

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO Y OPTIMIZACION DE LA RED VIAL AVENIDA AMERICA SUR
TRAMO PROLONGACION CESAR VALLEJO – AVENIDA RICARDO
PALMA, TRUJILLO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTOR: BACH. PEREDA RONDON, CHRISTOPHER PHILLIP
BACH. MONTOYA SALAS, MARIO ANÍBAL

ASESOR: ING. RODRIGUEZ RAMOS, MAMERTO

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: “ESTUDIO Y OPTIMIZACION DE LA RED VIAL AVENIDA AMERICA SUR, TRAMO PROLONGACION CESAR VALLEJO – AVENIDA RICARDO PALMA, TRUJILLO”.

Atentamente,

Br. Pereda Rondon, Christopher Phillip

Br. Montoya Salaz, Mario Aníbal

Trujillo, 09 de Enero del 2018

RESUMEN

Los ingenieros civiles tenemos como objetivo primordial proporcionar soluciones a problemas existentes de la vida cotidiana, diseñar, crear y concretar proyectos que satisfagan las necesidades de las personas y a la vez garantizar la seguridad de esos proyectos. Por tal motivo surge esta tesis que tiene como objetivo general, realizar un estudio del tráfico vehicular actual, en la avenida América Sur tramo Prolongación César Vallejo – avenida Ricardo palma, Trujillo, La Libertad, con el fin de identificar los problemas concernientes al tráfico vehicular, considerando como uno de los mayores problemas actuales en la ciudad de Trujillo, el crecimiento del parque automotor, que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana. El presente estudio de tráfico vehicular se realizó de acuerdo a los estándares establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras ("Highway Capacity Manual, HCM"). Como parte de la investigación se determinaron los volúmenes de tránsito en las horas críticas, los tiempos de semáforos, los anchos de vía y las capacidades, estos resultados se muestran mediante figuras y tablas donde se confirma el problema que existe en los puntos de estudio.

Además, se realizó estudios de las velocidades, donde se determinó la velocidad de recorrido en las horas punta y con esto el nivel de servicio al que operan las vías en estudio (resultado: nivel C, D y E).

Finalmente se hicieron las conclusiones y recomendaciones con la finalidad que esta investigación sea útil para estudios posteriores de las entidad competente del caso que es el Transporte Metropolitano de Trujillo (T.M.T.)

ABSTRACT

Civil engineers have as primary objective to provide solutions to existing problems of daily life, design, create and specify projects that meet the needs of people and at the same time ensure the safety of these projects. For this reason arises this thesis that has as a general objective, to carry out a study of the current vehicular traffic, in the South America avenue César Vallejo Prolongation - Ricardo Palm Avenue, Trujillo, La Libertad, in order to identify the problems concerning vehicular traffic , considering as one of the biggest current problems in the city of Trujillo, the growth of the automotive fleet, which leads to traffic congestion and the low level of service in which the roads of the urban area operate. The present traffic study was conducted according to the standards established in the Highway Capacity Manual (HCM). As part of the investigation, the traffic volumes were determined during the critical hours, the semaphore times, the track gauges and the capacities, these results are shown by figures and tables where the problem that exists in the study points is confirmed.

In addition, speed studies were conducted, where the speed of travel at peak times was determined and with this the level of service to which the roads under study operate (result: level C, D and E).

Finally the conclusions and recommendations were made with the purpose that this investigation is useful for later studies of the competent entity of the case that is the Metropolitan Transport of Trujillo (T.M.T.)

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	10
1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. ALCANCE.....	13
1.3. JUSTIFICACION.....	14
1.4. LIMITACIONES.....	14
1.5. OBJETIVOS.....	15
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
2. MARCO TEORICO.....	15
2.1. ANTECEDENTES.....	15
2.2. BASES TEORICAS.....	19
2.3. DEFINICION TERMINOS BASICOS.....	80
3. HIPOTESIS.....	84
3.1. FORMULACIÓN DE HIPOTESIS.....	84
3.2. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	85
3.2.1. VARIABLE DEPENDIENTE:	85
3.2.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:	85
4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	86
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	86
4.2. UNIDAD DE ESTUDIO.....	86
4.3. POBLACION Y MUESTRA.....	87
4.3.1. POBLACIÓN.....	87
4.3.2. MUESTRA.....	87
4.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	88
4.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO.....	88

4.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	89
4.7. PRESUPUESTO.....	90
II. RESULTADOS.....	91
1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	92
2. ALCANCE DEL PROYECTO.....	93
3. METODOLOGIA DEL TRABAJO.....	93
4. CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR.....	96
4.1. OBJETIVO Y FINALIDAD.....	100
4.2. RELACIÓN DE INTERSECCIONES DE ESTUDIO Y CONTEO.....	100
4.3. CÁLCULO DE TRÁNSITO PROMEDIO.....	100
4.4. CÁLCULO DE VOLUMEN DE HORA PICO.....	100
4.5. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.....	104
4.5.1. NIVEL DE SERVICIO.....	105
5. RESULTADOS DE VIAS ESTUDIADAS.....	105
6. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE SEMÁFORO.....	105
III. CONCLUSIONES.....	131
IV. RECOMENDACIONES.....	134
V ANEXOS.....	135
VI PLANOS.....	143
VII. BIBLIOGRAFIA.....	149

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento socioeconómico de un país depende directamente de su desarrollo en infraestructura y del desarrollo de capacidades humanas e investigación. Basándonos en esas premisas podemos notar claramente que nuestro país aún está muy por detrás de países del primer mundo, debido a la falta de gestión intelectual y el limitado desarrollo urbanístico. Esto repercute en problemas nacionales como el incremento de la masa vehicular año tras año, crecimiento para el cual no estamos preparados por la gestión deficiente de nuestros gobernantes; que a su vez genera otros problemas palpables como es el caso de esta investigación basada netamente en el aliviamiento de la congestión vehicular, la seguridad y el confort de los usuarios de las vías que son tanto vehículos como peatones.

Para realizar el siguiente estudio nos apoyamos en las entidades competentes del caso que son la Municipalidad Provincial de Trujillo y el Transporte Metropolitano de Trujillo, debido a que previamente se solicitó información para concretar este estudio, solicitud la cual fue invalidada desde el momento en que se nos informó que no se contaba con información actualizada desde el 2004 hasta la actualidad. Esto generó en nosotros un interés aún mayor por desarrollar esta temática, ya que es de suma importancia tener datos actualizados sobre nuestros acontecimientos diarios y eso es lo que perseguimos mediante este trabajo.

Asimismo se hicieron las averiguaciones respectivas sobre lo que contempla el Plan de desarrollo vial metropolitano de Trujillo 2012 – 2022, y se encontró que a pesar de seguir en el periodo de ejecución de este plan se han dejado muchos puntos sin resolver y no se

ha ejecutado por completo el proyecto planificado, motivo por el cual nosotros los ciudadanos sufrimos de percances diariamente y molestias a la hora de trasladarnos de un lugar a otro.

Existe una sola cosa que la vida no puede devolver y es el tiempo, y en la medida que nosotros podamos lograr ahorrar o ganar este tiempo para nuestra sociedad, estaremos haciendo la mayor contribución para nuestros semejantes.

1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

“La ingeniería de tránsito, es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación de tránsito por las calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros medios de transporte” (Rafael Cal y Mayor Reyes, 2004 p. 29); en este sentido es indispensable que la ingeniería de tránsito realice y analice diferentes métodos, para planificar la viabilidad en un país, en una municipalidad o en una pequeña área y así poder adaptar las necesidades del camino a las necesidades del tránsito.

Para el desarrollo de una investigación designada al estudio vehicular se emplean métodos directos de recolección de datos, dentro del cual el más importante es el conteo vehicular; de tal manera que “se investigan la velocidad, el volumen y la densidad, el origen y el destino del movimiento, la capacidad de las calles, el funcionamiento de pasos a desnivel, etc. Así poniendo en evidencia la capacidad y limitación de los usuarios de tránsito” (Ingeniería de Carreteras Wright Dixon, 2011, p. 400).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se puede decir que es reconocido que el tránsito es uno de los factores más importantes en el crecimiento de un centro urbano, una región, etc. Y es por esto que el punto de vista de un profesional cualificado debe ser considerado en toda programación urbanística y en toda planificación de política económica.

Dentro de la zona de estudios una de las problemáticas existentes es el crecimiento poblacional y el aumento del parque automotor, que se viene dando en los últimos años. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “el crecimiento económico conlleva a un crecimiento en la adquisición de vehículos en la región La Libertad, convirtiéndose así en la segunda región con el mayor parque automotor. Es así que la región cerro el año 2016 con más de 360 000 vehículos y con un pronóstico de crecimiento anual del 6%, equivalente a 16 000 unidades”.

El área de estudios del proyecto de tesis se ubica en el distrito de Trujillo, en la provincia de Trujillo – La libertad y abarca la extensión de la Avenida América Sur, es la avenida más transitada de la provincia, entre las intersecciones con la Avenida Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma. Según la entidad reguladora de transporte en la ciudad de Trujillo el T.M.T. (Transporte Metropolitano de Trujillo), “los estudios básicos de tráfico vehicular en la ciudad de Trujillo están desactualizados o inexistentes”, y teniendo en cuenta que la Avenida América Sur es la más transitada de Trujillo, se optó por el proyecto “Estudio y Optimización de la Red Vial Avenida América Sur, Tramo Avenida Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo”; basándose así en la necesidad de una ciudad con cada vez mayor problema vehicular.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida el estudio de tráfico, optimizará la red vial Av. América Sur el tramo Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo?

1.2. ALCANCE

El presente estudio permitirá conocer los problemas del tráfico vehicular en las intersecciones de mayor importancia entre la Prolongación César Vallejo y la avenida Ricardo Palma, mediante un estudio de tráfico en el cuál se harán cálculos y mediciones estratégicas, para luego hacer una propuesta de optimización al Transporte Metropolitano de Trujillo y de esta manera contribuir a la actualización del Plan de Desarrollo Vial de Trujillo.

1.3. JUSTIFICACION

La realización del presente estudio es de gran importancia, porque se obtendrá información relevante al tráfico vehicular de una de las principales avenidas de la ciudad de Trujillo. Actualmente la ciudad de Trujillo, al estar en un crecimiento constante se ha incrementado el parque automotor y la falta de una correcta planificación del tráfico vehicular ha desatado un malestar en la ciudadanía al transitar en las horas de mayor circulación vehicular. Por lo anterior mencionado se obtendrán datos fidedignos que permitirán el estudio y la posterior optimización de la problemática actual.

Académicamente el presente proyecto, nos permitirá aplicar los conocimientos obtenidos durante el transcurso de la etapa universitaria y por consecuencia el complementar los conocimientos en la ingeniería de tránsito, otorgando así la experiencia para posteriores proyectos reduciendo el déficit de nuestra sociedad.

Adicionalmente, este trabajo se está realizando en coordinación y con autorización previa de la entidad reguladora de tránsito, Transporte Metropolitano de Trujillo.

1.4. LIMITACIONES

La presente investigación se sitúa en el estudio de tráfico vehicular en la avenida Av. América Sur, tramo Av. César Vallejo y Av. Ricardo Palma, en el cual hemos seleccionado 5 puntos de mayor importancia al ser las intersecciones principales con avenidas y los puntos de mayor afluencia vehicular, pero se requiere de gran cantidad de personal para el conteo vehicular que tiene un elevado costo.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio y optimización de la red vial Avenida América Sur, tramo Avenida César Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar zonas críticas.
- Identificar las horas de mayor congestión vehicular.
- Determinar de parámetros de tráfico vehicular: volúmenes de tránsito, velocidades, densidad y tasas de flujo.
- Determinar problemática existente: diagnóstico de la infraestructura vial, tiempos de semáforo, señaléticas horizontales y verticales.
- Proponer soluciones a la congestión vehicular.

2. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

“Estudio del tráfico vehicular en la avenida César Vallejo, tramo avenida Eguren con avenida Fátima”

Autores: Br. Sotero González Pablo Junior

Br. Zapata Florian Nilton José

Fuente: Universidad Privada Antenor Orrego

País: Trujillo **Año:** 2017

- Uno de los objetivos fundamentales de los ingenieros, es el de planear, diseñar y operar los sistemas viales, de tal manera que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. Motivo por el cual

surge la idea de realizar esta tesis que tiene como objetivo general, realizar un estudio del tráfico vehicular actual, en intersección avenida María Eguren con avenida Los Incas hasta avenida prolongación Cesar Vallejo con avenida prolongación Fátima, Trujillo, La Libertad, a fin de identificar los problemas concernientes al tráfico vehicular, considerando como problema actual en la ciudad, el crecimiento del parque automotor, que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana. El estudio de tráfico vehicular se llevó a cabo de acuerdo a lo establecido en el Manual de Capacidad de Carreteras ("Highway Capacity Manual, HCM"). Como parte de la investigación se realizó el aforo del tránsito vehicular, para determinar; las horas críticas y los volúmenes de tránsito, estos resultados se muestran mediante figuras y tablas donde se confirma el problema que existe en los puntos de estudio.

Por otro lado, se realizó estudios de las velocidades, donde se determinó la velocidad de recorrido en las horas punta y con esto el nivel de servicio al que operan las vías en estudio (resultado: nivel C, D y E). Finalmente se hacen las conclusiones y recomendaciones y se espera que esta investigación sea útil para estudios posteriores de las entidades competentes.

“Texto del alumno ingeniería de tráfico”

Autores: Egr. Ronal Cesar Gómez Johnson

Fuente: Universidad Mayor de San Simón

País: Bolivia **Año:** 2004

- En este trabajo de graduación hablan sobre considerar ahora el trazo de nuestras ciudades; no porque hagamos de hecho una diferenciación entre camino y calle, ya que sabemos que uno es continuación de otro, sino por sus problemas especiales. Nuestra actual conformación urbana corresponde al de una ciudad antigua crecida; a un patrón cuadrícula rectangular, multiplicada. Y ese trazo es el que data de cientos años antes de la Era Cristiana, cuando solo había vehículos tirados por animales y cabalgaduras. Insistimos en cometer el error de conservar calles angostas, trazo rectangular, trazo para cabalgaduras, no de “Era motorizada”. Casi todo intento de reforma urbanística ha sido aplastado por intereses creados y ceguera de particulares y autoridades. Pero además de eso, cuando hemos creado nuevas ciudades o nuevas secciones urbanas, especialmente en el Nuevo Mundo, no hemos dudado mucho para proyectarlas sobre la misma base de la cuadrícula rectangular. En cualquiera de las ciudades del mundo, el vehículo moderno es anacrónico, no cabe, está “fuera de escala”.

“Solución vial de la av. primavera comprendida entre las avenidas la encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Lima-Surco”

Autores: Núñez Castillo, Christian Gonzalo y Villanueva Troncoso, César

Fuente: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

País: Perú **Año:** 2014

- La tesis mencionada analiza las condiciones de tráfico actual y futuro en la Av. Primavera, comprendida entre las avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo. Tomando como base los flujos vehiculares que ingresan por la intersección de la avenida La Encalada y Primavera, entrando el análisis en las intersecciones de la Av. Primavera con las avenidas Central/Aldebarán y José Nicolás Rodrigo. Se tomaron datos para calcular la capacidad de la infraestructura vial actualmente instalada, tales como control de tráfico, dispositivos viales dentro de la zona de estudio y geometría de la zona, así como los flujos vehiculares que ingresan la Av. Primavera por las avenidas mencionadas. Esta tesis se basa primordialmente en la metodología Highway Capacity Manual (HCM). Es así que con los datos obtenidos se determina la demanda vehicular que incide en la zona de estudio y luego se realiza el análisis de resultados obtenidos de la modelación en el Software Synchro tanto para la situación actual y 4 escenarios que buscan solucionar los problemas de demoras, saturación y niveles de servicio tanto por intersección y acceso, proyectando el flujo vehicular a 5 años, periodo valido de proyección para un proyecto Vial Urbano, basándose en el crecimiento vehicular del Distrito donde se encuentra la zona de estudio, el Distrito de Santiago de Surco.

“Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo”

Autores: López Esquivel Diana Elizabeth

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo

País: Perú, Trujillo **Año:** 2014

- La presente tesis tiene como finalidad el desarrollo de un sistema de semaforización para el monitoreo y control del tránsito vehicular basado en semáforos inteligentes para la Ciudad de Trujillo, la cual tiene como objetivo gestionar la circulación vial en las principales calles y avenidas de la ciudad, supervisar la fluidez vehicular y el cambio de luces en los semáforos. A través de diversas técnicas de recolección de información e instrumentos de análisis como: observación directa, entrevista, encuesta, cuestionario, análisis situacional y documental, se pudo determinar los síntomas y causas de la problemática en el proceso gestión vial de la Ciudad de Trujillo. En el proyecto se detalla el diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente desarrollado en Python 5.7, y se utilizó el manejador de base de datos MySQL, además se sugerirá la tecnología KIT de semáforos con tecnología leds, sensores de movimiento, controlador de tránsito cables de registro de información, cámaras detectoras de presencia vehicular cuya función es detectar los vehículos que esperan o se aproximan a una intersección. Abordaremos conceptos básicos de tráfico vehicular, así como la problemática que produce en la sociedad, escogeremos las intersecciones más resaltantes de la ciudad como modelo para el desarrollo del prototipo, se realizó un estudio del flujo vehicular, se tabularon los datos obtenidos llegando a la conclusión que deben reasignarse los tiempos para cada

sentido de circulación en cual proponen un nuevo modelo de control del flujo vehicular basado en el uso de semáforos inteligentes.

2.2. BASES TEORICAS

INGENIERÍA DE CARRETERAS

Autores: Carlos Kraemer, José María Pardillo, Sandro Rocci, Manuel G. Romana, Víctor Sánchez Blanco y Miguel Ángel del Val

Fuente: www.udocz.com

País: Perú. **Año:** 2004

Según (Carlos Kraemer, 2004), la aplicación de los dispositivos de control de tránsito debe responder a la necesidad de información del conductor. Este tema incluye conceptos cruciales, como las expectativas del conductor. En la década de 1970, Alexander y Lunenfeld organizaron estos conceptos en un cuerpo formal de conocimiento llamado Positive Guidance in Traffic Control. Los principios de este documento ayudan con la aplicación de los dispositivos de control de tránsito necesario para advertir de un peligro de una manera tal que se confronte al conductor con una sola decisión simple a la vez. La guía positiva ayuda al ingeniero a considerar el camino desde el punto de vista del conductor, una habilidad absolutamente esencial.

Tipos de Vehículos

Para que la circulación sea segura, económica y cómoda para conductores y pasajeros al proyectas las carreteras es necesario tener en cuenta las características de los vehículos. Estas características pueden ser muy diferentes de unos vehículos a otros ya que actualmente circulan tipos muy variados. Para simplificar su estudio es conveniente agruparlos en varias categorías constituidas por vehículos de características parecidas.

Los criterios de clasificación pueden variar según la finalidad perseguida. Así, es posible diferenciarlos según el sistema de propulsión, la finalidad del transporte realizado, su tamaño, peso y movilidad, etc. En España, para la realización de los aforos y estudios de tráfico, se utiliza la siguiente clasificación:

- a) Carros
- b) Bicicletas
- c) Vehículos de tracción mecánica
 - Vehículos de dos ruedas
 - Ciclomotores
 - Motocicletas
 - Vehículos ligeros
 - Coches
 - Camionetas
 - Tractores
 - Vehículos pesados
 - Camiones sin remolque
 - Camiones articulados o con remolque
 - Autocares



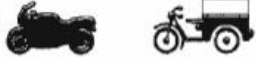






Tipo	Clases		Componentes	Definición
	Carros	A		Vehículos de tracción animal
	Ciclos	B		(1) Bicicletas (2) Ciclomotores de 2, 3 o 4 ruedas (cilindrada inferior a 50 cm ³ y velocidad máxima inferior a 45 km/h)
I Motos	Motos	1		Motocicletas con o sin transportín, scooters, motonetas, motocarros y otros triciclos a motor
II Vehículos ligeros	Coches	2		Automóviles de turismo y microbuses destinados al transporte de personas (hasta 9 plazas)
	Camionetas (4 ruedas)	3		Vehículos destinados al transporte de mercancías, dotados sólo de cuatro ruedas, es decir, furgonetas y camionetas (C. máx. ≤ 1 t), camiones ligeros (1 t < C. máx. ≤ 2 t) y tractores industriales sin remolque
	Tractores agrícolas	4		Tractores agrícolas de ruedas, con o sin remolque
III Vehículos pesados	Camiones sin remolque	5		Camiones rígidos (carga máxima > 2 t) dedicados al transporte de mercancías, de más de 4 ruedas y sin remolque
	Camiones con remolque y trenes de carretera	6		Camiones rígidos con uno o varios remolques, camiones articulados y trenes de carretera
	Autocares	7		Vehículos dedicados al transporte de personas con más de 9 plazas

Fig. 1 Clasificación Vehicular

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Los vehículos más numerosos son los coches, destinados al transporte de viajeros (normalmente con capacidad para cuatro o cinco pasajeros). Suelen ser los que definen el trazado de las carreteras por su mayor velocidad. Les siguen en importancia los vehículos destinados al transporte de mercancías, entre los que hay tipos muy diferentes: desde las pequeñas furgonetas semejantes a los coches, que realizan transportes a corta distancia en zonas urbanas o suburbanas, hasta los grandes camiones que se emplean en los transportes a larga distancia. Entre éstos pueden distinguirse los camiones rígidos con 2, 3 o 4 ejes; los vehículos articulados formados por un vehículo tractor y un semirremolque (que precisa apoyarse sobre el tractor al carecer de eje delantero), y los trenes carretera formados por un camión rígido que arrastra uno o dos remolques. Estos grandes vehículos tienen mucha importancia al considerar los esfuerzos a los que están sometidos los firmes

y las obras de fábrica. Los autobuses y autocares destinados al transporte de viajeros tienen dimensiones similares a las de los grandes camiones, pero su peso total suele ser menor y pueden viajar a mayores velocidades.

Dimensiones máximas autorizadas de los vehículos en la Unión Europea

<i>Longitud máxima</i>	<i>m</i>
Vehículos rígidos	12
Camión articulado	16,5
Autobús articulado	18
Tren de carretera	18,35
<i>Anchura máxima</i>	
Vehículo normal	2,5
Vehículo frigorífico	2,6
<i>Altura máxima</i>	
Todos los vehículos	4.0
<i>Radios mínimos de giro</i>	
Radio exterior	13,5
Radio interior	5,3

Fig. 2 Dimensiones Máximas Autorizadas de los Vehículos en la Unión Europea
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

La carga máxima en un eje tándem es normalmente menos que el doble de la carga admitida en un eje simple. Las cargas máximas son iguales para ejes con rueda doble o sencilla, pero los fabricantes de vehículos los proyectan de modo que los ejes con rueda sencilla no carguen más de 6 o 7 toneladas. Algunos camiones circulan con cargas superiores a las máximas legales. Estos excesos de carga acortan notablemente la vida de los firmes y es necesaria una labor de vigilancia que los evite.

	<i>Cargas (t)</i>	
	Vehículos a motor	Remolques y semirremolques
<i>Cargas por eje</i>		
Eje simple		
Eje motor	11,5	
Eje no motor	10	10
Eje tándem (separación entre ejes d)		
$d \leq 1$ m	11,5	11
$1 < d \leq 1,3$ m	16	16
$1,3 < d \leq 1,8$ m	19	18
Eje trídem (separación entre ejes d)		
$d \leq 1,3$ m		21
$1,3 < d \leq 1,4$ m		24
<i>Peso total</i>		
Vehículo rígido de 2 ejes	18	18
Vehículo rígido de 3 ejes	26	24
Vehículo rígido de 4 ejes	32	
Autobús articulado de 3 ejes	28	
Vehículo articulado de 4 ejes	38	
Vehículo articulado de 5 o más ejes, normal	40	
Vehículo articulado de 5 o más ejes para transporte de contenedores	44	
Trenes de carretera de 4 ejes	36	
Trenes de carretera de 5 o más ejes	40	

Fig. 3 Pesos y cargas máximas de los vehículos en la Unión Europea
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Vehículos Tipo

Dada la gran diversidad de características de los vehículos, para el proyecto de una carretera o de sus elementos auxiliares es necesario elegir unos vehículos tipo, a los que se considera representativos del conjunto de usuarios de la vía. Se eligen estos vehículos de modo que si los elementos de la vía son adecuados para ello, lo sean también para la inmensa mayoría de los de su clase. Sus dimensiones, radios de giro, etc., son superadas

únicamente por una pequeña proporción de vehículos de su grupo. Habitualmente, suelen elegirse como vehículos tipo un coche de tamaño grande, un camión rígido o un autobús y un vehículo articulado.

Normalmente los vehículos más grandes exigen mayor espacio y encarecen la construcción de las carreteras. En las zonas residenciales será suficiente utilizar el coche tipo, ya que el número de camiones que utilicen las calles será reducido. En carreteras será necesario considerar los camiones. En carreteras locales será suficiente tener en cuenta el vehículo comercial rígido, ya que los grandes vehículos articulados utilizan poco estos caminos. Por el contrario, en los itinerarios principales y en autopistas será preciso tener en cuenta los vehículos articulados de mayores dimensiones. En algunas situaciones, tener en cuenta únicamente los vehículos tipo puede representar un dimensionamiento excesivo, que luego no se aprovecha completamente. Un ejemplo típico son las áreas de estacionamiento, donde si se dimensionan todas las celdas para los vehículos mayores, quedará una gran cantidad de espacio desaprovechado. En casos como éstos interesará estudiar detalladamente la distribución de las características de los vehículos que utilizarán las instalaciones, para dimensionarlas de forma eficiente.

