ing. Erick Acosta Hernández
Coordinador
Unidad de Gestión Municipal

Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, M.Sc.
Coordinadora
Programa de Infraestructura del Transporte

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D.
Director

eah

C.c
Archivo

Adjunto: Cuando proceda