Trayectoria de un vehículo ligero tipo:

VEHÍCULO TIPO D (AASHTO 2001)

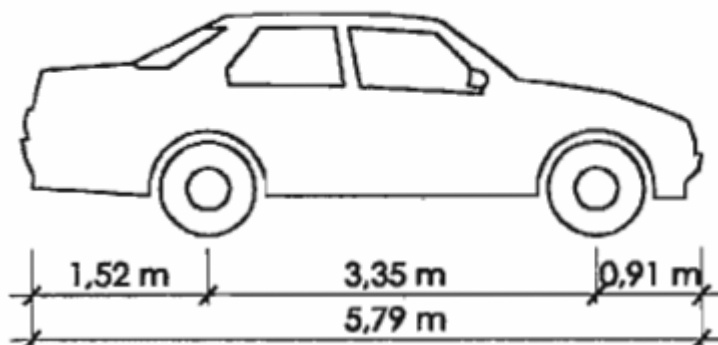


Fig. 4 Vehículo Ligero Tipo D

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

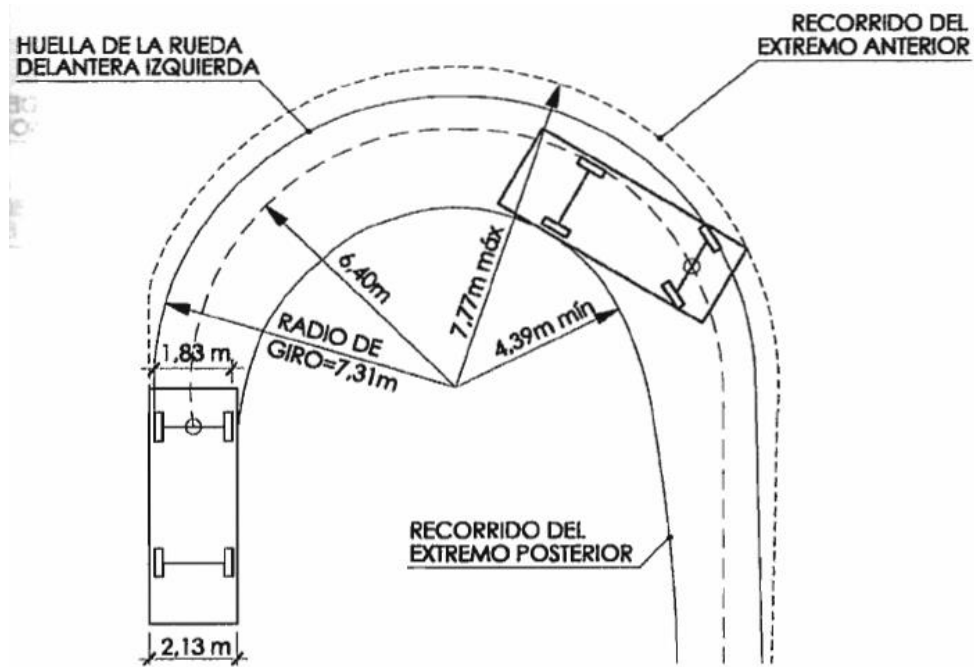


Fig. 5 Trayectoria de Vehículo Ligero Tipo D
 Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Trayectoria de un camión rígido tipo:

**VEHÍCULO TIPO SU
 (AASHTO 2001)**

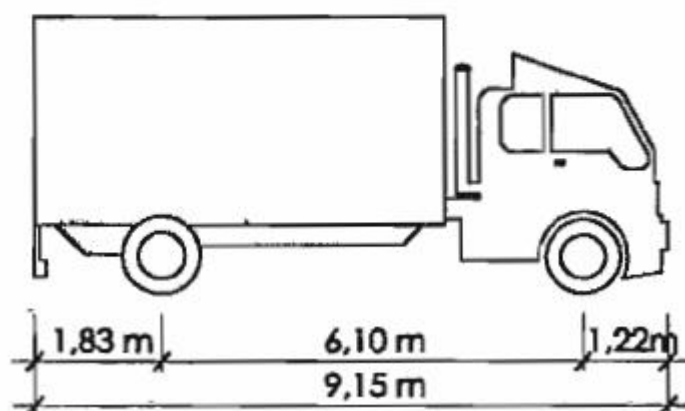


Fig. 6 Vehículo Tipo SU
 Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

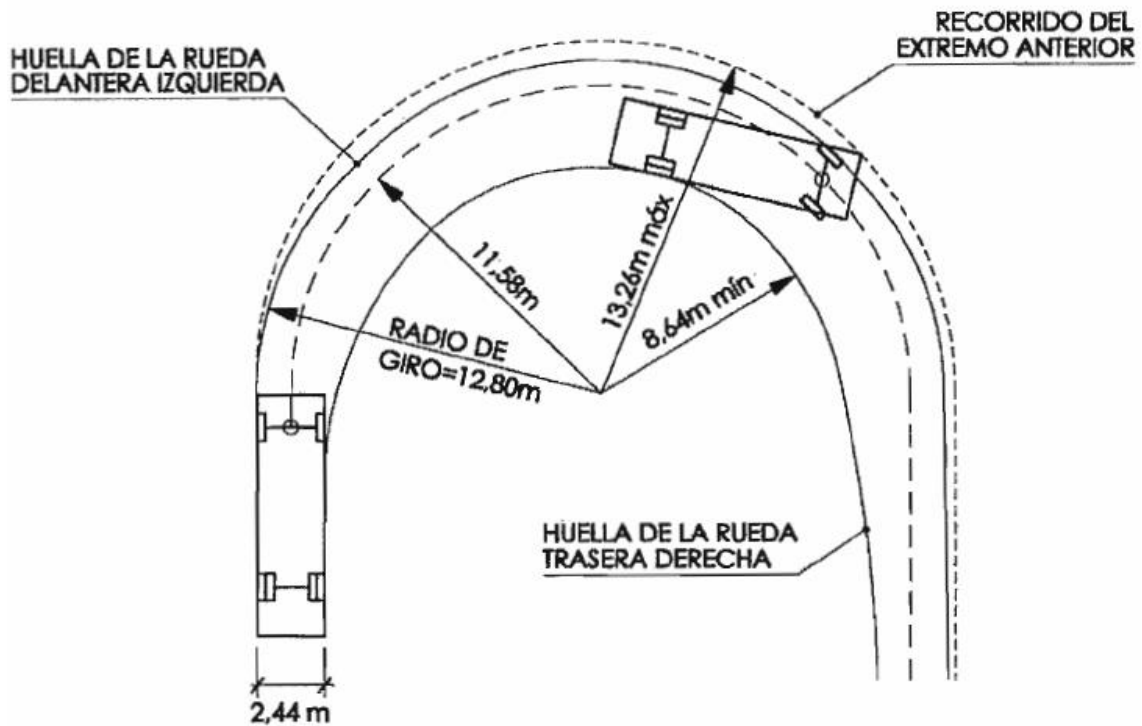


Fig. 7 Trayectoria de Vehículo Tipo SU
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Trayectoria de un camión articulado tipo:

VEHÍCULO TIPO WB-19 (AASHTO 2001)

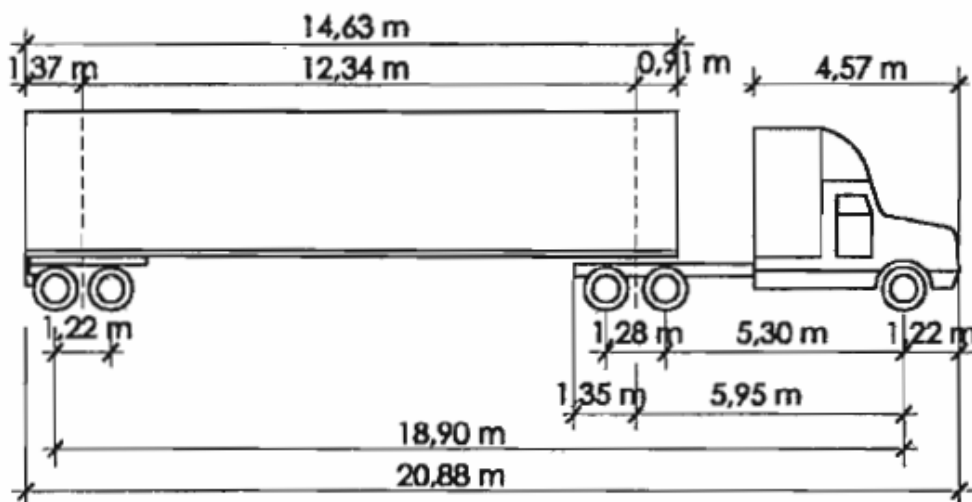


Fig. 8 Vehículo Tipo WB-19
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

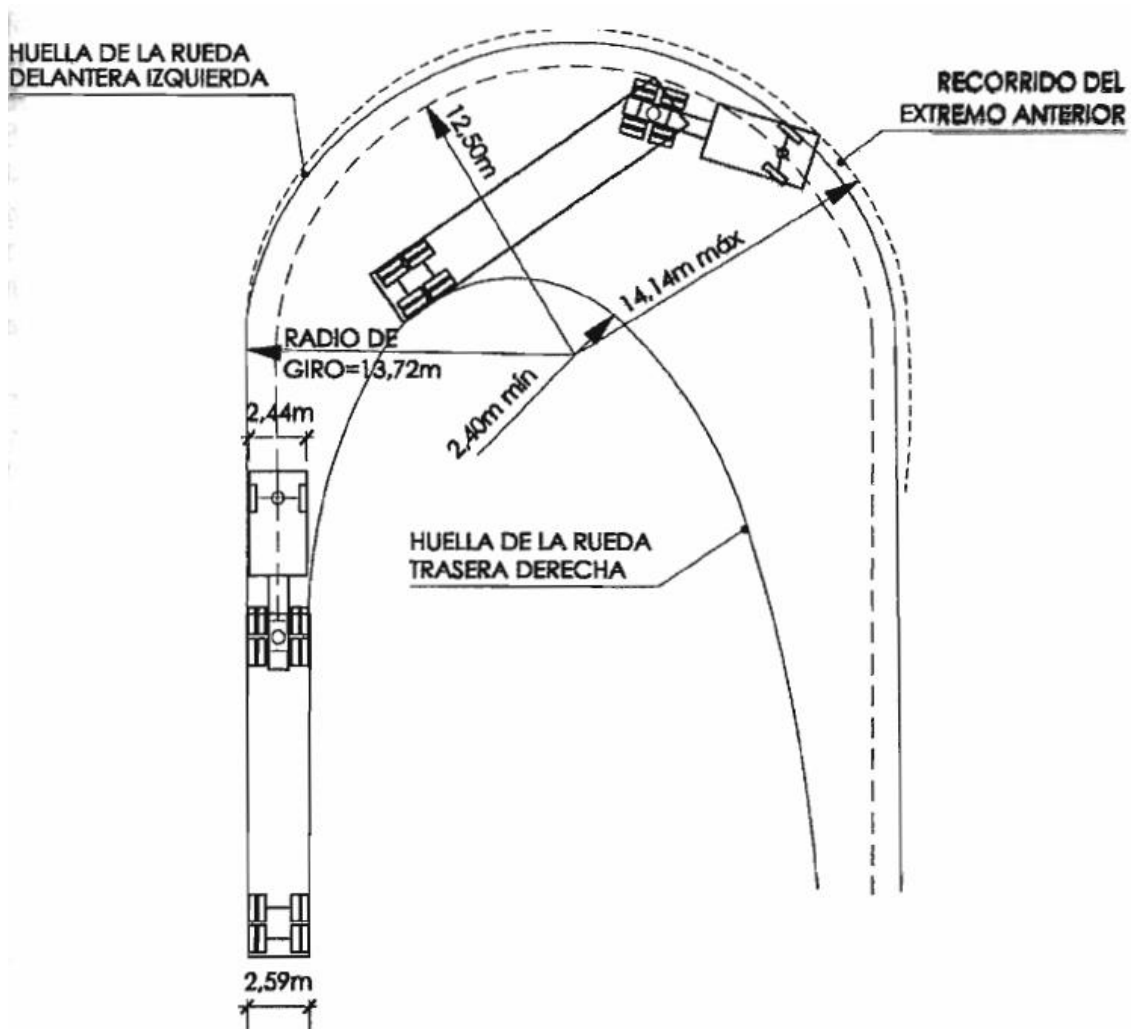


Fig.9 Trayectoria de Vehículo tipo WB-19
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

El proceso de conducción

Los conductores constituyen el elemento más importante en la circulación viaria. El movimiento de los vehículos en la carretera depende fundamentalmente de ellos, y la calidad de la circulación es el resultado de su mayor o menos habilidad para adaptar el movimiento de sus vehículos a las características de la carretera y de la circulación.

Normalmente el conductor pretende desplazarse de un punto a otro con seguridad comodidad y rapidez. Para conseguirlo tiene que estar atento a las características de la carretera y al estado de la circulación, con objeto de tomar las decisiones adecuadas en

los momentos precisos. Se desarrolla así un proceso continuo de recepción de datos, análisis de los mismos y toma de decisiones, cuyas principales etapas son las siguientes:

- Recepción de información sobre la circulación y la carretera. La mayor parte de esta información es visual, pero también puede recibirse a través de otros sentidos.
- Percepción de la situación existente. Las sensaciones recibidas tienen que ser interpretadas para poder identificar la situación existente.
- Análisis de la situación y toma de decisiones. Percibida la situación, el conductor debe comprenderla y adoptar decisiones.
- Puesta en práctica de las decisiones adoptadas.

Todo este proceso, desde que el conductor recibe la información hasta que el vehículo inicia la respuesta de mandos, necesita un cierto tiempo, que incluye el necesario para que se produzca la percepción y reacción del conductor, y el preciso para que tenga lugar la respuesta a los mandos del vehículo, que generalmente es mucho menor que el anterior.

Tiempo total de percepción y reacción

Por su importancia para el estudio del trazado y de la circulación en calles y carreteras, se ha estudiado especialmente el tiempo de reacción en las maniobras de frenado. En experiencias realizadas con vehículos fijos o en pistas de ensayo, el tiempo de reacción obtenido fue alrededor de 0.5 segundos. En ensayos realizados sobre vehículos moviéndose en carretera en condiciones normales de tráfico, los valores obtenidos fueron sensiblemente superiores y varían entre 0.8 y 1 segundo. En condiciones complejas, en que el conductor debe estimar las velocidades de otros vehículos, se necesita un cierto tiempo para analizar la situación, que hay que añadir a los de percepción y reacción. Así, cuando un vehículo sigue a otro que empieza a frenar sin que funcionen sus luces de frenado, el tiempo de reacción del segundo vehículo estará entre los 2 y 3 segundos. Para tomar una decisión antes de iniciar un adelantamiento, el conductor puede necesitar hasta

3.5 segundos si las condiciones hacen difícil la decisión. En casos de urgencia, los tiempos de reacción disminuyen, especialmente porque disminuye el tiempo de análisis y toma de decisión.

La instrucción de carreteras española adopta un valor de 2 segundos como tiempo de percepción y reacción para estimar la distancia de detención.

Visión del conductor

El conductor es capaz de percibir con claridad los objetos que caen dentro de un campo visual incluido en un cono con ángulo en el vértice de 11° a 18°. Se puede considerar que existe un campo de visión descansada, que es el que abarca un rectángulo de 16 cm de base y 10 cm de altura situado a 50 cm delante de los ojos. Fuera de este campo los objetos se distinguen menos claramente y tanto menos cuando más se apartan de él. Aunque de forma borrosa, pueden percibirse los objetos que se hallan dentro de un cono con un ángulo en el vértice de 120° a 160°.

Sensibilidad al movimiento

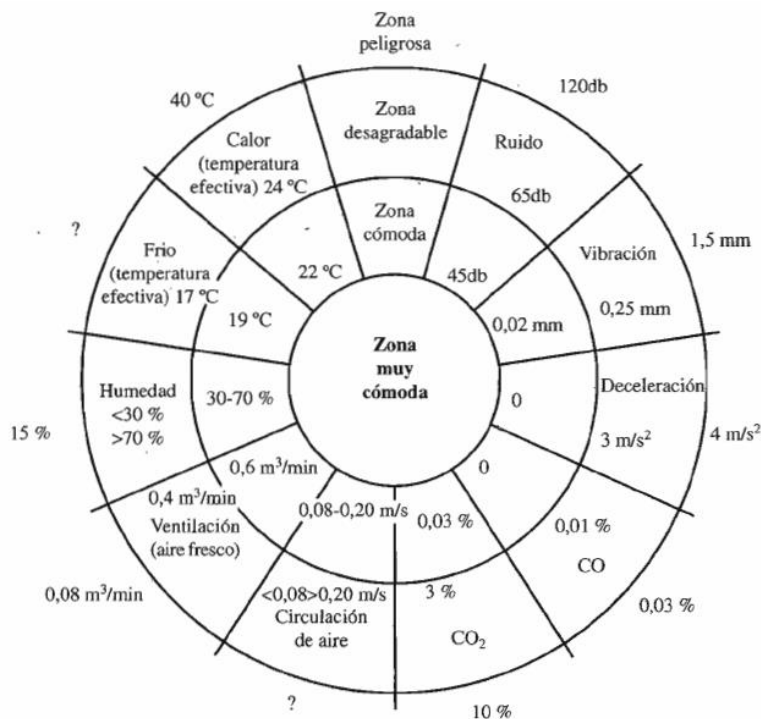


Fig. 10 Sensibilidad al movimiento
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Si un vehículo circula con velocidad uniforme, los pasajeros únicamente se dan cuenta del movimiento porque ven el desplazamiento de otros objetos respecto al vehículo. Fijándose en la variación del tamaño aparente de objetos conocidos, el conductor puede realizar una estimación de su velocidad respecto a ellos, que en general no será muy correcta. En el caso de movimientos variables, si las aceleraciones sobrepasan ciertos mínimos resultan claramente perceptibles, a partir de ciertos niveles. Los órganos del oído interno actual como acelerómetros, aunque pocos precisos. Durante la conducción las aceleraciones aparecen en los cambios de velocidad y dirección, y el conductor procura realizar estas maniobras de forma que las sensaciones que percibe estén dentro de límites admisibles.

Los peatones

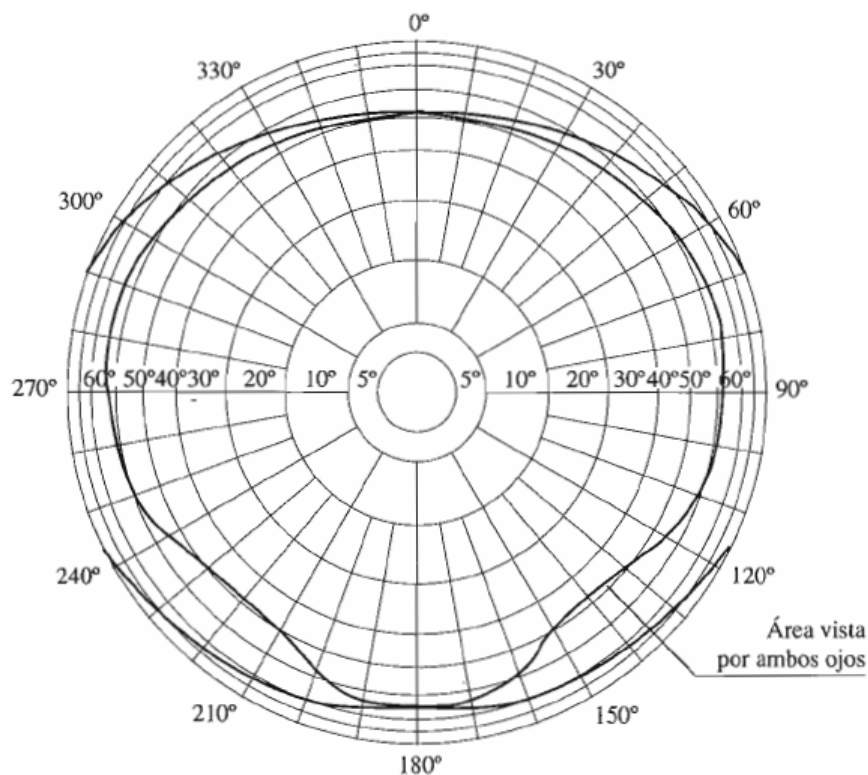


Fig. 11 Vista de un peatón
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

En las zonas urbanas la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por los peatones y los vehículos. Fuera del poblado, el tráfico de peatones está permitido en casi todas las carreteras, aunque generalmente es muy reducido. En las autopistas, el tráfico de peatones está prohibido.

Dada la enorme diferencia entre la velocidad de los peatones de 4 a 5 km/h y la de los vehículos, es preciso que ambas circulaciones estén separadas. Por otra parte el comportamiento de los peatones es menos predecible que el de los conductores. Además es mucho más difícil regular el movimiento de los peatones que el de los vehículos. Esto es especialmente cierto en zonas urbanas donde los peatones tienden a considerar a los vehículos como intrusos en su propio terreno, y a pensar que las leyes de tráfico se refieren exclusivamente a los vehículos. También es cierto que la mayoría de los reglamentos de tráfico se refieren exclusivamente a los vehículos. También es cierto que la mayoría de los reglamentos de tráfico conceden poca atención a los peatones, y la policía no suele sancionarlos, dadas las dificultades que esto acarrea. En las carreteras interurbanas, los peatones son bastante más cuidadosos, bien porque la situación es más peligrosa para ellos, bien porque piensan que se encuentran en zona de vehículos, y que los intrusos son ellos.

Estudio de la circulación por carretera

Para estudiar la circulación se emplean unas magnitudes que recogen los aspectos más importantes del mismo. Las empleadas más frecuentemente son la intensidad, que define el número de vehículos que pasan por una sección de la carretera por unidad de tiempo, y la velocidad media de los vehículos. Con menos frecuencia se usa la densidad (número de vehículos por longitud de vía), la separación entre vehículos sucesivos, el tiempo de recorrido, el número de paradas en un recorrido, etc.

Intensidad o índice de tráfico

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasa a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria).

En general, mientras en carreteras no saturadas basta con considerar las intensidades horarias, en vías con gran intensidad de tráfico hay que tener en cuenta que pueden saturar por efecto de estas fluctuaciones. Para tener en cuenta estas variaciones a corto plazo, se divide la intensidad horaria durante estas puntas por un factor conocido como factor de hora punta. Por ejemplo, si durante la hora punta se miden las intensidades cada 15 minutos y es I_{15} el número de los vehículos que pasan durante los 15 minutos de mayor circulación, e I_{60} la intensidad horaria durante toda la hora punta, el factor de hora punta será:

$$f = \frac{I_{60}}{4I_{15}}$$

Velocidad de los Vehículos

La velocidad en un tramo de carretera varía mucho de unos vehículos a otros. Incluso cuando se estudia la velocidad de un solo vehículo se ve que ésta no permanece constante aun cuando el conductor procure mantenerla fija. Por otra parte es más interesante estudiar valores medio de la velocidad que seguir con detalle la evolución de los distintos vehículos que circulan por un tramo. Estos valores medios pueden obtenerse de distintas formas y con resultados diferentes, por lo que conviene especificar claramente cómo se ha obtenido la velocidad de la que se trate. Los tipos de velocidad son los siguientes:

- Velocidad instantánea: Es la velocidad de un vehículo en un instante determinado.
- Velocidad de recorrido: Es la velocidad media conseguida por el vehículo al recorrer un tramo dado de carretera (la longitud del tramo dividida por el tiempo empleado en recorrerlo).
- Velocidad media temporal (V_t): Es la velocidad media de todos los vehículos que pasan por un punto fijo de la carretera durante cierto periodo de tiempo.
- Velocidad media espacial (V_e): Es la velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están en un tramo de carretera.
- Velocidad media de recorrido: Es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

Relaciones entre magnitudes de tráfico

Al estudiar las distribuciones de velocidad se obtiene la relación básica entre tres magnitudes, intensidad, velocidad y densidad:

$$I = V_e D$$

Siendo:

I: Intensidad de tráfico.

D: Densidad del tráfico.

V_e : Velocidad media de la distribución espacial.

Procedimientos de aforo

La intensidad del tráfico en una sección puede medirse manualmente situando un observador que cuente todos los vehículos que pasan por ella durante un período determinado. Para facilitar la tarea se utilizan generalmente unos impresos preparados con la clasificación de los vehículos que interesa contar. Para realizar más cómodamente el aforo pueden utilizarse contadores manuales que el operador acciona cada vez que pasa un vehículo. Se suelen disponer varios contadores en una especie de bandeja, correspondiendo cada contador a una de las categorías de vehículos que interesa contar.

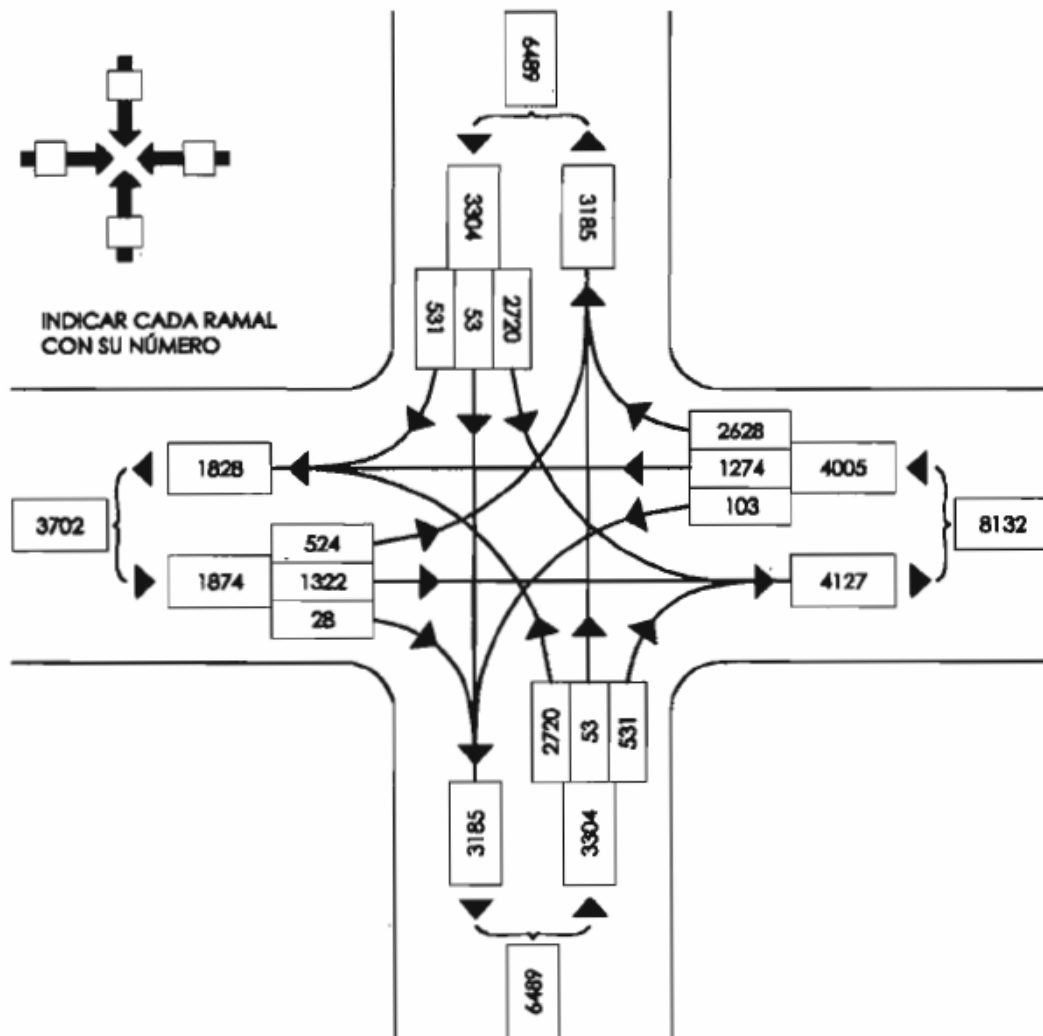


Fig. 12 Distribución de flujo vehicular en una intersección
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

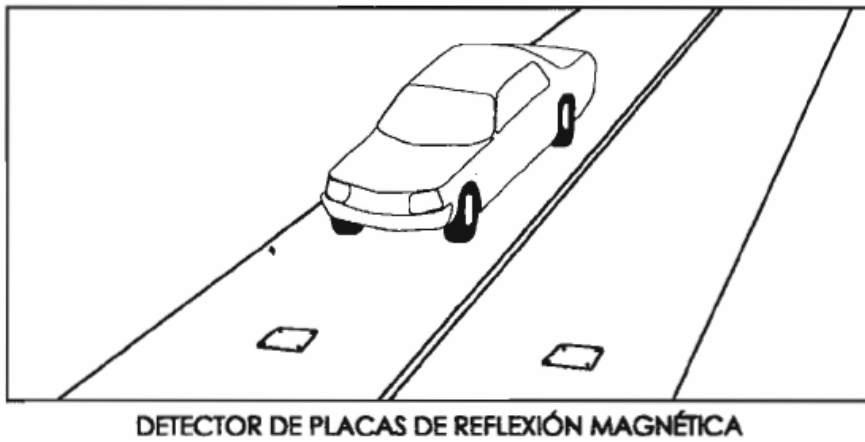


Fig. 13 Detector de Placas de Reflexión Magnética
 Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

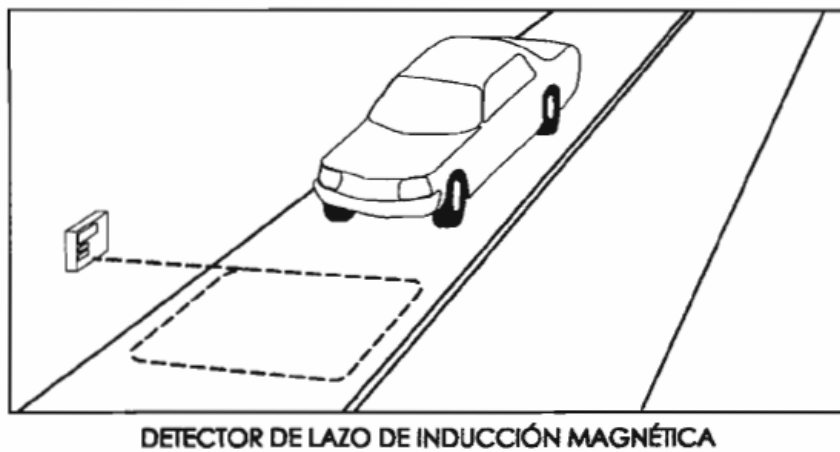


Fig. 14 Detector de lazo de inducción magnética
 Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

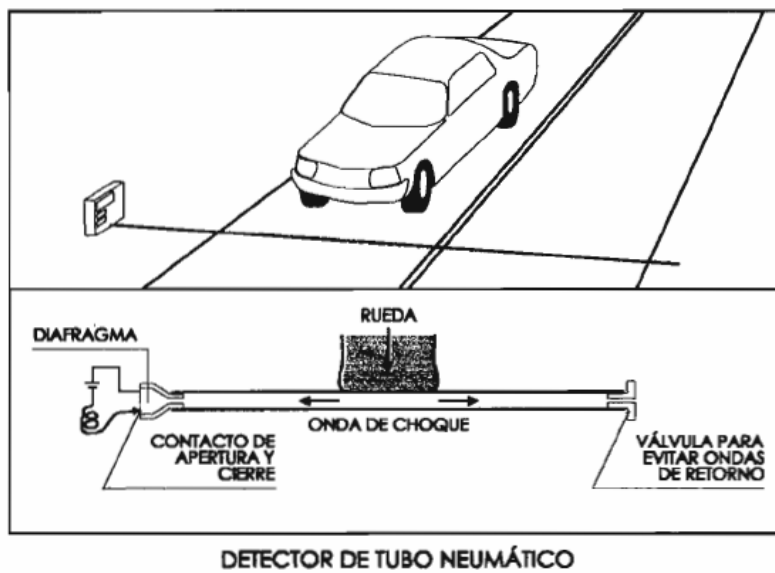


Fig. 15 Detector de tubo neumático
 Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Selección de estaciones y programación de aforos

Las estaciones se clasifican según la duración de las medidas que se realizan en ellas en:

- Estaciones permanentes. Son las estaciones en las que se realiza un aforo continuo por medio de un contador automático. De esta forma se conoce la intensidad del tráfico en todas las horas del año. Estas estaciones permiten un conocimiento de las variaciones típicas del tráfico (estacionales, semanales y diarias), y de la frecuencia de las intensidades horarias a lo largo del año, así como la obtención de las tendencias del tráfico a largo a plazo. Interesa disponer un cierto número de estaciones permanentes para registrar estas características en todos los tipos de carretera representativos de la red, ya que los datos obtenidos sirven para reducir la características del tráfico en otras secciones.
- Estaciones de control. Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales para establecer unas leyes que puedan aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines. Se pueden distinguir dos tipos de estaciones de control:
 - Primarias: En ellas se obtiene información sobre las variaciones diarias, semanales y estacionales. Normalmente se recomienda realizar aforos continuos, como mínimo, durante un período de 4 días que incluya dos días laborables, un sábado y un domingo, y repetir estos aforos cada mes o cada dos meses.
 - Secundarias: En ellas se miden las variaciones diarias y estacionales de forma menos completa. En este caso suele aforarse, como mínimo, un día laborable completo cada dos meses, y sería preferible aforar dos días laborables al mes.

- Estaciones de cobertura. En este tipo de estación se realiza, como mínimo, un aforo anual, durante 16 horas, que generalmente en primavera u otoño, ya que en estas épocas la intensidad de tráfico es similar a la media anual.

Procedimiento de medida de las velocidades instantáneas

La forma más simple de medir la velocidad de los vehículos al pasar por un punto de la carretera es establecer dos marcas en la calzada y medir el tiempo que tarde el vehículo en pasar de una a otra. La distancia entre las marcas depende de la precisión con la que se pueda medir el tiempo. Si se emplean cronómetros mecánicos, que sólo aprecian hasta décimas de segundo, es necesario emplear bases de medida largas (de unos 100m), lo que hace ese procedimiento poco adecuado.

Distribución de frecuencias acumuladas de velocidades

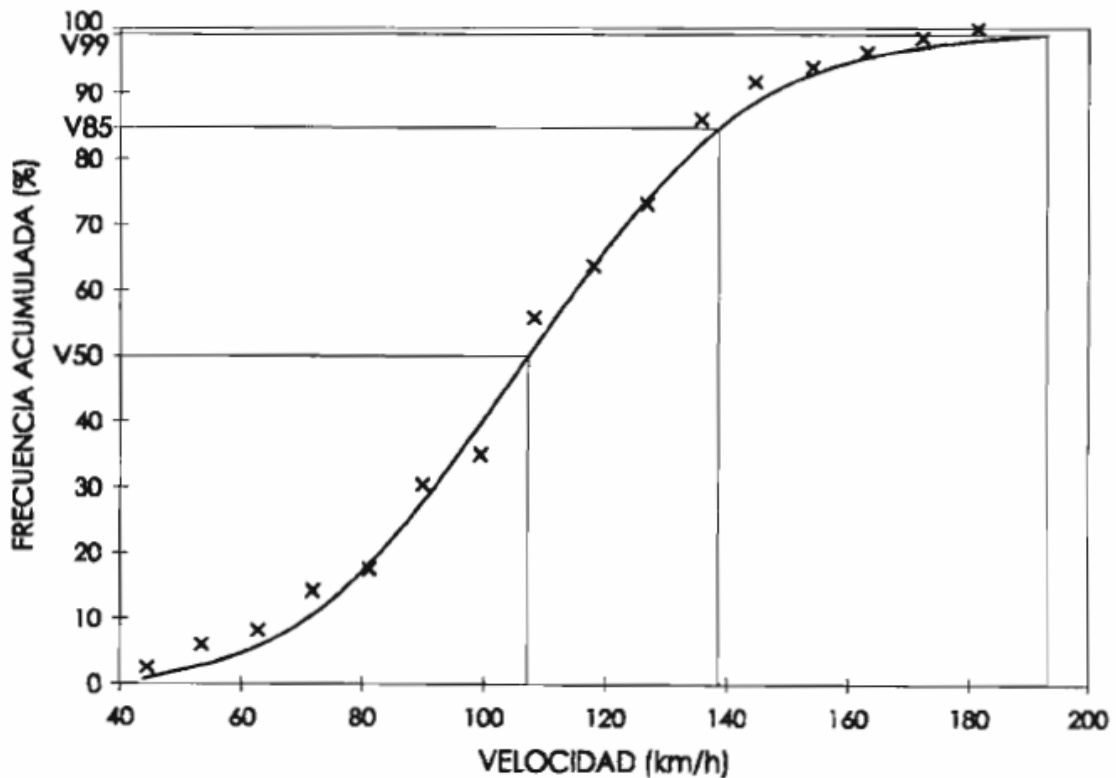


Fig. 16 Distribución de frecuencias acumuladas de velocidades
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Capacidad y niveles de servicio en circulación continua

Definición de capacidad

La capacidad de una sección de carretera se define como el número máximo de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesarla durante un período dado de tiempo (generalmente, quince minutos) en unas condiciones determinadas de la carretera y del tráfico, expresado en vehículos/hora. Para que se alcance la capacidad de una sección de carretera es necesario:

- Que haya una demanda de tráfico suficiente en el acceso a la sección.
- Que no exista una sección anterior de menor capacidad, que impida que la intensidad del tráfico se mantenga en la entrada.
- Que no exista una sección posterior de menor capacidad que dé lugar a la formación de una cola de vehículos que llegue

Debido a la fluctuación aleatoria del tráfico pueden presentarse valores muy altos de la intensidad durante períodos muy cortos, por lo que normalmente interesa más definir la capacidad mediante el número de vehículos que pasan durante un período suficientemente largo para eliminar estas oscilaciones aleatorias, por ejemplo, quince minutos o una hora. La capacidad depende de las condiciones existentes. Estas condiciones se refieren fundamentalmente a las características de la sección (trazado, estado del pavimento) y las del tráfico (especialmente su composición). Además, hay que tener en cuenta las regulaciones de la circulación (limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamiento), que influyen sobre el tráfico. Por último, hay que considerar las condiciones ambientales y meteorológicas, aunque la influencia de estos factores generalmente es pequeña, sólo en condiciones excepcionales puede llegar a ser importante.

Nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida puramente cualitativa de las condiciones de circulación, que tiene en cuenta el efecto de varios factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad de conducción y los costes de funcionamiento. La manera de combinar estos factores depende del tipo o elemento de carretera que se esté considerando, por lo que la definición de cada nivel de servicio particular es distinta en intersecciones, en tramos de carreteras de dos carriles, en autopistas, etc. Se emplean seis niveles de servicio que se designan, de mejor a peor, por las letras mayúsculas de la A a las F. Como ejemplo de las descripciones cualitativas de estos niveles se pueden mencionar las correspondientes a tramos de carreteras con circulación ininterrumpida.

- **Nivel de servicio A:** La velocidad de los vehículos es prácticamente igual a la que libremente elegirán sus conductores si no se vieran obligados a modificarla a causa de otros vehículos. Cuando un vehículo alcanza a otro más lento puede adelantarlo prácticamente sin sufrir ninguna demora, por lo que los conductores no se sienten estorbados por otros vehículos. Este nivel de servicio corresponde a unas condiciones de circulación libre, con gran comodidad física y psicológica para los conductores. Los incidentes menores que se puedan producir son amortiguados rápidamente sin que se influyeran la circulación general.
- **Nivel de servicio B:** Representa unas condiciones razonablemente buenas dentro del régimen de circulación libre. La velocidad de los vehículos, especialmente la de los más rápidos, se ve influida por otros vehículos, y pueden verse demorados durante ciertos intervalos por otros más lentos, pero no llegan a formarse colas porque hay oportunidades de adelantamiento, siendo fácilmente absorbibles los incidentes menores, aunque los deterioros locales del servicio pueden ser mayores

que en el nivel anterior. Este nivel de servicio corresponde a unas condiciones de circulación estable.

- **Nivel de servicio C:** La mayor parte de los conductores deberán ajustar su velocidad teniendo en cuenta la de los vehículos que les preceden, porque las posibilidades de adelantamiento son reducidas y se forman grupos de vehículos que circulan a la misma velocidad. La circulación sigue siendo estable, porque las perturbaciones debidas a los cambios de velocidad se suelen disipar sin llegar a producir una detención total. Sin embargo, en algunos casos se pueden presentar durante cortos intervalos de tiempo puntas de tráfico que produzcan situaciones inestables. El conductor se ve obligado a un notable aumento de la tensión para mantener la necesaria atención para circular con seguridad.
- **Nivel de servicio D:** Todos los vehículos deben regular su velocidad teniendo en cuenta la marcha de los vehículos precedentes. La velocidad media se reduce y se forman largas caravanas, ya que resulta difícil adelantar a otros vehículos. La circulación se aproxima a la inestabilidad, y cualquier incremento en la intensidad de tráfico puede dar lugar a la detención de la circulación. Estas condiciones de circulación sólo resultan tolerables durante cortos períodos de tiempo.
- **Nivel de servicio E:** Corresponde a condiciones de circulación en las que la intensidad de tráfico llega a alcanzar a la capacidad de la carretera. La velocidad media de todos los vehículos es prácticamente igual, y se forman largas caravanas con separaciones muy pequeñas entre vehículos, ya que resulta imposible cualquier maniobra de adelantamiento o cambio de carril. Son frecuentes las detenciones bruscas debidas a cualquier tipo de incidente. Es una situación límite que sólo puede mantenerse durante períodos cortos, ya que a la larga se producirá alguna detención, y se circulará con detenciones y arranques sucesivos.

- **Nivel de servicio F:** Corresponde a la situación de congestión, producida cuando la intensidad del tráfico que entra en un tramo de carretera sobrepasa la capacidad en la salida del mismo. Mientras se mantenga esta situación se irá formando una cola de vehículos, que avanzarán muy lentamente y con frecuentes paradas hasta conseguir atravesar la zona congestionada. En estas condiciones la velocidad media es muy baja y dependerá del tiempo transcurrido desde que empezó la congestión, ya que al ir aumentando la longitud de la cola de vehículos, se tardará más tiempo en recorrer la zona congestionada. La situación resulta completamente inaceptable, y denota la existencia de una sección cuya capacidad es insuficiente para la demanda.

En la práctica, resulta muy difícil tener en cuenta todos los factores que intervienen en la descripción del nivel de servicio, por ello el Manual de Capacidad relaciona los niveles de servicio con uno o dos parámetros que pueden medirse, y que son los más representativos del estado de la circulación para el tipo de elemento de carretera que se esté estudiando.

Intensidad de servicio

Para un determinado nivel de servicio, se llama intensidad de servicio correspondiente a dicho nivel al máximo número de vehículos que pueden atravesar por unidad de tiempo (generalmente, quince minutos) una sección de carretera, de forma que no se sobrepase dicho nivel de servicio, expresado en vehículos/hora. Es decir, que si la intensidad del tráfico que circula por la carretera es mayor que esta intensidad de servicio, las condiciones de circulación no corresponderían al nivel de servicio considerado, sino a otro peor. Como en el caso de la capacidad, estas intensidades de servicio dependerán de las condiciones de la carretera, del tráfico, de los sistemas de control de la circulación y de las condiciones ambientales.

Factores que influyen en la capacidad

Factores que dependen de la carretera

- **Sección transversal:** La capacidad y la intensidad de servicio son directamente proporcionales al número de carriles existentes para cada sentido. Por ello, en autopistas y otras carreteras con calzadas separadas en las que haya dos o más carriles para cada sentido se puede hablar de capacidad (e intensidad de servicio) por carril, y la capacidad total será igual al producto del número de carriles por la capacidad de cada carril. La capacidad por carril aumenta con su anchura, pero a partir de unos 3,60 m no se consiguen aumentos sensibles de capacidad.
- **Obstáculos laterales:** Si junto a los carriles exteriores de la calzada existen obstáculos como postes de señales, bordillos elevados, barreras, cunetas profundas, etcétera, se ha comprobado que los conductores tienden a desplazarse hacia el centro de la calzada. Por consiguiente, el efecto que producen es semejante a un estrechamiento. Experimentalmente se ha comprobado que si el obstáculo está a más de 1,80 m el efecto es prácticamente inapreciable. Por ello los arcenes, tanto a la derecha como junto a la mediana, permiten mejorar la capacidad de la carretera, ya que si no existen un vehículo averiado bloqueará un carril y producirá perturbaciones, con una sensible reducción de la capacidad. Algunos elementos colocados al borde de la carretera no producen efecto sobre los conductores; por ejemplo, se ha constatado que en algunas carreteras ciertos tipos de barreras de seguridad no parecen influir sobre la posición de los conductores en los carriles. En estos casos, tales elementos no deberían considerarse como obstáculos.

- **Trazado:** La velocidad a la que se circula, y por consiguiente el nivel de servicio que se puede conseguir en un tramo de carretera, depende de la velocidad del proyecto de la carretera. Sin embargo, si la intensidad del tráfico se acerca a la capacidad, la velocidad de cualquier vehículo está condicionada por los vehículos que le rodean y resulta independiente de la velocidad de proyecto de la carretera. Por ello, para calcular la capacidad de una sección no es preciso tener en cuenta las características de su trazado, con la excepción del efecto de las rampas si circulan vehículos pesados. La velocidad de los vehículos al subir por una rampa tiende a estabilizarse en una velocidad que depende de la inclinación de la rampa y de la relación masa/potencia del vehículo. Los coches pueden subir rampas hasta de un 5 por 100 con velocidades poco diferentes de las que desarrollan en llano. Por ello, si sólo circularan coches, únicamente las rampas de inclinación muy fuerte podrían influir sobre los niveles de servicio al reducir la velocidad. El efecto de las rampas sobre los camiones, que tienen relaciones potencia/masa bajas, es en cambio muy importante. Incluso en rampas del 5 por 100, la velocidad de algunos camiones pueden bajar de los 40km/hora, que es muy inferior a la que circulan en tramos llanos cuando se alcanza la capacidad. Por consiguiente, el tráfico de vehículos pesados en las rampas tendrá una influencia muy grande sobre la capacidad y niveles de servicio de la carretera.

Factores que dependen del tráfico

- **Vehículos pesados:** Los vehículos pesados tienen mayores dimensiones que los coches y generalmente se mueven a menor velocidad. Por ello, si entre los vehículos que circulan por una carretera hay vehículos pesados, el número total de vehículos que puede atravesar una sección será menor que si todos los

vehículos fueran coches. Por consiguiente, la capacidad de la carretera será menor si circulan vehículos pesados. Asimismo, se producirá una reducción en el nivel de servicio, ya que los vehículos pesados, que son más lentos, obligarán a algunos coches a reducir su velocidad y a efectuar maniobras de adelantamiento. Para tener en cuenta el efecto producido por los vehículos pesados se utiliza el concepto de número de coches equivalentes a un vehículo pesado, o factor de equivalencia. Es decir se determina el número de coches que producirán el mismo efecto en la corriente de tráfico que un solo vehículo pesado. Conocido este factor de equivalencia, se puede sustituir la intensidad de los vehículos pesados por una intensidad equivalente de coches, y se puede operar con ella para determinar el nivel de servicio como si el tráfico estuviera formado únicamente por coches.

- **Distribución de tráfico entre carriles:** En las carreteras con varios carriles por sentido, los vehículos más rápidos tienden a utilizar preferentemente los carriles de la izquierda para evitar a otros más lentos. Por ellos, salvo con intensidades de tráfico muy bajas, los carriles de la izquierda suelen soportar una intensidad de tráfico superior a la del carril de la derecha. Al ser utilizado por vehículos más rápidos, se mantiene un buen nivel de servicio, incluso con una mayor intensidad que en el carril derecho. Sin embargo, no es necesario considerar con detalle estas variaciones entre carriles, ya que los métodos de cálculo desarrollados estiman conjuntamente la intensidad de servicio total de todos los carriles.

- **Variaciones de tráfico durante períodos cortos:** Ya se indicó al estudiar las variaciones de la intensidad de tráfico, que es preciso considerar las fluctuaciones del tráfico durante períodos de 15 minutos. Para tener en cuenta esos efectos, se aplica el factor de hora punta, definido como la relación entre la intensidad durante la hora punta y 4 veces el número de vehículos que pasan durante el período de 15 minutos más cargado. Generalmente este factor varía entre 0.95 y 0.85, pero puede llegar a reducirse hasta 0.70.
- **Conductores:** En autopistas y en carreteras multicarril se suelen registrar grandes capacidades más altas en aquellas en las que la mayor parte de los conductores son usuarios habituales de las mismas, como es el caso en las autopistas alrededor de una gran ciudad. Por ello, se aplica un factor de corrección en aquellos casos en que la mayor parte del tráfico está formado por vehículos conducidos por personas que no conocen bien la vía, como por ejemplo en zonas turísticas.

Métodos para el cálculo de capacidades y nivel de servicio

- Determinar la capacidad o la intensidad de servicio en condiciones ideales. Se calcula en primer lugar la capacidad que tendría un tramo del mismo tipo que el estudiado, pero en el que las condiciones de tráfico y trazado fueran ideales. Estas condiciones ideales varían de unos tipos de vías a otros, pero generalmente suponen anchura de carriles de 3.6m, ausencia de obstáculos laterales, tráfico formado exclusivamente por coches, etc. El Manual incluye unas tablas de las que se obtienen directamente la capacidad y las intensidades de servicio en condiciones ideales.

- Determinar los factores de corrección que hay que aplicar a la capacidad o intensidad de servicio en condiciones ideales, para tener en cuenta las condiciones reales de la vía en estudio. Para ellos se utilizan unas tablas que dan los valores de los factores de corrección en función de las características reales de la carretera.
- Calcular el valor real de la capacidad o las intenciones de servicio. Para ello bastará multiplicar el valor de la capacidad (o intensidad de servicio) en condiciones ideales por los factores de corrección.

Características de la relación velocidad-intensidad en tramos básicos de autopista.

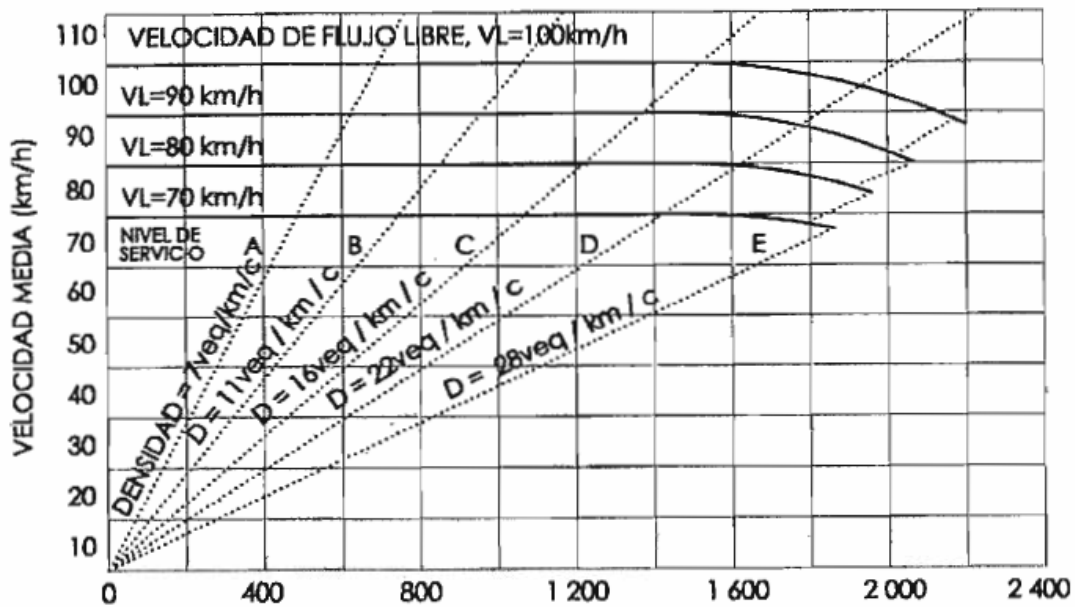


Fig. 17 Características de la relación velocidad - intensidad
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Nivel de servicio	Densidad máxima (coches/km/carril)	
	Autopistas y autovías	Otras vías
A	7	7
B	11	11
C	16	16
D	22	22
E	28	25-28

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 18 Niveles de Servicio en vías con calzadas separadas

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

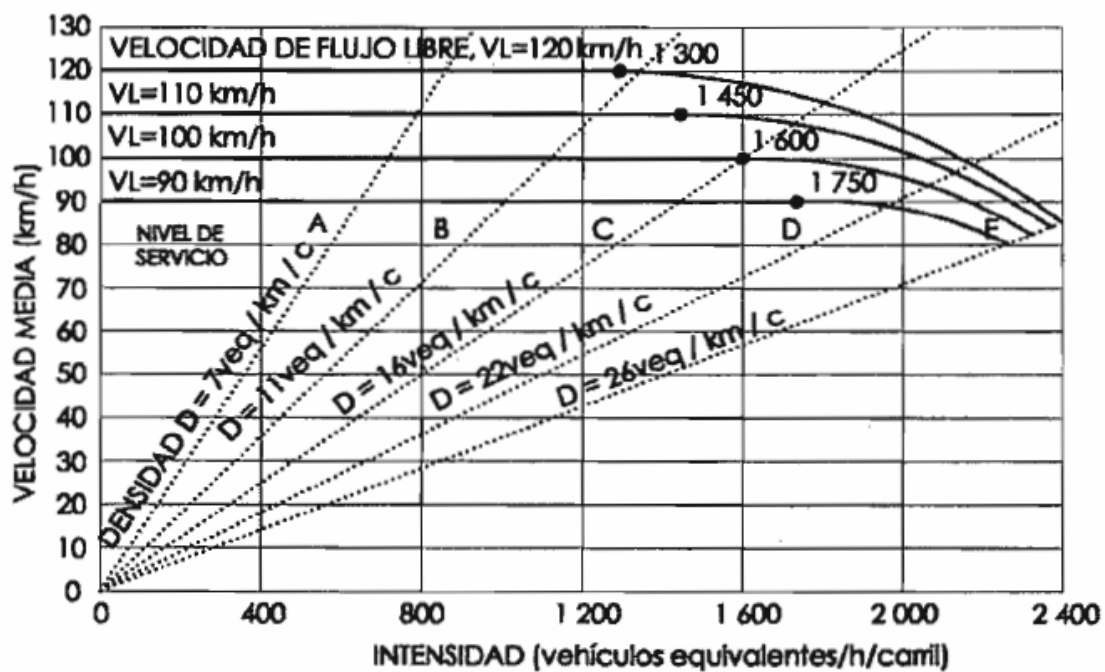


Fig. 19 Niveles de servicio en tramos básicos de autopista

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Las condiciones ideales para estas vías son:

– Autopistas y autovías:

- Anchura de carril no inferior a 3,60m.
- Obstáculos laterales a la derecha a más de 1,80m.
- Obstáculos laterales a la izquierda (mediana) a más de 0,60m.
- Tráfico formado exclusivamente por coches.
- Terreno llano (rampas con inclinación inferior al 2 por 100).
- Enlaces separados a más de 3km.
- Conductores que conocen la vía.
- En autopistas y autovías urbanas, calzada con 5 o más carriles.

– Otras vías:

- Anchura de carril no inferior a 3,60m.
- Suma de distancia a los obstáculos laterales a la calzada mayor de 3,60m (si alguna distancia es mayor de 1,80m se supondrá igual a 1,80m)
- Tráfico formado exclusivamente por coches.
- Terreno llano (rampas con inclinación inferior a 2 por 100).
- Conductores que conocen la vía.
- No hay accesos directos a la calzada.
- Mediana entre las dos calzadas.

Intensidad en el período punta

En estas vías se estudia separadamente cada calzada. Por tanto, es necesario conocer la intensidad del tráfico en la calzada que se estudie durante un período punta de 15 minutos.

Como normalmente se conoce la intensidad media durante una hora I , hay que aplicarle

el factor de hora punta para obtener la intensidad en los 15 minutos de punta, en vehículos/hora.

$$I_{15} = \frac{I}{FHP}$$

Siendo:

I_{15} : Intensidad en los 15 minutos de punta, en vehículos/hora.

I : Intensidad media durante la hora, en vehículos/hora.

FHP : Factor de hora punta.

Velocidad libre

Una variable muy importante para determinar la capacidad es la velocidad libre (VL) en la vía. Ésta se define como la velocidad media de los coches cuando el tráfico es ligero (inferior a 1300 vehículos/h/carril). En las carreteras existentes esta velocidad puede medirse, pero si no es posible medirla se puede estimar partiendo de una velocidad libre básica (VLB), que sería la velocidad libre en una vía en condiciones ideales, A esta velocidad básica se le aplican correcciones para tener en cuenta las características reales de la vía. Como velocidad libre básica puede tomarse la específica de la vía, o la velocidad máxima autorizada si fuera menor que la específica. La velocidad libre corregida será:

$$VL = VLB - f_a - f_0 - f_e - f_m - f_c$$

Siendo:

VL : Velocidad libre real (km/h).

VLB : Velocidad libre básica (km/h).

- f_a : Anchura de carril.
- f_o : Obstáculos laterales.
- f_e : Separación entre enlaces (sólo en autopistas y autovías).
- f_m : Tipo de mediana (sólo en otras vías con calzadas separadas).
- f_c : Número de accesos (sólo en otras vías con calzadas separadas).

Factores de corrección (km/h).

Los factores de corrección se encuentran en unas tablas. En el caso de autopistas y autovías urbanas que tengan menos de 5 carriles por calzada, se reducirá la velocidad libre según la siguiente tabla.

Cálculo de la capacidad e intensidades de servicio

La capacidad por carril de una calzada viene dada por las expresiones:

- Autovías y autopistas:

$$C = 1800 + 5VL$$

- Otras vías:

$$C = 1200 + 10VL$$

Siendo:

C: Capacidad, en coches/hora/carril.

VL: Velocidad libre, en km/h.

La densidad en capacidad será:

- Autopistas y autovías

$$Dc = 28$$

- Otras vías

$$Dc = 35 - VL/10$$

Siendo:

Dc: Densidad, en coches/km/carril.

VL: Velocidad libre, en km/h.

La velocidad de los coches en capacidad V_c (km/h) vendrá dada por:

$$V_c = C/D_c$$

La velocidad es constante e igual a la velocidad libre mientras la intensidad no sobrepase un valor límite I_L (coches/h/carril) que viene dado por las expresiones:

- Autopistas y autovías:

$$I_L = 3100 - 15VL$$

- Otras vías:

$$I_L = 1400$$

$$V = VL - (VL - V_c) \left(\frac{I - I_L}{C - I_L} \right)^a$$

Para intensidades mayores la velocidad se va reduciendo hasta hacerse igual a la velocidad en capacidad cuando la intensidad llegue a la capacidad. Las expresiones que permiten calcular la velocidad en función de la intensidad son:

Para $I < I_L$

$$V = VL$$

Para $I > I_L$

Siendo:

I: Intensidad, en vehículos equivalentes/hora/carril.

V: Velocidad de coches, en km/h.

a: Coeficiente cuyo valor es:

Autopistas y autovías	2,6
Otras vías	1,31

La aplicación de estas ecuaciones permite determinar el nivel de servicio conociendo la intensidad en vehículos equivalentes I, ya que permiten determinar la velocidad de coches V, y la densidad $D = I/V$, que define el nivel de servicio.

Aplicando las expresiones anteriores se pueden calcular las intensidades de servicio correspondiente a los distintos niveles.

Anchura del carril (m)	f_a (km/h)
3,6	0
3,5	1
3,4	2,1
3,3	3,1
3,2	5,6
3,1	8,1
3,0	10,6

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 20 Factor de corrección por carril para vías con calzadas separadas

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Obstáculo a la derecha(m)	Carriles por calzada			
	2	3	4	≥ 5
1,8	0	0	0	0
1,5	1	0,7	0,3	0,2
1,2	1,9	1,3	0,7	0,4
0,9	2,9	1,9	1,0	0,6
0,6	3,9	2,6	1,3	0,8
0,3	4,8	3,2	1,6	1,1
0,0	5,8	3,9	1,9	1,3

Fig. 21 Factor de corrección por obstáculos laterales (km/h). Autopistas y autovías
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Suma de distancias a obstáculos a ambos lados(m)	Factor de corrección (km/h)	
	Numero de carriles por calzada	
	2	3
3,6	0	0
3,0	0,6	0,6
2,4	1,5	1,5
1,8	2,1	2,1
1,2	3,0	2,7
0,6	5,8	4,5
0,0	8,7	6,3

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 22 Factor de corrección para otras vías

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

<i>Enlaces por km</i>	f_e (km/h)
≤ 0,3	0
0,4	1,1
0,5	2,1
0,6	3,9
0,7	5,0
0,8	6,0
0,9	8,1
1,0	9,2
1,1	10,2
1,2	12,1

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 23 Dimensiones Máximas Autorizadas de los Vehículos en la Unión Europea
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

<i>Mediana</i>	f_m (km/h)
Sin mediana	2,6
Con mediana	0,0

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 24 Factor de corrección por enlaces de autopistas y autovías
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

<i>Carriles por calzada</i>	<i>Corrección (km/h)</i>
5 o más	0,0
4	2,4
3	4,8
2	7,3

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 25 Factores de corrección para vías de doble calzada
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

<i>Accesos por km</i>	<i>f_c (km/h)</i>
0	0
6	4
12	8
18	12
24 o más	16

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 26 Factores de corrección por número de carriles
Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Tipo de vehículo	Tipo de terreno		
	Llano	Ondulado	Accidentado
Camiones y autobuses	1,5	2,5	4,5
Vehículos de recreo	1,2	2,0	4,0

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 27 Factores de equivalencia de vehículos pesados

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Nivel de servicio	Intensidad de servicio (coches/h/carril)			
	Velocidad libre (km/h)			
	120	110	100	90
A	840	770	700	630
B	1 320	1 210	1 100	990
C	1 840	1 740	1 600	1 440
D	2 200	2 135	2 065	1 955
E	2 400	2 350	2 300	2 250

Fig. 28 Intensidad de servicio en autovías y autopistas

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Nivel de servicio	Intensidad de servicio (coches/h/carril)			
	Velocidad libre (km/h)			
	100	90	80	70
A	700	630	560	490
B	1 100	990	880	770
C	1 575	1 435	1 280	1 120
D	2 015	1 860	1 705	1 530
E	2 200	2 100	2 000	1 900

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000.

Fig. 29 Otras vías de doble calzada.

Fuente: Ingeniería de Carreteras – 2004 Carlos Kraemer

Ingeniería de Carreteras 2° Edición

Autores: Paul H. Wright y Karen Dixon

Fuente: LIBUN – Universidad Privada Antenor Orrego

País: México. **Año:** 2011

Según (Dixon, 2011), antes de abrir una carretera al tránsito debe pensarse cuidadosamente cómo se ha de transmitir la información a los conductores para su uso adecuado. Tal información se da en primer lugar por medio de los dispositivos de control de tránsito.

Los ingenieros deben reconocer también que, a pesar de sus mejores esfuerzos realizados para incrementar la seguridad del tránsito por medio de sistemas de control bien diseñados, los vehículos quedarán ocasionalmente fuera de control y es posible que lleguen a tener colisiones. Así mismo, para lograr un tránsito fluido y seguro se deberá hacer uso e implementación de sistemas y dispositivos para el control de tránsito, símbolos de tránsito, marcas para el tránsito, control de tránsito en zona de obras, semáforos, software para la ingeniería de tránsito y sistemas avanzados de manejo del transporte.

Dispositivos para el Control de Tránsito

Los dispositivos del señalamiento de tránsito comprenden todos los semáforos, marcas y señales colocados por organismos públicos en, a cierta altura o adyacentes a las calles o carreteras con objeto de regular, prevenir o guiar el tránsito. Para que cualquier dispositivo de control de tránsito sea eficaz, deberá:

- Satisfacer una necesidad.
- Llamar la atención

- Transmitir un mensaje claro y sencillo.
- Imponer respeto a conductores y peatones.
- Dar un tiempo adecuado para una respuesta apropiada.

Código de colores de MUTCD (Manual of Uniform Traffic Control Devices) para los dispositivos de control de tránsito:

- Amarillo: Advertencia
- Rojo: Alto o Prohibición
- Azul: Guía de servicios para usuarios del camino, información turística y ruta de evacuación
- Verde: Indica movimientos permitidos, guía de dirección.
- Café: Guía de lugares de interés recreativo y cultural.
- Naranja: Control temporal del tránsito.
- Negro: Regulación.
- Blanco: Regulación.
- Amarillo verdoso fluorescente: Advertencia para peatones, advertencia para bicicletas, camión escolar y advertencia para escuelas.

Símbolos de Tránsito

Existen tres clases funcionales de símbolos de tránsito:

1) Reguladores

Los símbolos reguladores se usan para indicar a los usuarios las leyes o reglamentos de tránsito. Tale rótulos señalan el derecho de paso (por ejemplo ALTO, CEDA EL PASO), el control de la velocidad (por ejemplo VELOCIDAD LIMITE 50, ADELANTE ZONA DE VELOCIDAD), los movimientos de control (por ejemplo PROHIBIDO DAR

VUELTA A LA DERECHA, CONSERVE SU DERECHA, UN SOLO SENTIDO), el estacionamiento regulado (por ejemplo NO ESTACIONARSE) y el control de movimientos peatonales (por ejemplo TRANSITE SOLO POR LOS CRUCES PARA PEATONES) y regulan el tránsito en formas diferentes.

2) De advertencia

Los símbolos de advertencia llaman directamente la atención del usuario hacia las condiciones existentes en la calle o carretera, o en las vías adyacentes a ellas, que representen un peligro potencial a las operaciones de tránsito. Tales avisos requieren que el conductor sea precavido, reduzca la velocidad o haga alguna maniobra en beneficio de su propia seguridad y la de otros conductores o peatones.

Entre los emplazamientos o situaciones que pueden justificar el uso de los avisos de advertencia se incluyen:

- Intersecciones, entradas y cruces.
- Cambios en el alineamiento horizontal.
- Pendientes.
- Cruces de ferrocarril.
- Caminos angostos.
- Condiciones del pavimento de las carreteras.
- Avisos previos sobre los señalamientos.

Ejemplos de símbolos de advertencia son los que indican curvas (mostrando una flecha curvada), y otros como SIGA CON CUIDADO, TERMINA EL PAVIMENTO y las placas de advertencia sobre la velocidad. Los letreros de sugerencia complementan a otros tipos de señalamientos de advertencia. Por ejemplo, puede colocarse una velocidad

sugerida debajo del señalamiento de advertencia en el mismo poste. Los señalamientos de advertencia tienen leyendo y borde negros colocados sobre un fondo amarillo.

3) De guía

Los señalamientos de guía indican el número de la carretera, direcciones, distancias, puntos de interés y alguna otra información geográfica o cultural. Ejemplos de estos señalamientos son los de ENTROQUE, DESVIACIÓN, ZONA DE DESCANSO y símbolos de servicios (por ejemplo COMIDA, GASOLINA; ALOJAMIENTO, etcétera).

El MUTCD da especificaciones detalladas del color, la forma, la altura y la colocación de los letreros, así como las justificaciones para su uso. Sin embargo, en muchas situaciones la decisión final acerca del uso de determinado letrero se deja a criterio del ingeniero, quien es guiado por un estudio de ingeniería que podría indicar por ejemplo lo innecesario de algún letrero. También hay letreros de uso especial, como los de mensajes intercambiables. Los sistemas con este tipo de mensajes ofrecen a los conductores información en tiempo real sobre una condición o un problema presentes, como un congestionamiento derivado de un desfile o de otro evento especial, un incidente en la autopista (como un derrame de algún material peligroso), niebla, o la operación de los carriles de vehículos de gran capacidad.

Marcas para el Tránsito

Las marcas para el tránsito llevan pintura (o materiales más durables como los termoplásticos, los epóxicos y los poliésteres) y se colocan sobre el pavimento, las guarniciones u otros lugares para transmitir los reglamentos de tránsito y los avisos a los conductores. Dichas marcas pueden utilizarse solas o en combinación con señales o

semáforos. Aun cuando las marcas representan un medio esencial y eficaz para controlar el tránsito, ni las marcas de pintura o de plástico durable en el pavimento son efectivas en las noches lluviosas, y pueden ser totalmente cubiertas por la nieve y el hielo. Al igual que el forro usado para las señales, la mayoría de los tipos de marcas son retroreflejantes debido al uso de pequeñas cuentas de vidrio incrustadas o de diminutos retrorreflectores con forma de cubos de esquina.

Existen varias clases generales de marcas:

- Marcas sobre el pavimento.
- Marcas en las guarniciones.
- Marcas en otros objetos.
- Luces de demarcación.
- Pavimentos coloreados.
- Isletas.
- Barricadas y dispositivos de canalización.

El tipo más común de marcas, marcas sobre el pavimento, comprende líneas longitudinales y transversales, así como palabras y símbolos. También pueden incluir características audibles y táctiles, como los marcadores elevados en el pavimento, los perfiles superficiales modificados, etcétera.

En síntesis:

- Las líneas intermitentes tienen carácter permisivo; las continuas son restrictivas; las líneas dobles indican máxima restricción.
- Las líneas blancas indican la separación del flujo de tránsito en la misma dirección; las líneas amarillas indican la separación del flujo en direcciones opuestas.

- La anchura de la línea señala el grado de énfasis con anchuras normales de línea de 4 a 6 pulg (100 a 150mm).

Semáforos

Los semáforos son un elemento que puede ser una columna de acero galvanizado o de fundición de hierro, con una altura de 2 o 2.40m o un báculo o dispositivo de suspensión sobre la calzada y constituido por dos elementos rectos unidos por uno curvo. Se utilizan báculos donde es necesario que los semáforos se vean a gran distancia o donde las columnas puedan quedar poco visibles por el arbolado o por vehículos de grandes dimensiones estacionados.

Los cambios de luces de un semáforo están controlados por un dispositivo denominado regulador instalado dentro de un armario metálico y que puede ser: Autónomo, Sincronizable y Centralizado.

Se distinguen 3 modalidades de funcionamiento de los reguladores: Con tiempos fijos o preprogramados, Accionados por el tráfico, y Con un control centralizado.

Los colores de las luces de semáforos significan:

- Rojo: Alto o detenerse.
- Ámbar: Advertencia
- Verde: Pasar o seguir adelante.

Sistemas Avanzados de Manejo del Transporte

La ley de 1991 de eficiencia en el transporte de superficie intermodal (Intermodal Surface Transportation Efficiency, ISTEA) lanzó el desarrollo de un Sistema Nacional de Transporte Intermodal en Estados Unidos. Se incluyó un financiamiento para el Intelligent Vehicle-Highway Systems (sistema carretero de vehículos inteligentes,

posteriormente llamado sistemas de transporte inteligente), que es la aplicación de tecnologías avanzadas en prospección, comunicaciones, procesamiento de información y control para aumentar la seguridad y la eficiencia del transporte de superficie. Algunas veces llamada “Smart Cars and Smart Highways”, la jerarquía ITS se divide en seis áreas de sistemas interrelacionados, cada una centrada en la tecnología y las aplicaciones.

Sistemas orientados a la tecnología:

- Sistemas de manejo avanzado de tránsito (ATMS).
- Sistemas avanzados de información para el viajero (ATIS).
- Sistemas avanzados de control vehicular (AVCS).

Sistemas orientados a las aplicaciones:

- Sistemas avanzados de transporte público (APTS).
- Operaciones comerciales con vehículos (CVO).
- Sistemas avanzados de transporte rural (ARTS).

Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones 8° Edición

Autores: Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola, y James Cárdenas Grisales

Fuente: www.udocz.com

País: México. **Año:** 2007

Según (Rafal Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2007), la Ingeniería de Tránsito es una fase o parte de la Ingeniería de Transporte, la cual nace en la medida que la sociedad se ha ido tornando más compleja a través del tiempo, se ha incrementado la necesidad de unir las distintas actividades que se llevan a cabo en lugares separados en busca de una utilidad o beneficio, mediante el transporte de personas y mercancías sobre diversos medios de comunicación. La velocidad, el costo y la capacidad del sistema de transporte disponible,

tienen un impacto significativo en la vitalidad económica de una región y en la habilidad en el uso de sus recursos naturales. Las entidades gubernamentales en todos sus niveles, las universidades y las compañías particulares están una u otra de manera respondiendo a estas necesidades, mediante la conformación de autoridades apropiadas, grupos de planeación, profesionales y oficinas de estudios e investigación.

Clasificación de los dispositivos para el control de tránsito

Se denominan dispositivos para el control de tránsito a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas.

Los dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras se clasifican en:

1. Señales
 - Preventivas
 - Restrictivas
 - Informativas
2. Marcas
 - Rayas
 - Símbolos
 - Letras
3. Obras y dispositivos diversos
 - Cercas
 - Defensas
 - Indicadores de obstáculos
 - Indicadores de alineamiento
 - Tachuelas o botones

- Reglas y tubos guía
 - Bordos
 - Vibradores
 - Guardaganados
 - Indicadores de curva peligrosa
4. Dispositivos para protección de obra
- Señales preventivas, restrictivas e informativas
 - Canalizadores
 - Señales manuales.
5. Semáforos
- Vehiculares
 - Peatonales
 - Especiales

Señales Preventivas

Las señales preventivas tienen como función dar al usuario un aviso anticipado para prevenirlo de la existencia, sobre o a un lado de la carretera o calle, de un peligro potencial y su naturaleza. Así se cumple la regla de oro del tránsito que dice: “que no deben existir cambios bruscos”.



Fig. 30 Señales preventivas

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones – 2007 Rafael Cal y Mayor

Señales restrictivas

Las señales restrictivas tienen como función expresar en la carretera o calle alguna fase del Reglamento de Tránsito, para su cumplimiento por parte del usuario. En general, tienen a restringir algún movimiento del mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada. Infringir las indicaciones de una señal restrictiva acarreará las sanciones previstas por las autoridades de tránsito.

Las señales restrictivas de acuerdo a su uso se clasifican en los siguientes grupos:

- De derecho de paso de vía
- De inspección
- De velocidad máxima o mínima
- De movimientos o circulación
- De mandato por restricciones y prohibiciones
- De estacionamiento

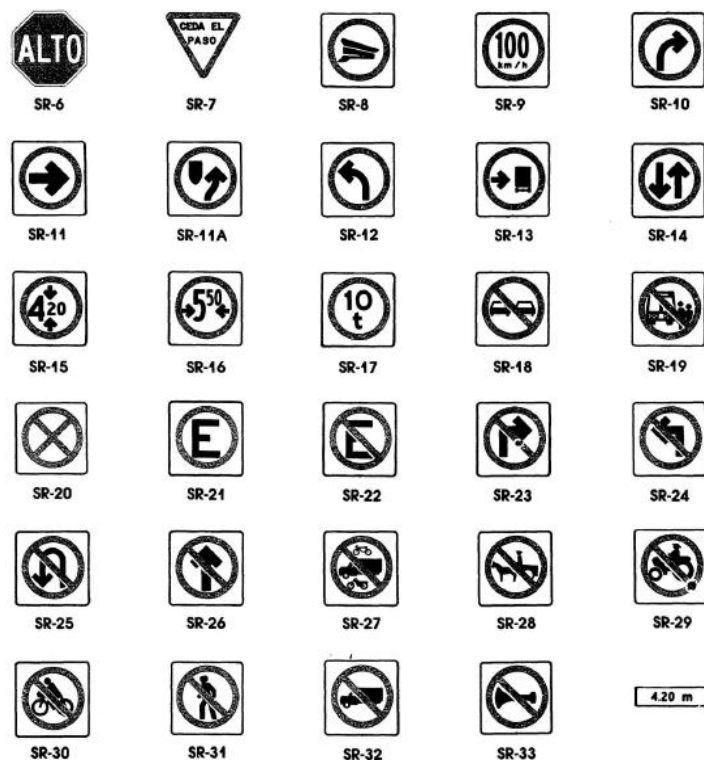


Fig. 31 Señales restrictivas

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones – 2007 Rafael Cal y Mayor

Señales Informativas

Las señales informativas tienen como función guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar.

Las señales informativas, de acuerdo a la información que den, se clasifican en:

- De identificación
- De destino
- De recomendación e información general
- De servicios y turísticas.

Señales informativas de destino

Las señales informativas de destino tienen como función informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido. Podrán ser señales bajas, diagramáticas y elevadas. Su aplicación es primordial en las intersecciones, donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.

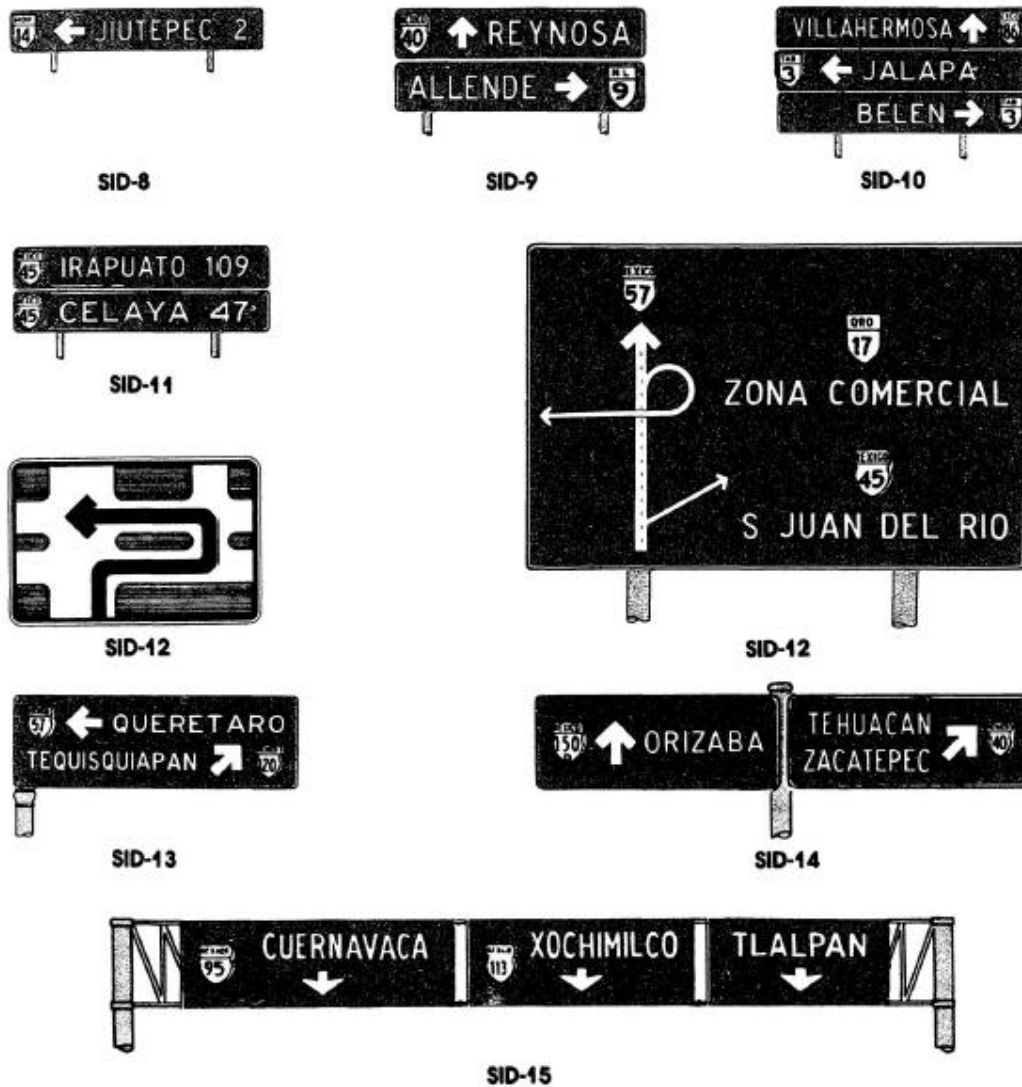


Fig. 32 Señales informativas
 Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones – 2007 Rafael Cal y Mayor

Semáforos

Los semáforos son dispositivos eléctricos que tienen como función ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control.

Con base en el mecanismo de operación de los controles de semáforos, estos se clasifican en:

1. Semáforos para el control del tránsito de vehículos
 - No accionados por el tránsito.
 - Accionados por el tránsito.
 - Totalmente accionados por el tránsito.
 - Parcialmente accionados por el tránsito.
2. Semáforos para pasos peatonales
 - En zonas de alto volumen peatonal.
 - En zonas escolares.
3. Semáforos especiales
 - De destello.
 - Para regular el uso de carriles.
 - Para puentes levadizos.
 - Para maniobras de vehículos de emergencia.
 - Con barreras para indicar aproximación de trenes.

Los colores de los semáforos deberán ser de la siguiente manera:

1. Rojo fijo

Los conductores de los vehículos se detendrán antes de la raya de parada. Los peatones no cruzarán la vía, a menos que algún semáforo les indique el paso.

2. Amarillo fijo

Advierte a los conductores de los vehículos que está a punto de aparecer la luz roja y que el flujo vehicular que regula la luz verde debe detenerse. De la misma manera avisa a los peatones que no disponen de tiempo suficiente para cruzar, excepto cuando exista algún semáforo indicándoles que pueden realizar el cruce. Sirve para despejar el tránsito en una intersección y para evitar frenadas bruscas.

3. Verde fijo

Los conductores de los vehículos podrán seguir de frente o dar vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos que una señal prohíba dichas vueltas. Los peatones que avancen hacia el semáforo podrán cruzar, a menos que algún otro semáforo les indique lo contrario.

4. Rojo intermitente

Cuando se ilumine una lente roja con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán alto obligatorio y se detendrán antes de la parada de la raya. Se empleará en el acceso a una vía principal.

5. Amarillo intermitente

Cuando se ilumine una lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. Se empleará en la vía que tenga la preferencia.

6. Verde intermitente

Cuando una lente verde funcione con destellos intermitentes, advierte a los conductores el final del tiempo de luz verde.

Volumen de tránsito

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado.

Se expresa como:

$$Q = N/T$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Periodo determinado (unidades de tiempo)

Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

1. Tránsito anual (TA)
2. Tránsito mensual (TM)
3. Tránsito semanal (TS)
4. Tránsito diario (TD)
5. Tránsito horario (TH)
6. Tasa de flujo o flujo (q)

Volúmenes de tránsito promedio diarios

1. Tránsito promedio diario anual (TPDA)
$$TPDA = TA/365$$
2. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)
$$TPDM = TM/30$$
3. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)
$$TPDS = TS/7$$

Velocidad

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h).

Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:

$$V = d/t$$

Donde:

V = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (horas)

Velocidad de punto

Relación de la velocidad y tiempos de recorrido en un punto determinado

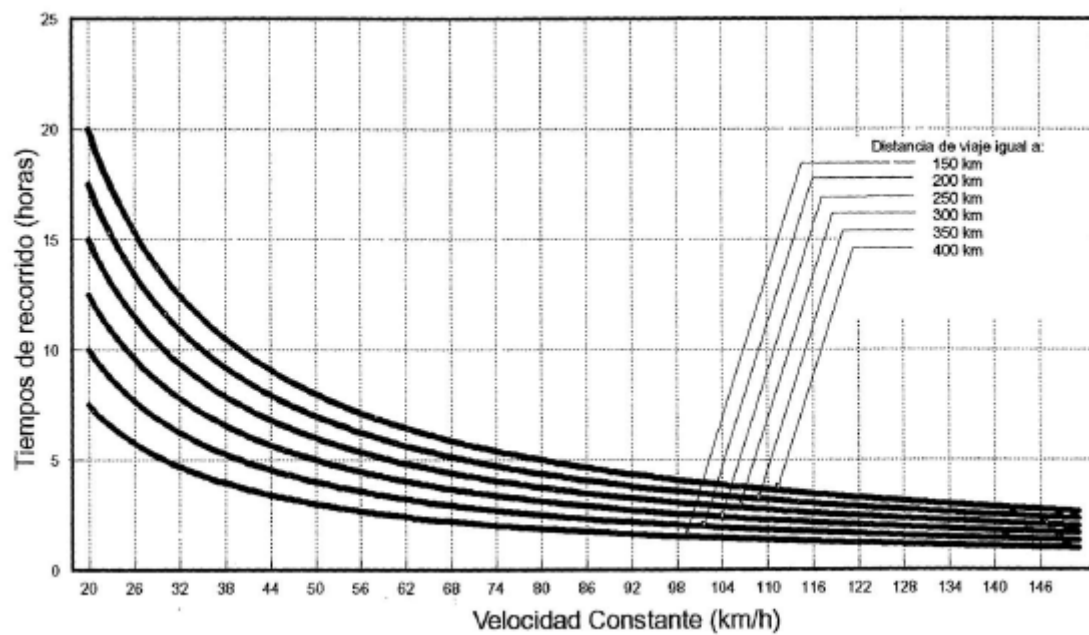


Fig. 33 Velocidades de punto

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones – 2007 Rafael Cal y Mayor

Velocidad media temporal

Es la media aritmética de la velocidad de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado.

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$$

Donde:

V_t = Velocidad media temporal

V_i = Velocidad del vehículo i

n = Número total de vehículos observados

Velocidad media espacial

Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera.

Donde:

V_e = velocidad media espacial

d = distancia dada o recorrida

t = tiempo promedio de recorrido

$$\bar{v}_e = \frac{d}{\bar{t}}$$

Capacidad vial

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda es su capacidad.

La capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican; éstos se agrupan en tres tipos generales:

- **Condiciones de la infraestructura vial**

Son las características físicas de la carretera o calle (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos, dividida o no, de dos o más carriles, etc.), el desarrollo de su entorno, las características geométricas y el tipo de terreno donde se aloja la obra.

- **Condiciones del tránsito**

Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio y a su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos.

- **Condiciones de control**

Hace referencia a los dispositivos para el control de tránsito, tales como semáforos y señales restrictivas.

Nivel de Servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas o pasajeros.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

Los niveles de servicio para sistemas viales de circulación continua son:

- Nivel de servicio A

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito.

- Nivel de servicio B

Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A

- Nivel de servicio C

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios.

- Nivel de servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.

- Nivel de servicio E

El funcionamiento está en el, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a ceder el paso.

- Nivel de servicio F

Representa condiciones de flujo forzado. Se forman colas porque la cantidad de tránsito en un punto excede la cantidad que puede pasar por él.



Nivel de Servicio A



Nivel de Servicio B



Nivel de Servicio C



Nivel de Servicio D



Nivel de Servicio E



Nivel de Servicio F

Fig. 34 Niveles de Servicio

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones – 2007 Rafael Cal y Mayor

2.2.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Transportar: Llevar una cosa de un paraje o lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el precio convenido.

Transporte o Transportación: Artilugios o vehículos que sirven para tal efecto, llevando individuos o mercaderías desde un determinado sitio hasta otro.

Transitar: Ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos.

Tránsito: Acción de transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro".

Tráfico: Tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, etc.

Clasificación de conteos:

Los conteos vehiculares se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Conteos direccionales:** se registran los volúmenes clasificados de acuerdo con la dirección y el sentido del flujo vehicular.
- **Conteo clasificación:** se obtienen los volúmenes clasificados por tipo de vehículo, número de ejes, peso y dimensiones.
- **Conteo intersecciones:** se registran los volúmenes clasificados por tipo de movimiento (directo, giro a derecha y giro a la izquierda) y por tipo de vehículo (auto, bus, camión, etc.). Según Vargas, W., Rincón, M. & González, C., (2013). Ingeniería de Transito. Conceptos Básicos, 45-48.

Métodos de conteo:

- **Conteo mecánico:** se utilizan aparatos mecánicos portátiles y fijos cuya utilización depende del objeto del estudio pueden ser detectores neumáticos, equipo fotográfico, contador electrónico (sensores debajo del pavimento), etc.
- **Conteo manual:** este método emplea personal de campo para su realización que permite la clasificación vehicular, direcciones de recorrido y los usos de carriles.

Según Vargas, W., Rincón, M. & González, C., (2013). Ingeniería de Transito. Conceptos Básicos, (pp. 45-45).

Periodos de conteo

El periodo de conteo no debe comprender condiciones en las que se presenten eventos especiales, a menos que se desee estudiar específicamente esa situación. Algunos de los periodos más usados son los siguientes:

- Conteo de 3 días: comprenden conteos de 14 horas durante tres días consecutivos, preferibles martes, miércoles y jueves, de una semana cualquiera.
- Conteo de 12 horas: se realizan normalmente en el periodo siete de la mañana a siete de la noche.
- Conteo en periodos pico: comprenden los periodos de mayor demanda del tránsito.

Según Vargas, W., Rincón, M. & González, C., (2013). Ingeniería de Transito. Conceptos Básicos, (pp.45-46).

Composición vehicular:

Los vehículos se han clasificado de las siguientes maneras:

- Autos: corresponden a todos los vehículos livianos (de cuatro ruedas).
- Buses: incluyen los buses, busetones y busetas.
- Camiones: corresponden a todos los vehículos de carga de más de cuatro ruedas.

Se han clasificado de acuerdo con el número de ejes así:

- Camión C2: de dos ejes.
- Camión C3: de tres ejes.
- Camión C4: de cuatro ejes.
- Camión C5: de cinco ejes.
- Camión > C5: de más de cinco ejes.

- Motos: vehículos livianos de 2 ruedas a 3 ruedas.

Según Vargas, W., Rincón, M. & González, C., (2013). Ingeniería de Tránsito. Conceptos Básicos, (pp.47-48).

Ajuste de Volúmenes:

Tener información de los volúmenes de tránsito, es necesario para el análisis de la situación actual de la zona en estudio. Asimismo, esta recolección de datos sirve de base para realizar la proyección a futuro de acuerdo al año horizonte seleccionado y tener con esto un panorama de cómo influirá el desarrollo en la zona.

Hay dos maneras de conseguir los volúmenes de tránsito; por un lado, se pueden obtener a partir de datos históricos existentes; y por el otro, de medición directa en el área de estudio. Analizando las ventajas y desventajas de estos análisis; la primera alternativa es menos costosa en términos de tiempo y dinero, sin embargo, es útil solo cuando se tiene datos de fuentes confiables con un año de antelación y cuando se conoce las tendencias del tráfico en la zona con cierta exactitud.

La segunda alternativa, es menos económica y más laboriosa, con ella se obtienen mejores resultados, ya que la data proviene de información recolectada en el área de estudio en el momento de interés.

Existen diversas formas de obtener los recuentos de los volúmenes de tránsito. Según Cal y Mayor:

Quintero, A (2012). “(...) los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular. Los aforos por combinación de métodos manuales y mecánicos, tales como el uso de contadores mecánicos accionados manualmente por observadores. Los aforos con el

uso de dispositivos mecánicos, los cuales automáticamente contabilizan y registran los ejes de los vehículos. Y los aforos con la utilización de técnicas tan sofisticadas como las cámaras fotográficas, las filmaciones y los equipos electrónicos adaptados a computadoras.” (p. 168)

Cálculo del Índice Medio Diario

El tráfico medio diario no viene a ser otra cosa que el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor de un año, dividido entre el número de días del periodo.

Resultados obtenidos a partir de los datos obtenidos en los conteos y clasificación vehicular en campo, se procedió a analizar la consistencia de la misma. En el siguiente cuadro se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

Calculo del tráfico Medio Diario Semanal

El Promedio de Tráfico Diario Semanal o Índice Medio Diario Semanal (IMDS), se obtiene a partir del volumen diario registrado en el conteo vehicular, aplicando la siguiente fórmula:

$$IMDS = SV_i / 7$$

En donde:

Vi: Volumen Vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo.

Factores de Corrección

Dado que el flujo vehicular se ha realizado en una muestra de un periodo de una semana y requiriéndose estimar el comportamiento anualizado del tránsito, para

determinar el IMDA, resulta necesario usar factores de corrección que permitan expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

Calculo Del Tráfico Medio Diario Anual (IMDA)

El IMDA (Índice Medio Diario Anual) es obtenido a partir del IMDS (Índice Medio Diario Semanal) y del Factor de Corrección Estacional (FC).

$$\text{IMDA} = \text{FC} \times \text{IMDS}$$

A partir de los volúmenes diarios semanales por tipo de vehículo, indicados en la tabla anterior y aplicando el factor de corrección de 1.10 recomendado, se procedió a obtener El Índice Medio Diario Anual, el cual se muestra a continuación, es preciso mencionar que los valores que se muestran consideran el tránsito contabilizado en ambos sentidos.

3. HIPÓTESIS

3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El estudio de la red vial América Sur, tramo Avenida Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma, nos permitirá identificar la problemática actual para la futura toma de decisiones en los proyectos del estado respecto al área de estudio; así como, la optimización de los dispositivos, señales y características actuales de las vías mencionadas.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES
INDEPENDIENTE:	El estudio del tráfico vehicular se realiza con la finalidad de brindar	Dispositivos para el control de Tránsito	Tiempos de Semáforos(s)
Estudio del Tráfico Vehicular (Cuantitativo)	un aliviamiento a las vías de alto congestionamiento y también determinar problemas existentes.	Vías Urbanas	Capacidad Volúmenes(IMS) Nivel de Servicio
DEPENDIENTE:	Las redes viales están constituidas por el conjunto de vías terrestres, marítimas y aéreas a	Reprogramación de Semáforos	Tiempos de Semáforos
Optimización de la Red Vial (Cualitativo)	través de las cuales podemos lograr establecer relaciones comerciales y trasladar personas u objetos de un lugar a otro. Dentro de todas las redes viales existen características y dispositivos que nos permiten clasificarlas por su nivel de servicio, su capacidad y medir sus volúmenes y sus tiempos de semáforos.	Modificación de las características y señalización de las vías urbanas.	Capacidad Volúmenes Nivel de Servicio

3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Estudio del tráfico vehicular

3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

- Optimización de la Red Vial

4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO DE INVESTIFACIÓN

✓ Por el propósito

INVESTIGACIÓN APLICADA: Busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico.

✓ Por la clase de medios utilizados para obtener los datos

INVESTIGACIÓN DE CAMPO: Se apoya en informaciones que provienen, entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Como es compatible desarrollar este tipo de investigación junto a la investigación de carácter documental, se recomienda que primero se consulten las fuentes de la de carácter documental, a fin de evitar una duplicidad de trabajos.

✓ Por el nivel de conocimientos que se adquieren

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA: El método más adecuado para este tipo de investigación es el descriptivo, en esencia se trata de determinar tráfico de las intersecciones Prolongación César Vallejo – Av. América Sur, Av. La Marina – Av. América Sur, Av. Gonzales Prada - Av. América Sur, Av. José María Euguren – Av. América Sur, Av. Ricardo Palma – Av. América Sur, de modo que posteriormente se pueda determinar de forma adecuada, y basado en un procedimiento también debidamente fundamentado los componentes de las vías indicadas.

Las fuentes de información principales serán los estudios de campo y de gabinete.

Procedimiento:

- Identificación de tramos de la demanda, en la ruta del estudio.
- Conteos de tránsito en cada sub tramo por un período consecutivo de 7 días (lunes a domingo), en una semana de estudio. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo.
- Con los datos obtenidos, se definirá el volumen total horario pico y el flujo promedio horario.
- Se definirá los niveles de servicios para las distintas vías en estudio.

4.2. UNIDAD DE ESTUDIO

Se realizarán cálculos de volúmenes de Tránsito, velocidades, tasas de flujo y densidad; para determinar cuáles de las intersecciones tiene mayor tráfico vehicular con esto se empleará diferentes tipos de recomendaciones hacia los diferentes problemas que se encontraran en nuestro objeto de estudio así mismo gracias a nuestro estudio se dará paso para otros tipos de investigaciones más adelante.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

4.3.1. POBLACIÓN

La población considerada es todo el tramo Prolongación Vallejo y avenida Ricardo Palma de la Ciudad de Trujillo Metropolitano.

4.3.2. MUESTRA

La muestra considerada son las 5 principales intersecciones de la Avenida América Sur, entre la Avenida Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma; las cuales son:

- ✓ Prolongación Cesar Vallejo – Avenida América Sur.
- ✓ La Marina – Avenida América Sur.
- ✓ Avenida Gonzales Prada – Avenida América Sur
- ✓ Avenida José María Eguren – Avenida América Sur.
- ✓ Avenida Ricardo Palma – Avenida América Sur.

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Fichaje:** Para recolectar información del IMD.
- **Lista de Control:** Para obtener información sistemática y organizada del estudio determinando volúmenes de tránsito, velocidades, tasas de flujo, tiempos de semáforo.

- **Técnicas de procesamiento y análisis de la información**

Una vez obtenida la información de campo en gabinete se procesara dicha información para así obtener velocidades, tasas de flujo, densidad y volúmenes de transito empleando las metodologías descritas en la Norma de Ingeniería de Transporte.

- **Unidad de Análisis**

En campo se extraerá los principales parámetros los cuales son: volúmenes de tránsito, tasas de flujo, velocidades y densidad; para así poder identificar la problemática y la posterior adaptación específica a cada intersección, según se cubran las necesidades.

4.5. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO

Para llevar a cabo el proyecto se empleará una serie de procesos que se mencionan a continuación:

- Identificar las zonas de muestreo en el área de estudio.
- Realizar inspección visual para la identificación del personal a emplear.
- Toma de datos en campo a fin de obtener la información necesaria.
- Determinación de volúmenes de tránsito, velocidades, tasas de flujo, tiempos de semáforo.
- Procesamiento de datos en gabinete.
- Identificación de problemáticas en las principales intersecciones
- Optimización y recomendaciones para la posterior mejora.

4.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ETAPAS	Set. 2017				Oct. 2017				Nov. 2017				Dic. 2017				Ene. 2017			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración del proyecto	■	■	■	■	■	■														
Aprobación del proyecto							■													
Recolección de datos									■	■										
Procesamiento de resultados										■										
Elaboración del informe de tesis											■									
Presentación del informe a jurados												■								
Levantamiento de observaciones													■							
Presentación final de tesis														■						
Sustentación o defensa de tesis															■					■

4.7. PRESUPUESTO

Personal

2 Tesistas

1 Asesor

Bienes

- Útiles de Escritorio : 2 Unidad
- Tinta para la Impresora: 3 Unidades
- Papel Bond : 2 millar
- Laptop : 1 Unidad
- Computadora : 1 Unidad
- USB : 2 Unidad

Servicios

- Internet : 200 horas
- Pasajes (Movilidad local) : 60 servicios
- Espiralado : 6 unidades
- Fotocopias : 200 hojas
- Impresión : 500 hojas
- Planos : 8 planos

Financiamiento

Con recursos propios

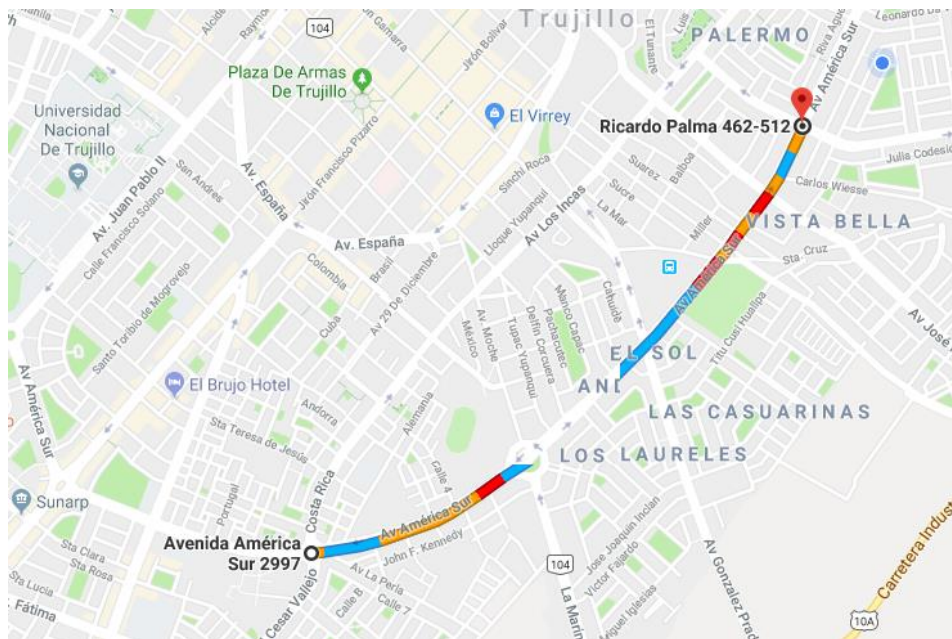
El financiamiento de este proyecto de investigación será autofinanciado por los investigadores.

NATURALEZA DEL GASTO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
13.1 PERSONAL	Autores	1	Global	S/0.00	S/0.00
	Asesores	1	Global	S/0.00	S/0.00
13.2 BIENES	Utiles de escritorio	1	Global	S/100.00	S/100.00
	Tinta para Impresora	3	Unidad	S/60.00	S/180.00
	Papel Bond	2	Millar	S/30.00	S/60.00
	Impresora	1	Unidad	S/350.00	S/350.00
	Laptop	1	Unidad	S/2,500.00	S/2,500.00
	Computadora	1	Unidad	S/3,000.00	S/3,000.00
	USB	1	Unidad	S/40.00	S/40.00
13.3 SERVICIOS	Internet	250	Horas	S/1.00	S/250.00
	Movilidad	60	Pasajes	S/5.00	S/300.00
	Espiralado	6	Unidad	S/5.00	S/30.00
	Fotocopias	200	Unidad	S/0.05	S/10.00
	Impresión	500	Unidad	S/0.05	S/25.00
	Planos	15	Unidad	S/5.00	S/75.00
	TOTAL				

II. Resultados

1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en Región La Libertad, Provincia de Trujillo, Distrito de Trujillo.



2. ALCANCE DEL PROYECTO

El estudio se basa en el análisis de las principales intersecciones delimitadas en nuestra área de estudio, desde la intersección de la Avenida América Sur – Prolongación Cesar Vallejo hasta la intersección de la Avenida América Sur – Avenida Ricardo Palma. Al identificar las principales intersecciones del tramo mencionado, logramos ubicar cinco puntos críticos de tráfico en la Avenida América Sur.

Durante el periodo de una semana se realizó un conteo estacionario de las intersecciones de la Avenida América Sur: Prolongación Cesar Vallejo, Avenida La Marina, Avenida Gonzales Prada, Avenida José María Eguren, Avenida Ricardo Palma. De los cuales se extrajo la siguiente información:

- Volúmenes de Transito (diario, semanal, mensual, anual).
- Factor diario semanal.
- Capacidad y niveles de servicio.

3. METODOLOGIA DEL TRABAJO

Como parte del proyecto se efectuaron diversos trabajos en campo, entre los cuales los de mayor importancia son:

- Identificación de tipos de vehículos.
- Volúmenes de tránsito, Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).
- Medición de tiempos de semáforos.
- Estado físico de calzadas.
- Estado físico de señalización Horizontal y Vertical.

Con los datos obtenidos se definirán los volúmenes de tránsito en hora pico y los niveles de servicio de las vías.

Metodología de R.Akcelik y F.V. Webster

Para comprender esta metodología es necesario precisar algunos términos básicos o parámetros de tiempo y así evitar posibles confusiones:

- **Indicación de señal:** Es el encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.

- **Ciclo o Longitud de Ciclo:** Tiempo necesario para que el disco indicador efectúe una revolución completo. En otras palabras, es el tiempo necesario para una secuencia completa de todas las indicaciones de señal del semáforo.

- **Movimiento:** Maniobra o Conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila.

- **Intervalo:** Cualquiera de las diversas divisiones del ciclo, durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo.

- **Fase:** Parte del ciclo asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de paso, durante uno o más intervalos. Es la selección y ordenamiento de movimientos simultáneos. Una fase puede significar un solo movimiento vehicular, un solo movimiento peatonal, o una combinación de movimientos vehiculares y peatonales. Una fase comienza con la pérdida del derecho de paso de los movimientos que entran en conflicto con los que lo ganan. Un movimiento pierde el derecho de paso en el momento de aparecer la indicación ámbar.

- **Secuencia de Fases:** Orden predeterminado en que ocurren las fases del ciclo.

- **Reparto:** Porcentaje de la longitud del ciclo asignado a cada una de las diversas fases.

- **Intervalo de Despeje:** Tiempo de exposición de la indicación ámbar del semáforo que sigue al intervalo verde. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente.

- **Intervalo todo Rojo:** Tiempo de exposición de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara a circular. Es utilizado en la fase que recibe el derecho de paso después del ámbar del ámbar de la fase que lo pierde, con el fin de dar un tiempo adicional que permita a los vehículos, que pierden el derecho de paso, despegar la intersección antes de que los vehículos, que lo ganan, reciban el verde. Se aplica sobre todo en aquellas intersecciones que sean excesivamente anchas. También puede ser utilizado para crear una fase exclusiva para peatones.

- **Intervalo de Cambio de Fase:** Intervalo que puede consistir solamente en un intervalo de cambio ámbar o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo.

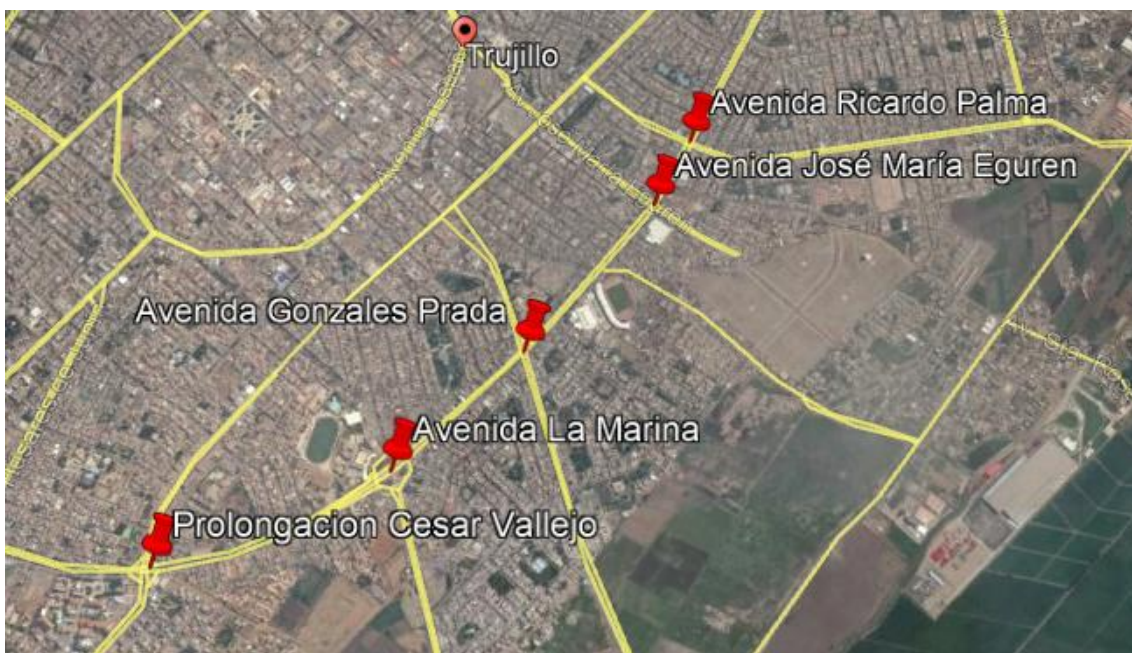
4. CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR.

4.1. OBJETIVO Y FINALIDAD.

Cuantificar el volumen horario de máxima demanda, en la red vial Avenida América Sur, tramo Avenida Cesar Vallejo – avenida Ricardo Palma, Trujillo.

4.2. RELACION DE INTERSECCIONES DE ESTUDIO Y CONTEO.

- Prolongación Cesar Vallejo – Avenida América Sur.
- Avenida La Marina – Avenida América Sur.
- Avenida Gonzales Prada – Avenida América Sur.
- Avenida José María Eguren – Avenida América Sur.
- Avenida Ricardo Palma – Avenida América Sur.



Puntos Críticos Avenida América Sur (Google Maps).

4.3. CÁLCULO DE TRANSITO PROMEDIO.

Para el cálculo del TPDS representativo en las principales intersecciones de la red vial Avenida América Sur, tramo Avenida Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo.

Se promediaron los valores semanales del día 06/11/2017 al 12/11/2017.

Tabla N° 1 Calculo del TPDS, TPDM, TPDA en Prolongación Vallejo – Avenida América Sur.

DIAS	SENTIDO		TD TRANSITO DIARIO	Fd factor diario
	NORTE SUR	SUR NORTE		
06	9380	9470	18850	7.037
07	9697	9598	19295	6.875
08	9425	9323	18748	7.075
09	9375	9626	19001	6.981
10	9455	9695	19150	6.927
11	9305	9636	18941	7.003
12	9051	9614	18665	7.107

TS=transito semanal	132650
---------------------	--------

TPDS = transito promedio diario semanal	18950
TPDM = transito promedio diario mensual	4422
TPDA = transito promedio diario anual	368

Tabla N° 2 Calculo del TPDS, TPDM, TPDA en Avenida La Marina – Avenida América Sur.

DIAS	SENTIDO		TD TRANSITO DIARIO	Fd factor diario
	NORTE SUR	SUR NORTE		
6	9150	9090	18241	7.131
20	9544	9472	19016	6.840
21	9092	9259	18351	7.088
22	9195	9614	18808	6.916
23	9202	9519	18721	6.948
24	9066	9491	18558	7.009
25	8870	9508	18378	7.078

TS=transito semanal	130072
---------------------	--------

TPDS = transito promedio diario semanal	18582
TPDM = transito promedio diario mensual	4336
TPDA = transito promedio diario anual	361

Tabla N° 3 Calculo del TPDS, TPDM, TPDA en Avenida Gonzales Prada – Avenida América Sur.

DIAS	SENTIDO		TD TRANSITO DIARIO	Fd factor diario
	NORTE SUR	SUR NORTE		
2	8431	8526	16957	7.063
4	8723	8666	17389	6.887
5	8505	8402	16907	7.084
6	8479	8721	17200	6.963
7	8538	8706	17245	6.945
8	8414	8718	17132	6.991
9	8187	8749	16936	7.072

TS=transito semanal	119766
---------------------	--------

TPDS = transito promedio diario semanal	17109
TPDM = transito promedio diario mensual	3992
TPDA = transito promedio diario anual	333

Tabla N° 4 Calculo del TPDS, TPDM, TPDA en Avenida José María Eguren – Avenida América Sur.

DIAS	SENTIDO		TD TRANSITO DIARIO	Fd factor diario
	NORTE SUR	SUR NORTE		
12	4806	4746	9551	6.603
13	4587	4611	9198	6.856
14	4372	4304	8676	7.269
15	4471	4455	8925	7.066
16	4420	4428	8847	7.128
17	4420	4510	8930	7.062
18	4506	4433	8939	7.055

TS=transito semanal	63068
---------------------	-------

TPDS = transito promedio diario semanal	9010
TPDM = transito promedio diario mensual	2102
TPDA = transito promedio diario anual	175

Tabla N° 5 Calculo del TPDS, TPDM, TPDA en Avenida Ricardo Palma – Avenida América Sur.

DIAS	SENTIDO		TD TRANSITO DIARIO	Fd factor diario
	NORTE SUR	SUR NORTE		
12	5302	4808	10110	6.602
13	5061	4671	9732	6.858
14	4824	4360	9184	7.267
15	4932	4513	9445	7.066
16	4876	4485	9362	7.129
17	4876	4569	9446	7.066
18	4972	4490	9462	7.053

TS=transito semanal	66740
---------------------	-------

TPDS = transito promedio diario semanal	9534
TPDM = transito promedio diario mensual	2225
TPDA = transito promedio diario anual	185

4.4. CÁLCULO VOLUMEN DE HORA PICO

Para el cálculo del VTHP, Qmax, FHMD representativo en las principales intersecciones de la red vial Avenida América Sur, tramo Avenida Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo. Se promediaron los valores semanales del día 06/11/2017 al 12/11/2017.

Tabla N° 6 Calculo del VTHP, Qmax, FHMD en Prolongación Vallejo – Avenida América Sur.

VOLÚMEN HORA PICO DIARIO	
DIA	HORA
	15:00- 16:00
26	1722
27	1724
28	1645
29	1710
30	1703
1	1694
2	1706
TOTAL	11904

VTHP	1724
-------------	-------------

DIA	27
15:00-15:15	378
15:15-15:30	414
15:30-15:45	402
15:45-16:00	424

Qmax	424
FHMD (15)	0.94

Tabla N° 7 Calculo del VTHP, Qmax, FHMD en Avenida La Marina – Avenida América Sur.

VOLÚMEN HORA PICO DIARIO	
DIA	HORA
	11:00- 12:00
19	1612
20	1588
21	1596
22	1578
23	1608
24	1598
25	1496
TOTAL	11076

VTHP	1612
------	------

DIA	19
11:00-11:15	424
11:15-11:30	402
11:30-11:45	391
11:45-12:00	394

Qmax	424
FHMD (15)	0.95

Tabla N° 8 Calculo del VTHP, Qmax, FHMD en Avenida Gonzales Prada – Avenida América Sur.

VOLÚMEN HORA PICO DIARIO	
DIA	HORA
	15:00- 16:00
3	1525
4	1525
5	1525
6	1525
7	1525
8	1525
9	1525
TOTAL	10678

VTHP	1525
------	------

DIA	3
15:00-15:15	410
15:15-15:30	392
15:30-15:45	400
15:45-16:00	395

Qmax	410
FHMD (15)	0.93

Tabla N° 9 Calculo del VTHP, Qmax, FHMD en Avenida Eguren – Avenida América Sur.

VOLÚMEN HORA PICO DIARIO	
DIA	HORA
	15:00- 16:00
12	1290
13	1178
14	1057
15	1149
16	1082
17	1120
18	1040
TOTAL	7915

VTHP	1290
------	------

DIA	12
7:00-7:15	360
7:15-7:30	325
7:30-7:45	287
7:45-8:00	321

Qmax	360
FHMD (15)	0.89

Tabla N° 10 Calculo del VTHP, Qmax, FHMD en Avenida Ricardo Palma – Avenida América Sur.

VOLÚMEN HORA PICO DIARIO	
DIA	HORA
	15:00- 16:00
12	1423
13	1300
14	1166
15	1267
16	1194
17	1235
18	1147
TOTAL	8733

VTHP	1423
------	------

DIA	12
7:00-7:15	379
7:15-7:30	341
7:30-7:45	300
7:45-8:00	335

Qmax	379
FHMD (15)	0.94

4.5. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

La capacidad y nivel de servicio se clasifican según el tipo de vías a estudiar para ello se debe de emplear el cuadro de aforo del manual centro americano.

Tabla N° 11: ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS REGIONALES

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES		COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA, vehiculos promedio diario	> 20,000	20,000 - 10,000	10,000 - 3,000	3,000 - 500	3,000 - 500
2	VHD, vehiculos por hora	> 2,000	2,000 - 1,000	1,500 - 450	300 - 50	450 - 75
3	Factor de hora pico	0.92	0.92	0.95 - 0.91	0.92	0.65
4	Vehiculo de Diseño	WR-20	WR-20	WR-20	WR-20	WR-20
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño o Directriz, Km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	Numero de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carril	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3
9	Ancho de Hombros/Espaldas, metros	Int: 1.0 - 1.0 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.0 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 0.5 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.3	Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav. - Grava
11	Dist. de Visib. de Parada, metros	110 - 245	110 - 170	85 - 140	65 - 110	65 - 110
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480 - 670	480 - 600	410 - 540	350 - 480	350 - 480
13	Radio Min. de Curva, Peralte 6%, metros	195 - 560	195 - 335	135 - 250	90 - 195	90 - 195
14	Máximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'	12°44' - 5°53'	12°44' - 5°53'
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobre elevación, porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5 - 3	1.5 - 3	1.5 - 3	1.5 - 3
18	Pendiente de Hombros, Porcentaje		2-5	2-5	2-5	2-5
19	Ancho de Puentes entre Bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS 20-44+25%	HS 20-44+25%	HS 20-44	HS 20-44
21	Ancho de Derecho de vida, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30
22	Ancho de Mediana, metros	4-12	4-10	2-6	-	-
23	Nivel de Servicio, Según HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D
24	Tipo de de Control de Acceso	Control total	Control total	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACION FUNCIONAL	AR - TS	AR - TS - TR	TR - CR	TS - CS	TR - CR

Notas: Pav: Pavimento asfaltico o de Cemento Portland

Fuente: Highway Capacity Manual

4.5.1. NIVEL DE SERVICIO

Según la norma manual centro americano “es por estas simples consideraciones, que las carreteras se diseñan para operar a volúmenes horarios por debajo de la capacidad. El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestionamiento alcance los niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos quizá a tolerar un mínimo de congestionamiento; los estándares de diseño vigentes, que predeterminarán algunos requerimientos básicos según la clasificación funcional de la vía; y los recursos disponibles para atender estas necesidades.” Pág. (63)

El conocido Manual de Capacidades de Carreteras establece seis niveles de servicio, identificados subjetivamente por las letras desde la A hasta la F, de menor tránsito a mayor tránsito.

La escogencia de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. (Como criterio de análisis, se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño.).

Las condiciones generales de operación para los niveles de servicio, se describen sumariamente de la siguiente manera:

Tabla N° 12: Niveles de Servicio.

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos
F	Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito

Fuente: Highway Capacity Manual

Con este cuadro nos guiamos para resolver nuestro cálculo flujo de servicio.

<p>$S_{fi} = 2800 \times (v/c) \times f_d \times f_w \times f_{hv}$</p> <p>Donde:</p> <p>S_{fi} = Cálculo de flujo de servicio</p> <p>f_d = Factor de distribución del tránsito</p> <p>f_w = Factor de ancho de carril</p> <p>f_{hv} = Factor de vehículos pesados</p>

Para el factor de distribución del tránsito identificamos el ajuste de distribución direccional del tráfico de nuestra vía. Para esto nos guiamos de otro cuadro de aforo HCM.

Tabla N° 13: Factores de Ajuste por Distribución Direccional

Separación Direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

Fuente: Highway Capacity Manual

Para el factor de carril y ancho de hombro, medimos nuestra vía de estudio como un dato para luego encontrar en el aforo mostrado según la fuente de HCM.

Tabla N° 14: Factores de Ajuste por Efecto Combinado de Carriles Angosto y Hombros Restringidos, Carreteras de dos Carriles.

Hombro (m)	Carril de 3.65m		Carril de 3.35m		Carril de 3.05m		Carril de 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Fuente: Highway Capacity Manual

Como último paso debemos determinar el factor de vehículos pesados para esto debemos desarrollar el cálculo de dicho dato para poder determinar la capacidad y nivel de servicio de las vías en estudio.

Emplearemos la siguiente formula:

$$F_{hv} = 1 / ((1+PT (ET-1) + PB (EB-1) + PR (ER-1))$$

Para esto determinamos por el siguiente cuadro empleado por HCM.

Tabla N° 15: Automóviles Equivalentes por Camiones y Autobuses, en Función del Tipo de Terreno, Carreteras de dos Carriles.

TIPO DE VEHICULOS	NS	TIPO DE TERRENO		
		Plano	Ondulado	Montañoso
CAMIONES, ET	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
BUSES, EB	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5

Fuente: Highway Capacity Manual

Una vez empleado todas las fórmulas de manera adecuada, procedemos a determinar la capacidad y nivel de servicio de nuestra vía con la fórmula:

$$Sfi = 2800 \times (v/c) \times fd \times fw \times fhv$$

Donde:

Sfi = Cálculo de flujo de servicio

fd = Factor de distribución del tránsito

fw = Factor de ancho de carril

fhv = Factor de vehículos pesados

De los cuales se pueden desprender cuatro opciones A, B, C y D. Los cuales son los niveles en Vehículos/hora, luego comparamos cual está más aproximada a nuestro volumen equivalente de cada vía en estudio, empleando la siguiente formula:

$$VE = Vthp / Fph$$

Donde:

Vth = Volumen transito hora pico.

Fph = Factor pico horario.

5. RESULTADOS DE VIAS ESTUDIADAS

Resultado: Avenida América Sur – Prolongación Cesar Vallejo.

Característica de la vía		Características del Tráfico	
Terreno	Plano	VThp	1724
velocidad Proyecto (km/h)	60	Fph	0.94
Ancho de Carril (Pie)	12	Distribución Direccional	60/40
Ancho de Hombro (Pie)	6		
Restricciones de Rebase	20%		

$$VE = 1834 \text{ Vehículos por Hora}$$

Nivel A (Veh/Hora)	= 288
Nivel B (Veh/Hora)	= 571
Nivel C (Veh/Hora)	= 928
Nivel D (Veh/Hora)	= 1503
Nivel E (Veh/Hora)	= 2424

NIVEL DE SERVICIO D

Resultado: Avenida América Sur – Avenida la Marina.

Característica de la vía		Características del Tráfico	
Terreno	Plano	VThp	1612
velocidad Proyecto (km/h)	60	Fph	0.95
Ancho de Carril (Pie)	12	Distribución Direccional	60/40
Ancho de Hombro (Pie)	6		
Restricciones de Rebase	20%		

VE= 1696 Vehículos por Hora

Nivel A (Veh/Hora) =	413
Nivel B (Veh/Hora) =	741
Nivel C (Veh/Hora) =	1180
Nivel D (Veh/Hora) =	1771
Nivel E (Veh/Hora) =	2767

NIVEL DE SERVICIO C

Resultado: Avenida América Sur – Avenida Gonzales Prada.

Característica de la vía		Características del Tráfico	
Terreno	Plano	VThp	1525
velocidad Proyecto (km/h)	60	Fph	0.93
Ancho de Carril (Pie)	12	Distribución Direccional	60/40
Ancho de Hombro (Pie)	6		
Restricciones de Rebase	20%		

VE= 1641 Vehículos por Hora

Nivel A (Veh/Hora) =	304
Nivel B (Veh/Hora) =	603
Nivel C (Veh/Hora) =	980
Nivel D (Veh/Hora) =	1587
Nivel E (Veh/Hora) =	2560

NIVEL DE SERVICIO D

Resultado: Avenida América Sur – Avenida José María Eguren

Característica de la vía		Características del Tráfico	
Terreno	Plano	VThp	1290
velocidad Proyecto (km/h)	60	Fph	0.89
Ancho de Carril (Pie)	12	Distribución Direccional	60/40
Ancho de Hombro (Pie)	6		
Restricciones de Rebase	20%		

VE= 1449 Vehículos por Hora

Nivel A (Veh/Hora) =	98
Nivel B (Veh/Hora) =	390
Nivel C (Veh/Hora) =	780
Nivel D (Veh/Hora) =	1398
Nivel E (Veh/Hora) =	2453

NIVEL DE SERVICIO D

Resultado: Avenida América Sur – Avenida Ricardo Palma

Característica de la vía		Características del Tráfico	
Terreno	Plano	VThp	1423
velocidad Proyecto (km/h)	60	Fph	0.94
Ancho de Carril (Pie)	12	Distribución Direccional	60/40
Ancho de Hombro (Pie)	6		
Restricciones de Rebase	20%		

VE= 1513 Vehículos por Hora

Nivel A (Veh/Hora) =	98
Nivel B (Veh/Hora) =	390
Nivel C (Veh/Hora) =	780
Nivel D (Veh/Hora) =	1398
Nivel E (Veh/Hora) =	2453

NIVEL DE SERVICIO D

6. Distribución de los Tiempos del Semáforo:

Ya sea que la distribución de los tiempos en un semáforo se realice por métodos manuales o por modelación en computadoras, el ingeniero de tránsito necesita conocer los principios básicos que la sustentan.

Metodología de R.Akcelik y F.V. Webster

a) Intervalo de Cambio de fase:

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W+L}{v} \right)$$

Donde:

y = Intervalo de cambio de fase, ámbar mas todo rojo. (s)

t = tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1.00 s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de deceleración (valor usual 3.05) m/s²

W = Ancho de la intersección (m)

L = Longitud del Vehículo (valor sugerido 6.10 m)

Desarrollo:

Datos Reales hallados en las avenidas:

$$\mathbf{L = 6.10\ m}$$

Se realizó un sondeo de la mayoría de vehículos que transitan por estas avenidas encontrando que en un 60 % son autos o ticos (2.5m), un 30% camionetas (3.5m) y un 10% vehículos pesados (8.5m). Por lo cual se consideró un promedio de los 3 pero con sus respectivos valores porcentuales para hallar la longitud promedio de vehículos.

Valor promedio de vehículo 4.83m, pero considerando la recomendación del método nos dice que utilicemos 6.10m, recomendación que en este caso tomaremos porque es mayor a nuestro valor promedio y para evitar aplicar posteriormente el factor de ajuste por vehículos pesados.

$$\mathbf{t = 1\ s}$$

Se toma este valor porque es el más favorable para la metodología ya que el tiempo de reacción oscila entre los 0.5 y 1 segundos.

$$\mathbf{v = 60\ km/h}$$

Se tomó este valor ya que es la velocidad de diseño de la avenida América Sur.

$$v = 60 \frac{\text{km}}{\text{h} \left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \right) \left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}} \right)} = 16.67\ \text{m/s}$$

$$a = 3.05 \text{ m/s}^2$$

Se tomó este valor por ser el valor usual de deceleración vehicular en avenidas.

$$W = 13.8 \text{ m América Sur – Ricardo Palma}$$

$$W = 13.8 \text{ m América Sur – José María Eguren}$$

$$W = 13.8 \text{ m América Sur – Gonzáles Prada}$$

$$W = 26 \text{ m América Sur – La Marina}$$

$$W = 19.6 \text{ m América Sur – Prolongación César Vallejo}$$

Se tomaron estos valores después de realizar la medición correspondiente a la avenida América Sur en las intersecciones correspondientes.

Entonces:

$$y = \left(1 + \frac{13.89}{6.10}\right) + \left(\frac{15 \text{ m} + 6.10 \text{ m}}{13.39}\right)$$

$$y_1 = (3.73) + (1.19) = 4.93 \text{ s}$$

$$y_2 = (3.73) + (1.19) = 4.93 \text{ s}$$

$$y_3 = (3.73) + (1.19) = 4.93 \text{ s}$$

$$y_4 = (3.73) + (1.93) = 5.66 \text{ s}$$

$$y_5 = (3.73) + (1.54) = 5.27 \text{ s}$$

Redondeando al segundo entero:

$y_1 = 4$ s ámbar y 1s TR para la avenida **América Sur – Ricardo Palma**

$y_2 = 4$ s ámbar y 1s TR para la avenida **América Sur – José María Eguren**

$y_3 = 4$ s ámbar y 1s TR para la avenida **América Sur – Gonzáles Prada**

$y_4 = 4$ s ámbar y 2s TR para la avenida **América Sur – La Marina**

$y_5 = 4$ s ámbar y 2s TR para la avenida **América Sur – Prolongación César Vallejo**

De este valor corresponde 4 s al ámbar y 1s y 2s al todo rojo que vendría a ser la etapa inicial de la duración del color rojo, considerada como un añadido de seguridad en caso de que los vehículos hayan pasado el semáforo durante el cambio de ámbar a rojo.

a) Tiempo perdido por fase: (L)

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\beta} I_i \right) + TR$$

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\beta} I_i \right) + TR$$

Donde:

L = Tiempo perdido por fase (s)

I = Tiempo de ámbar. (s) para cada avenida

TR = Tiempo de Todo Rojo. (s) para cada avenida

Desarrollo:

$$L = (I_1 + I_2) + TR$$

$$L = (4 + 4) + 1 + 1$$

$L = 10$ Para la avenida **América Sur – Ricardo Palma**

$$L = (I_3 + I_4) + TR$$

$$L = (4 + 4) + 1 + 1$$

$L = 10$ Para las avenidas **América Sur – José María Eguren**

$$L = (I_1 + I_2) + TR$$

$$L = (4 + 4) + 1 + 1$$

$L = 10$ Para la avenida **América Sur – Gonzáles Prada**

$$L = (I_3 + I_4) + TR$$

$$L = (4 + 4) + 2 + 2$$

$$L = 12 \text{ Para la avenida } \mathbf{América Sur - La Marina}$$

$$L = (I_3 + I_4) + TR$$

$$L = (4 + 4) + 2 + 2$$

$$L = 12 \text{ P ara la avenida } \mathbf{América Sur - Prolongación César Vallejo}$$

a) Flujo Vehicular en las avenidas:

Avenida América Sur – Ricardo Palma

Flujo Total Equivalente en el acceso:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 379 \text{ ADE/h}$$

Avenida América Sur – José María Eguren

Flujo Total Equivalente en el acceso:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 360 \text{ ADE/h}$$

Avenida América Sur – Gonzáles Prada:

Flujo Total Equivalente en el acceso:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 410 \text{ ADE/h}$$

Avenida América Sur – La Marina

Flujo Total Equivalente en el acceso:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 424 \text{ ADE/h}$$

Avenida América Sur – Prolongación César Vallejo

Flujo Total Equivalente en el acceso:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 460 \text{ ADE/h}$$

- a) **Máximas relaciones de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril para cada fase:**

$$Y = \frac{q_i}{s}$$

Donde $q_{i \text{ máx}}$ representa el flujo crítico o máximo por carril de la fase i.

$$Y_1 = \frac{379}{900} = 0.421 \text{ América Sur – Ricardo Palma}$$

$$Y_2 = \frac{360}{900} = 0.400 \text{ América Sur – José María Eguren}$$

$$Y_3 = \frac{410}{900} = 0.456 \text{ América Sur – Gonzáles Prada}$$

$$Y_4 = \frac{424}{900} = 0.472 \text{ América Sur – La Marina}$$

$$Y_5 = \frac{460}{900} = 0.511 \text{ América Sur – Prolongación César Vallejo}$$

b) Calculo de la longitud del ciclo óptimo (C₀)

$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^B Y_i}$$

Donde:

C = Tiempo óptimo de ciclo (s)

L = Tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación
para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i (m/s)

B = Número de fases.

Entonces:

Avenida América Sur – Ricardo Palma

$$C = \frac{1.5(10) + 5}{1 - Y_1 - Y_2}$$

$$C = \frac{1.5(10) + 5}{1 - 0.420 - 0.400}$$

$$C = 115 \text{ s}$$

Longitud del ciclo a utilizar:

$$C = 115 \text{ s}$$

Avenida América Sur – José María Eguren

$$C = \frac{1.5(10) + 5}{1 - Y_3 - Y_4}$$

$$C = \frac{1.5(10) + 5}{1 - 0.400 - 0.375}$$

$$C = = 97 \text{ s}$$

Longitud del ciclo a utilizar:

$$C = \mathbf{95 \text{ s}}$$

Avenida América Sur – Gonzáles Prada

$$C = \frac{1.5(10) + 5}{1 - Y_3 - Y_4}$$

$$C = \frac{1.5(10) + 5}{1 - 0.456 - 0.357}$$

$$C = = 106 \text{ s}$$

Longitud del ciclo a utilizar:

$$C = \mathbf{105 \text{ s}}$$

Avenida América Sur – La Marina

$$C = \frac{1.5(12) + 5}{1 - Y3 - Y4}$$

$$C = \frac{1.5(12) + 5}{1 - 0.472 - 0.320}$$

$$C = = 110 \text{ s}$$

Longitud del ciclo a utilizar:

$$C = \mathbf{110 \text{ s}}$$

Avenida América Sur – Prolongación César Vallejo

$$C = \frac{1.5(12) + 5}{1 - Y3 - Y4}$$

$$C = \frac{1.5(12) + 5}{1 - 0.511 - 0.310}$$

$$C = = 128 \text{ s}$$

Longitud del ciclo a utilizar:

$$C = \mathbf{130 \text{ s}}$$

b) Tiempo verde efectivo total (g_t)

$$g_t = C - L$$

Avenidas América Sur – Ricardo Palma

$$g_t = 115 - 10 = 105 \text{ s}$$

Avenidas América Sur – José María Eguren

$$g_t = 95 - 10 = 85 \text{ s}$$

Avenidas América Sur – Gonzáles Prada

$$g_t = 105 - 10 = 95 \text{ s}$$

Avenidas América Sur – La Marina

$$g_t = 110 - 12 = 98 \text{ s}$$

Avenidas América Sur – Prolongación César Vallejo

$$g_t = 130 - 12 = 118 \text{ s}$$

c) Reparto de los tiempos verdes efectivos (g_i)

$$g_i = \frac{Y_1}{Y_1+Y_2} (g_t) = \frac{0.420}{0.420+0.400} (105) = 54 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_i = \frac{Y_2}{Y_1+Y_2} (g_t) = \frac{0.400}{0.420+0.400} (105) = 51 \text{ s Av. Ricardo Palma}$$

$$g_i = \frac{Y_3}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.400}{0.400+0.375} (85) = 44 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_i = \frac{Y_4}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.375}{0.400+0.375} (85) = 41 \text{ s Av. José María Eguren}$$

$$g_i = \frac{Y_4}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.456}{0.456+0.357} (95) = 53 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_i = \frac{Y_4}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.357}{0.456+0.357} (95) = 42 \text{ s Av. Gonzáles Prada}$$

$$g_i = \frac{Y_4}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.472}{0.472+0.320} (98) = 58 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_i = \frac{Y_4}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.320}{0.472+0.320} (98) = 40 \text{ s Av. La Marina}$$

$$g_i = \frac{Y_4}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.511}{0.511+0.310} (118) = 73 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_i = \frac{Y_4}{Y_3+Y_4} (g_t) = \frac{0.310}{0.511+0.310} (118) = 45 \text{ s Prolongación Vallejo}$$

d) Determinación de los tiempos rojos efectivos (g_r)

$$g_r = C - g_i - A$$

$$g_{r1} = 115 - 54 - 5 = 56 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_{r1} = 115 - 51 - 5 = 59 \text{ s Av. Ricardo Palma}$$

$$g_{r2} = 95 - 44 - 5 = 46 \text{ s Av. América Sur.}$$

$$g_{r2} = 95 - 41 - 5 = 49 \text{ s Av. José María Eguren.}$$

$$g_{r3} = 105 - 53 - 5 = 47 \text{ s Av. América Sur.}$$

$$g_{r3} = 105 - 42 - 5 = 58 \text{ s Av. Gonzáles Prada}$$

$$g_{r4} = 110 - 58 - 6 = 46 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_{r4} = 110 - 40 - 6 = 65 \text{ s Av. La Marina}$$

$$g_{r4} = 130 - 73 - 6 = 51 \text{ s Av. América Sur}$$

$$g_{r4} = 130 - 45 - 6 = 79 \text{ s Prolongación Vallejo}$$

e) Tiempos óptimos calculados mediante la metodología según la carga vehicular que soportan las avenidas (s)

Avenida América Sur:

Luz verde: 54

Luz ámbar: 5

Luz roja: 56

Avenida Ricardo Palma:

Luz verde: 51

Luz ámbar: 5

Luz roja: 59

Avenida América Sur:

Luz verde: 44

Luz ámbar: 5

Luz roja: 46

Avenida José María Eguren:

Luz verde: 41

Luz ámbar: 5

Luz roja: 49

Avenida América Sur:

Luz verde: 53

Luz ámbar: 5

Luz roja: 47

Avenida Gonzáles Prada:

Luz verde: 42

Luz ámbar: 5

Luz roja: 58

Avenida América Sur:

Luz verde: 58

Luz ámbar: 6

Luz roja: 46

Avenida La Marina:

Luz verde: 40

Luz ámbar: 6

Luz roja: 65

Avenida América Sur:

Luz verde: 73

Luz ámbar: 6

Luz roja: 51

Prolongación César Vallejo:

Luz verde: 45

Luz ámbar: 6

Luz roja: 79

f) Medición de tiempos reales de los semáforos de las avenidas (s)

Avenida América Sur:

Luz verde: 50

Luz ámbar: 3

Luz roja: 28

Avenida Ricardo Palma:

Luz verde: 23

Luz ámbar: 3

Luz roja: 55

Avenida América Sur:

Luz verde: 46

Luz ámbar: 3

Luz roja: 36

Avenida José María Eguren:

Luz verde: 30

Luz ámbar: 3

Luz roja: 51

Avenida América Sur:

Luz verde: 46

Luz ámbar: 3

Luz roja: 36

Avenida Gonzáles Prada:

Luz verde: 31

Luz ámbar: 3

Luz roja: 50

Avenida América Sur:

Luz verde: 40

Luz ámbar: 3

Luz roja: 57

Avenida La Marina:

Luz verde: 37

Luz ámbar: 3

Luz roja: 45

Avenida América Sur:

Luz verde: 17

Luz ámbar: 3

Luz roja: 50

Prolongación César Vallejo:

Luz verde: 12

Luz ámbar: 3

Luz roja: 55

III. CONCLUSIONES

1. Las capacidades y niveles de servicio determinados en las intersecciones América Sur – Ricardo Palma, América Sur – José María Eguren, América Sur – Gonzáles Prada y América Sur – Prolongación César Vallejo corresponden a un nivel de servicio D a excepción de la América Sur – La Marina que corresponde a un nivel de servicio C. Vale decir que tienen defectos operativos y de diseño lo cual ha generado que tengan estos niveles que están por debajo de los dos niveles recomendables que son el A y el B.

El Manual de Diseño Centroamericano para vías rurales para 2 a 4 carriles por vía tiene un parámetro para el dato de Factor Hora Pico(FHP) que comprende 0.92 que comprende a una vía con un nivel de servicio de D hasta C; nuestros datos nos demuestran que la única intersección se acerca a este rango es la intersección de la Av. América Sur con la Av. Gonzáles Prada que tiene como resultado de FHP de 0.93 demostrando así su mayor fluidez, no obstante se van alejando del factor de diseño ideal superando los parámetros deseados del diseño.

2. Contrastando los tiempos calculados como óptimos para los tiempos de semaforización con los tiempos reales tomados en cada intersección podemos concluir que en la avenida América Sur hay más tiempo de verde que de rojo lo cual ocasiona un aliviamiento en la congestión vehicular de esta avenida, que es lo correcto ya que esta avenida es principal y todas las demás son adyacentes secundarias, pero esto provoca que las avenidas adyacentes se congestionen de manera indebida y a pesar de tener un buen tiempo de verde, aun así no es suficiente para una avenida que soporta semejante magnitud de tráfico. Esto se ve reflejado notoriamente en el día a día de los conductores que hacemos uso de estas vías y siempre sufrimos de retrasos y atascos debido a múltiples razones, en este caso con

estos datos podemos decir con certeza que esta es una de las razones por las que se ocasiona esta problemática. Asimismo, vemos que el tiempo de ámbar no es suficiente ya que en todos los semáforos se está manejando un tiempo estandarizado de 3 segundos lo cual contradice al cálculo realizado que recomienda 5 o 6 segundos como prevención para accidentes.

- 3.** Algunos tiempos de semáforo calculados considerados como óptimos son cercanos a los medidos en la vida real, pero otros son distantes como por ejemplo en la avenida América Sur tenemos unos tiempos de 44 verde, 5 ambar y 46 rojo, y en la avenida Ricardo Palma tenemos unos tiempos de 51 verde, 5 ambar y 59 rojo; mientras que en la vida real se midieron en la avenida América Sur unos tiempos de 50 verde, 3 ambar y 28 rojo, y en la avenida Ricardo Palma unos tiempos de 23 verde, 3 ambar y 55. Con esto podemos ver que es necesario hacer unos reajustes en los tiempos para mejorar la efectividad de estos semáforos para descongestionar el tráfico, esto se ocasiona porque las autoridades competentes en este caso el TMT y el MTC no realiza estudios periódicos anuales para actualizar sus bases de datos y reprogramar los semáforos de la ciudad de una manera eficiente.
- 4.** También podemos concluir que según la Norma 101.04 del Capítulo I del Manual de Carreteras elaborado por el MTC, se designa que las vía estudiada en este caso la avenida América Sur está diseñada para ser una carretera de segunda clase que comprenden de un ancho mínimo de 3.30m por carril en una calzada; quiere decir que en total debe tener un ancho acumulado de calzadas de 13.20m. Esto deja en evidencia que todas las intersecciones cumplen con la normatividad ya que tienen de 13.8m a más, pero también se pudo observar que esta avenida está diseñada con 3 carriles no con 2 como se estipula el mínimo en la norma; por lo cual se concluye que el diseño no es óptimo ya que de haber considerado el mismo criterio de diseño

de 3.30 por carril, se tendría un ancho acumulado de calzadas de 19.80. La única intersección que sobrepasa este ancho acumulado es la de La Marina con un ancho efectivo acumulado de 26m, el cual se midió a raíz de la suma de su calzada y la del bypass. Con esto podemos concluir que el bypass si ha aliviado de manera efectiva el tráfico en esta intersección pero que las demás vías están por debajo de las condiciones estructurales de diseño deseadas y así generan tráfico excesivo.

5. Asimismo, podemos observar que el único tramo que cumple el ancho mínimo de 2.4m de vereda, es el de la intersección de la avenida América Sur y Prolongación César Vallejo con un ancho de 2.4m tanto en su vereda derecha como izquierda, mientras que las demás intersecciones tienen anchos de vereda de 2.0m y 1.8m lo cual está por debajo de la normatividad.
6. Según los datos estadísticos obtenidos, las principales causas del congestionamiento vehicular en las intersecciones de nuestro objeto de estudio, son: el mal cálculo del diseño de las vías estudiadas, la falta de actualización de datos por parte del TMT y MTC, y la falta de implementación de tecnología moderna para el control de tránsito en las vías; así generando congestión vehicular, accidentes y deterioro innecesario en las vías. Los datos obtenidos nos muestran que la intersección de la Av. América Sur – Prolongación César Vallejo es la que presenta mayor congestionamiento y peor nivel y capacidad de servicio lo cual puede deberse a que es una zona universitaria y paradero de autobuses y eso incrementa aún más el uso de esta vía, además no cumple con el estándar mínimo de diseño pero si se acerca y tampoco tiene su semaforización debidamente programada.
7. Se concluye que en el tramo estudiado de la avenida América Sur no hay una adecuada señalización tanto vertical como horizontal, la cual debió considerarse en el proyecto en el caso de la vertical y la horizontal se encuentra ausente debido al

desgaste de los vehículos en la calzada que ha ocasionado su desaparición como podemos observar en las imágenes anexadas.

8. Según lo investigado, en una reciente declaración del Ministro del MTC, probablemente Trujillo tenga un sistema de Transporte masivo tipo metro. De ocurrir ello, la Av. América es la más adecuada para ese sistema y de ser ello posible, probablemente, las condiciones del tránsito vehicular en dicha Av. y sus intersecciones cambien. Al igual que el Metro de Lima, otras seis ciudades Arequipa, Huancayo, Cusco, Trujillo, Piura y Chiclayo necesitan soluciones de transporte masivo, indicó el ministro José Gallardo Ku.

IV. RECOMENDACIONES

1. Con el estudio realizado creemos que la autoridad competente en este caso el TMT y MTC podría verificar la veracidad de estos datos y utilizarlos para gestionar nuevos proyectos de mejoramiento vial o implementar el Plan de Desarrollo Vial que aún se encuentra en ejecución, con lo cual se lograría un notable mejoramiento en la congestión vehicular de este tramo de la Av. América Sur, disminuirían los accidentes y la vía no sufriría un deterioro fuera de lo normal.
2. En el caso de que se dificulte demasiado la gestión de un nuevo proyecto, bastaría tan sólo con una reprogramación correcta de los intervalos de tiempo de los semáforos de las intersecciones estudiadas para lograr un significativo mejoramiento en el tránsito vehicular y peatonal de esta vía.
3. Se recomienda mejorar las condiciones estructurales con un diseño adecuado de acuerdo a la norma y a los datos obtenidos.

4. Se recomienda implementar señalización vertical en todo este tramo que soporta gran cantidad de tráfico diario; así como, renovar la señalización horizontal que se ha deteriorado o borrado por el uso diario.
5. Es recomendable realizar proyectos de transporte masivo como plan de contingencia futura ante posibles cambios inevitables como en este caso el alto crecimiento vehicular en todas las ciudades de nuestro país. Si se logra realizar un plan de contingencia contra esta problemática, nuestro país tendría un gran cambio favoreciéndonos a nosotros como ciudadanos que somos los más afectados e incluso se lograría un ahorro económico y social para el país. En este caso se tiene conocimiento de que actualmente el MTC está desarrollando un proyecto de inversión pública para el transporte masivo en Trujillo Metropolitano llamado “Construcción de Corredor Vial de Transporte Público Norte – Sur de Trujillo, Provincia de Trujillo, La Libertad.”

V. ANEXOS

ANEXO 1: EQUIPO DE CONTEO VEHICULAR MANUAL.



ANEXO 2: CONTEO VEHICULAR MANUAL EN INTERSECCION AV. AMERICA SUR – AVENIDA RICARDO PALMA



ANEXO 3: TRAFICO VEHICULAR EN RICARDO PALMA



ANEXO 4: CONTEO VEHICULAR MANUAL EN AV. AMERICA SUR – AVENIDA JOSE MARIA EGUREN.



ANEXO 5: CONTEO VEHICULAR EN JOSE MARIA EGUREN.



ANEXO 6: CONTEO VEHICULAR MANUAL AV. AMERICA SUR – AVENIDA GONZALES PRADA



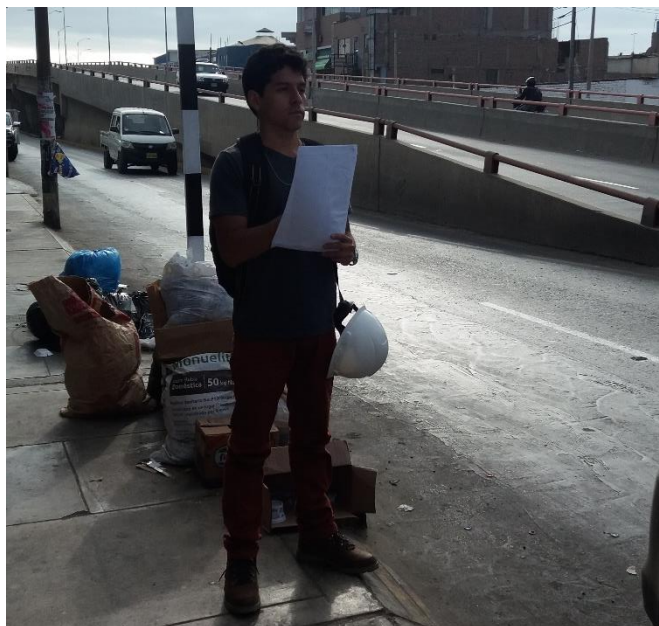
ANEXO 7: CONTEO VEHICULAR MANUAL EN GONZALES PRADA



ANEXO 8: CONTEO VEHICULAR AV. AMERICA SUR – AV. LA MARINA



ANEXO 9: CONTEO VEHICULAR MANUAL EN AV. LA MARINA



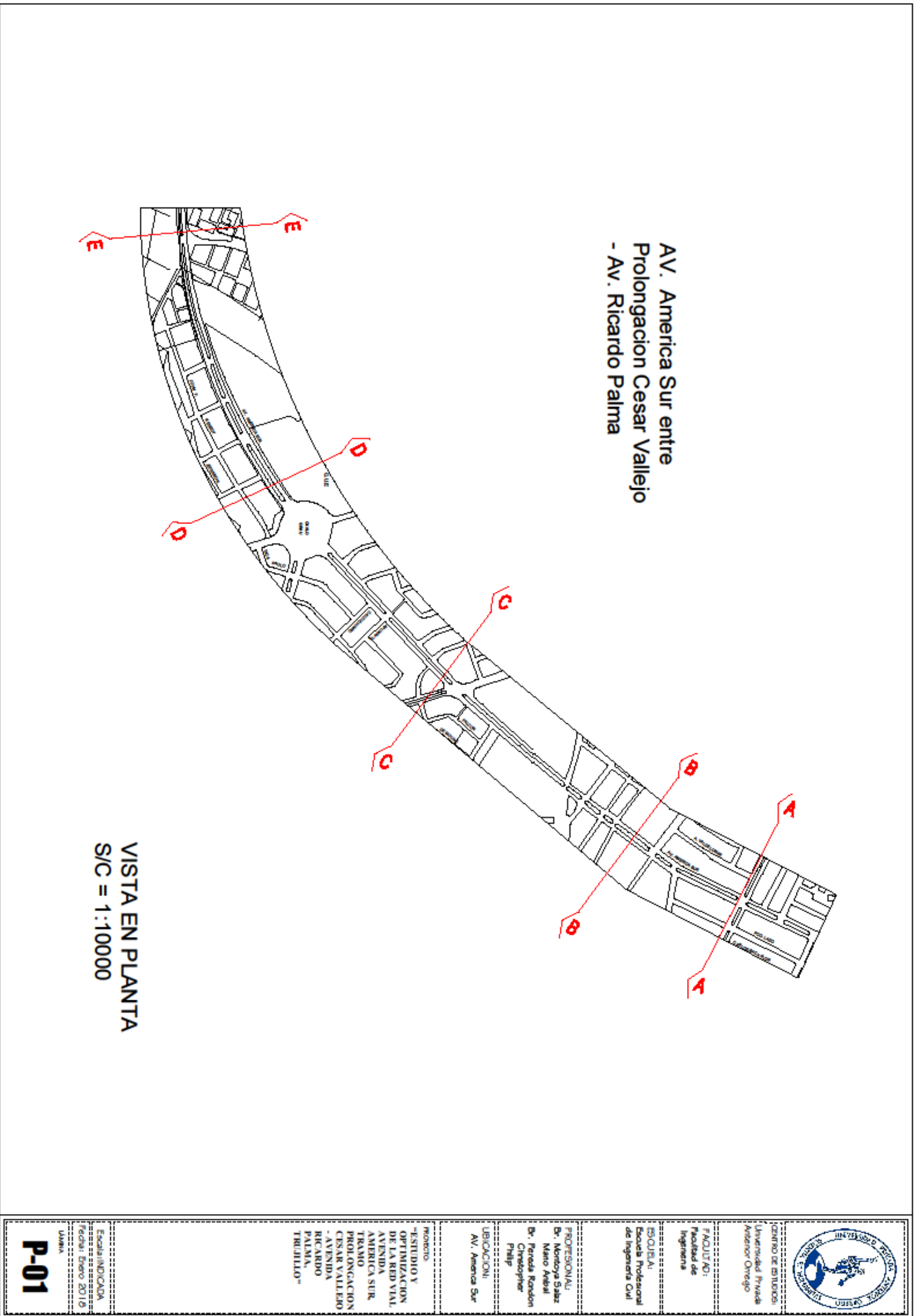
**ANEXO 10: CONTEO VEHICULAR MANUAL EN AV. AMERICA – PROLONGACION
CESAR VALLEJO**



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola (2004). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones* (8° Ed.) México DF, Editorial ALFAOMEGA.
- Paul H. Wright y Karen Dixon (2011). *Ingeniería de Carreteras* (2° Ed). Editorial LIMUSA.
- Dextre, J., & Tabasso, C. (2007). *El Lenguaje Vial* (1ª Ed.). Lima, Editorial PUCP.
- HAY, W. (1998) *Ingeniería de Transporte* (2° Ed). México, Editorial LIMUSA S.A.
- HIGHWAY CAPACITY MANUAL (2000). *Transportation research board*. U.S.A: Washington DC.
- Quintero, J. (2012). *Caracterización del ruido producido por el tráfico vehicular en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia*. Colombia Editorial Universidad Católica Del Norte (pp.311 - 343).
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2017). *Reglamento de Transportes y Comunicaciones*. Lima
- Vargas, W., Rincón, M. & González, C., (2013). *Ingeniería de Transito - Conceptos Básicos*. Colombia Editorial Distrital Francisco José De Caldas.
- Andrés David Mora Cano y Camilo Alberto Argüelles Sáenz (2015), *Diseño y construcción de pavimento rígido para la urbanización caballero y Góngora, municipio de Honda - Tolima*. Colombia.
- Gabriela García Saldivar (2014), *Diseño de pavimentos para aeropista –México*. México.
- José González Bautista (2016), *Evaluación de pavimentos en la conservación de carreteras en México*. México.
- Renán Serrano Quispe (2015). *Análisis y mitigación de los accidentes causados por vehículos motorizados menores en zonas urbanas – Lima – Perú*. Lima

- Carlos Jonathan Angulo Cárdenas (2016). *El impacto urbano del mall aventura plaza en la urbanización la esmeralda, Trujillo – Perú*. Lima.
- Norma Técnica Peruana (2017)



AV. America Sur entre
Prolongacion Cesar Vallejo
- Av. Ricardo Palma

VISTA EN PLANTA
S/C = 1:10000



GRUPO DE ESTUDIOS:
Universidad Privada
Antenor Orrego

FAULTADO:
Facultad de
Ingeniería

ESPECIALIDAD:
Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

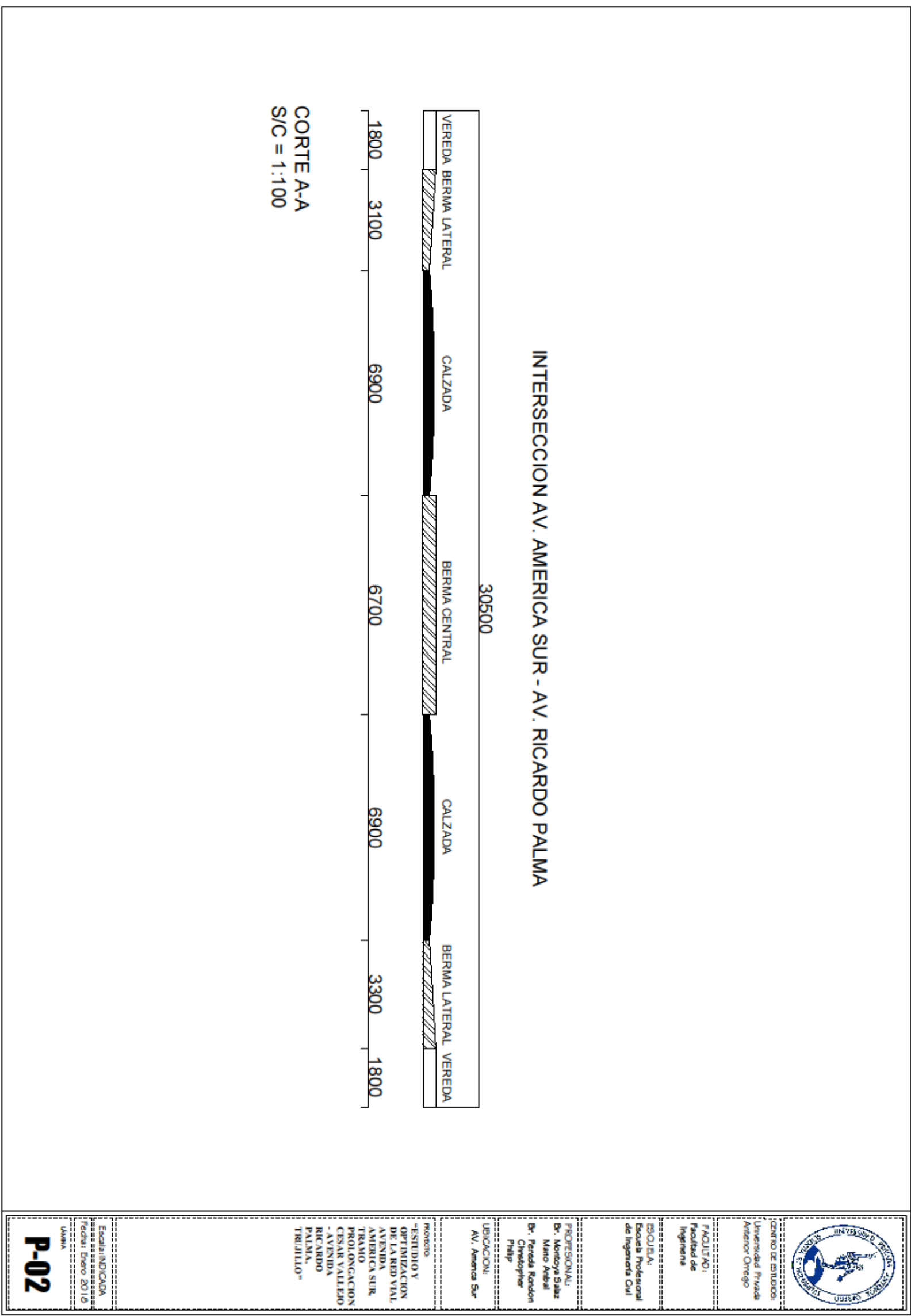
PROFESORAL:
Dr. Montoya Salas
Mario Andel
Dr. Renada Rondon
Christopher
Philip

UBICACION:
Av. America Sur

Proyecto:
-ESTUDIO Y
OPTIMIZACION
DE LA RED VIAL.
AVENIDA
AMERICA SUR.
TRAMO
PROLONGACION
CESAR VALLEJO
- AVENIDA
RICARDO
PALMA,
TRUJILLO"

Escala: INDICADA
Fecha: Enero 2015
Urbanista

P-01



CENTRO DE ESTUDIOS:
Universidad Favalora
Antioquia, Oregón

FACULTAD:
Facultad de
Ingeniería

ESCUELA:
Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

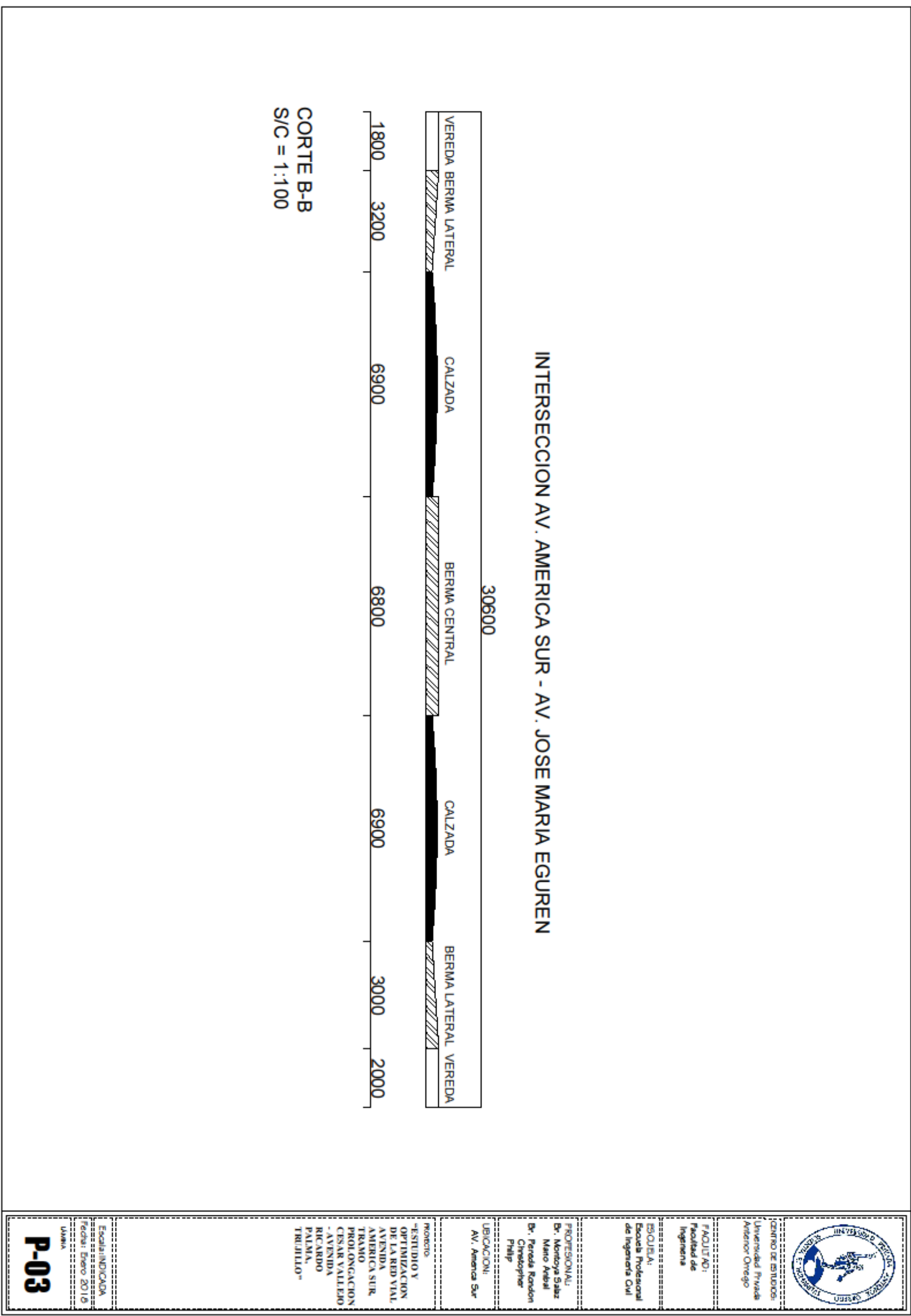
PROFESIONAL:
Dr. Montoya Saiz
Mario Arsal
Dr. Pereda Rondon
Christopher
Philip

UBICACION:
AV. America Sur

proyecto:
"ESTUDIO Y
OPTIMIZACION
DE LA RED VIAL
AVENIDA
AMERICA SUR
TRAYO
PROLONGACION
CESAR VALLEJO
- AVENIDA
RICARDO
PALMA,
TRUJILLO"

Escala: INDICADA
Fecha: Enero 2019
UAMA

P-02



CENTRO DE ESTUDIOS:
Universidad Privada
Antenor Orosco

FACULTAD:
Facultad de
Ingeniería

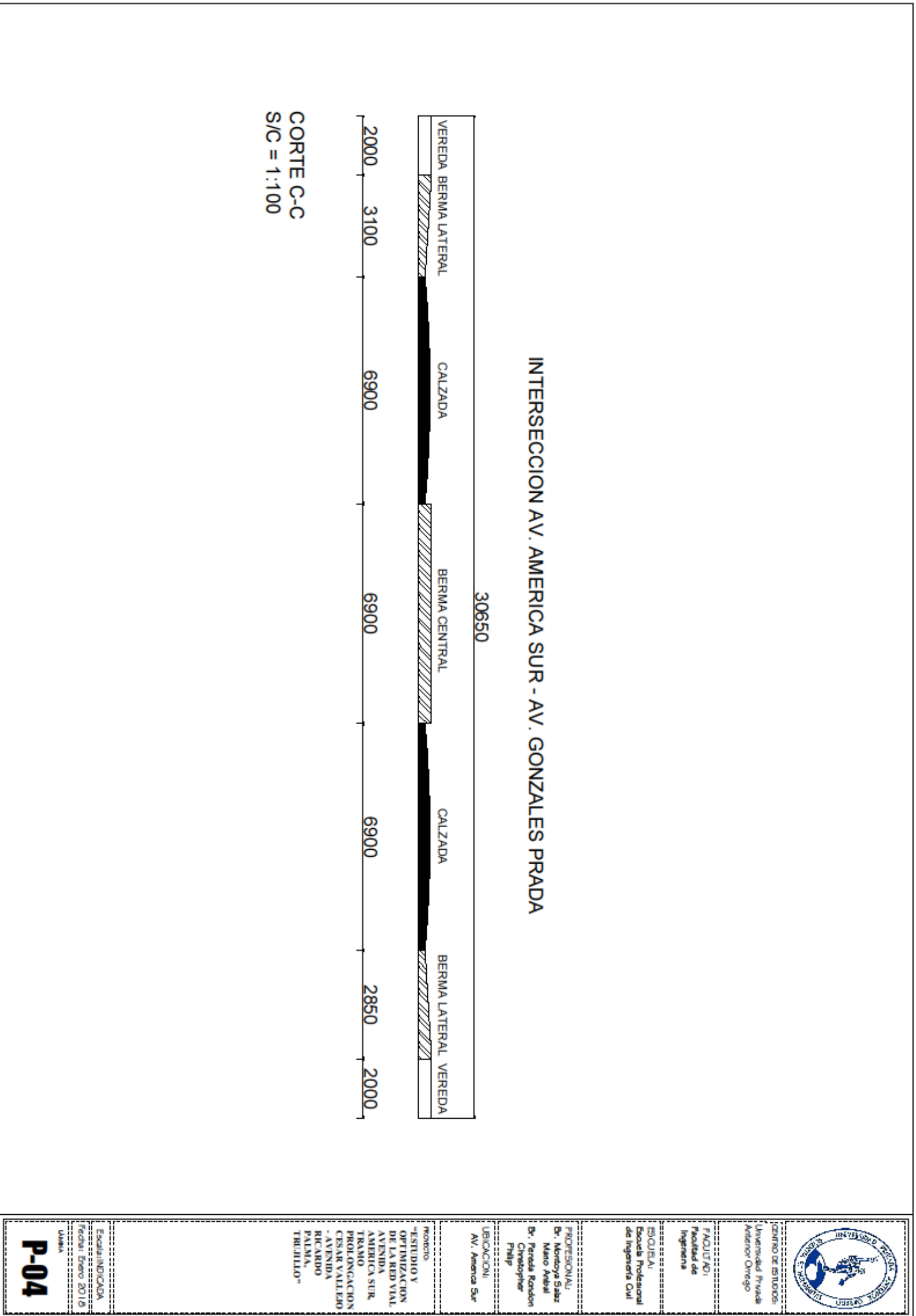
ESCUELA:
Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

PROFESIONAL:
Dr. Montoya Soto
Mario Arellano
Dr. Pereda Rondon
Christopher
Phillip

UBICACION:
AV. America Sur

PROYECTO:
"ESTUDIO Y
OPTIMIZACION
DE LA RED VIAL
AVENIDA
AMERICA SUR
TRAYO
PROLONGACION
CESAR VALLEJO
- AVENIDA
RICARDO
PALMA,
TRUJILLO"

Escala INDICADA:
Fecha: Enero 2019
U/M/M/A
P-03



CENTRO DE ESTUDIOS:
Universidad Favalora
Antioqueña

FACULTAD:
Facultad de
Ingeniería

ESCUELA:
Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

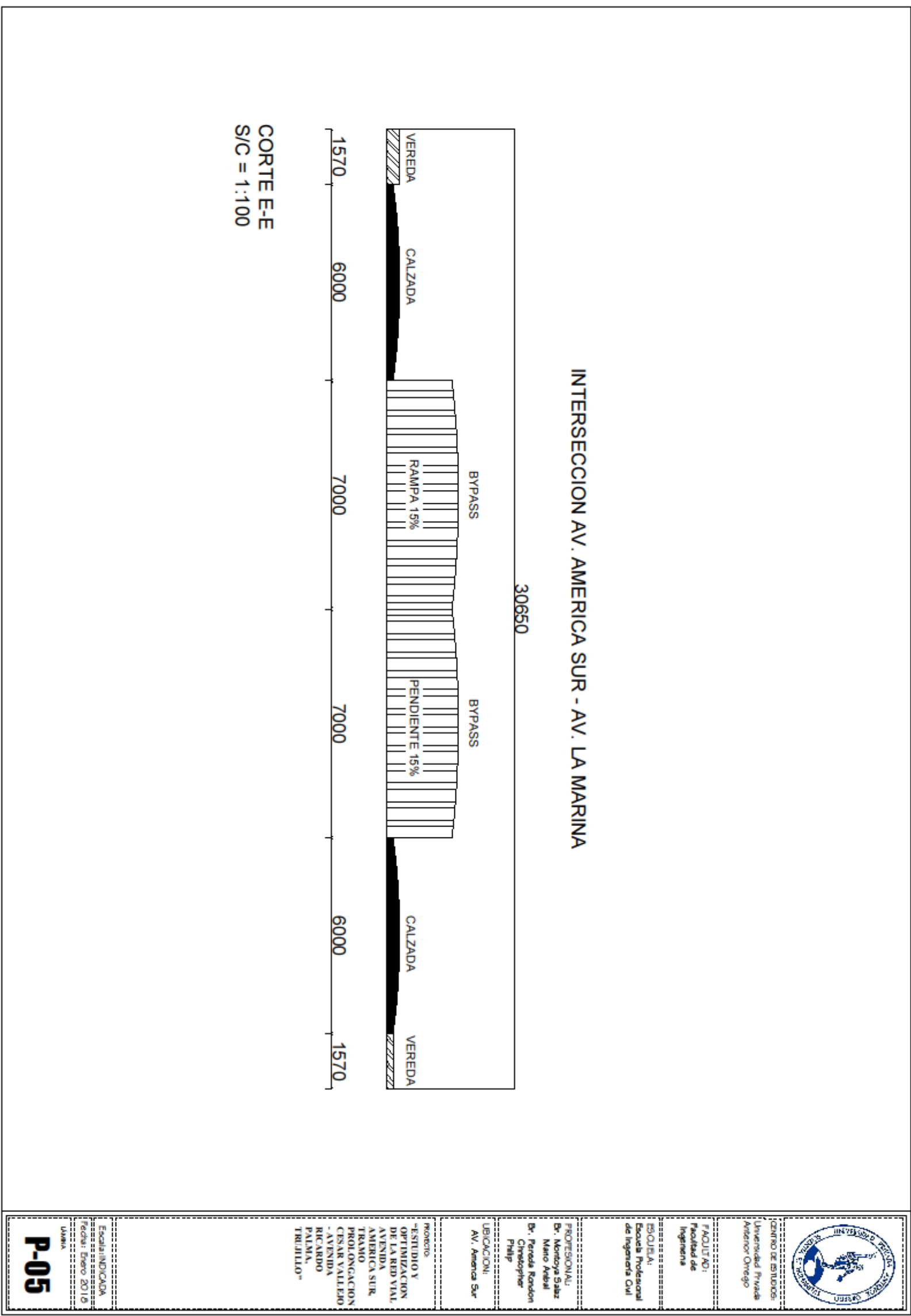
PROFESIONAL:
Dr. Montoya Soto
Mario Arsal
Dr. Pereda Rondon
Christopher
Philip

UBICACION:
AV. America Sur

PROYECTO:
"ESTUDIO Y
OPTIMIZACION
DE LA RED VIAL
AVENIDA
AMERICA SUR
TRAYO
PROLONGACION
CESAR VALLEJO
- AVENIDA
RICARDO
PALMA,
TRUJILLO"

Escala INDICADA
Fecha: Enero 2010
LAMA

P-04



CENTRO DE ESTUDIOS:
Universidad Favalora
Antenor Oregón

FACTORIA:
Facultad de
Ingeniería

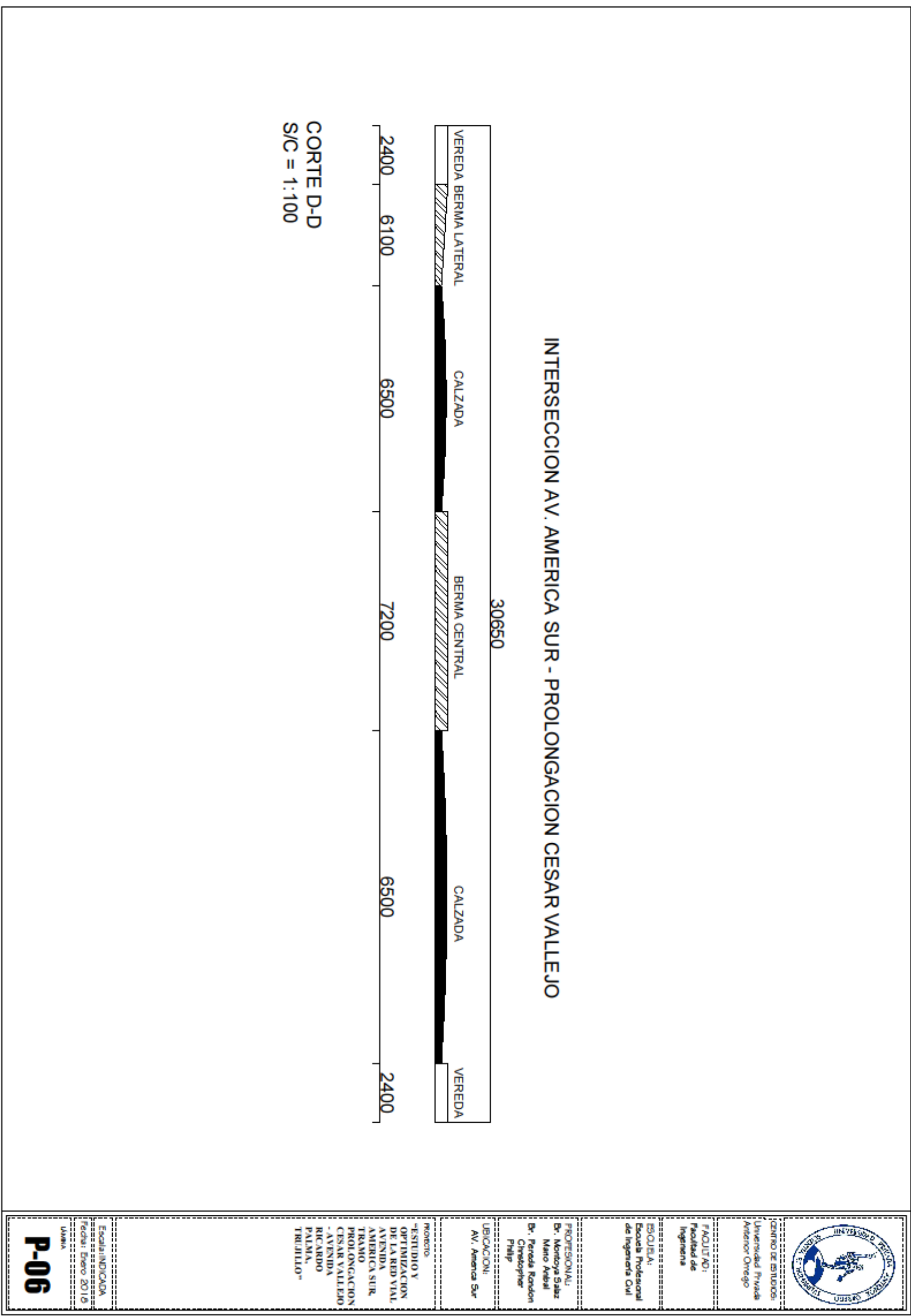
ESCUELA:
Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

PROFESIONAL:
Dr. Montoya Salas
Mario Arévalo
Dr. Pereda Rondon
Christopher
Phillip

UBICACION:
AV. America Sur

proyecto:
"ESTUDIO Y
OPTIMIZACION
DE LA RED VIAL
AVENIDA
AMERICA SUR
TRAYO
PROLONGACION
CESAR VALLEJO
- AVENIDA
RICARDO
PALMA,
TRUJILLO"

Escala:INDICADA
Fecha: Enero 2019
UAMA
P-05



CENTRO DE ESTUDIOS:
Universidad Privada
Antenor Orrego

FAJILIZ AD:
Facultad de
Ingeniería

ESQUELA:
Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

PROFESIONAL:
Dr. Mercedes Salas
Mariano Arellano
Dr. Ferrelis Rondon
Christopher
Philip

UBICACION:
Av. America Sur

Proyecto:
"ESTUDIO Y
OPTIMIZACION
DE LA RED VIAL
AVENIDA
AMERICA SUR,
TRAMO
PROLONGACION
CESAR VALLEJO
- AVENIDA
RICARDO
PALMA,
TRUJILLO"

ESCALA INDICADA:
Fecha: Enero 2015

P-06

UNIVERSIDAD



GERENCIA DE PROYECTOS

Transportes Metropolitanos de Trujillo
GERENCIA GENERAL

RECIBIDO

05 OCT 2017

EXP: _____

HORA: 12:07 FOLIOS: 61

INFORME N° 0093-2017-TMT/GP

A : ING. CARLOS MANUEL CIPRIANO GONZALES
: GERENTE GENERAL

De : ING. GERMAN LUIS HUERTA CHOMBO
: GERENTE DE PROYECTOS (E) - TMT

ASUNTO : AUTORIZA REALIZAR ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

FECHA : Trujillo, 02 de octubre del 2017

Mediante el presente se comunica que esta gerencia no dispone de información de Estudios de Tráfico Actualizado al año 2016 de intersecciones semafóricas en la Av. América Sur en el tramo Av. Vallejo I Av. Ricardo Palma, a lo que se refiere los solicitantes.

Por lo tanto, la Gerencia General deberá comunicar a los administrados que no se dispone de la referida información, y es pertinente realizar el "Estudio de optimización de la red vial Av. América Sur, tramo César Vallejo -Av. Ricardo Palma, Trujillo", en especial en intersecciones semafóricas y sea comparado con los reportes del año 2011, 2013 y 2014.

Es todo cuanto informo.


Atentamente;

TRANSPORTES METROPOLITANOS DE TRUJILLO



Ing. Germán Luis Huerta Chombo
Gerente de Proyectos (e)

Folios (0)
cc: File



MONTAYA SALAS MARIO
DNI: 70585729



PEREDA RONDON CRISTO DAER
48012389